

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MELHORIA DE PRODUTIVIDADE EM UMA LINHA BRANCA
DO PIM COM APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING:
ESTUDO DE CASO**

GILMARA DOS SANTOS FORTE

MANAUS
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GILMARA DOS SANTOS FORTE

MELHORIA DE PRODUTIVIDADE EM UMA LINHA BRANCA
DO PIM COM APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING:
ESTUDO DE CASO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Qualidade e Produtividade.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Dantas Frota

MANAUS
2017

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

F737m	<p>Forte, Gilmara dos Santos Melhoria de produtividade em uma linha branca do PIM com aplicação do lean manufacturing: estudo de caso / Gilmara dos Santos Forte. 2017 127 f.: il. color; 31 cm.</p> <p>Orientador: Professor Dr. Claudio Dantas Frota Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas.</p> <p>1. Lean Manufacturing. 2. Seis Sigma. 3. Pim. 4. Produtividade. 5. Estudo de Caso. I. Frota, Professor Dr. Claudio Dantas II. Universidade Federal do Amazonas III. Título</p>
-------	---

GILMARA DOS SANTOS FORTE

MELHORIA DE PRODUTIVIDADE EM UMA LINHA BRANCA
DO PIM COM APLICAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING:
ESTUDO DE CASO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Qualidade e Produtividade.

Aprovada em 07 de abril de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cláudio Dantas Frota (Orientador)
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Waltair Vieira Machado
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Joaquim Maciel da Costa Craveiro
Universidade Federal do Amazonas

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais, João Bezerra Forte e Maria dos Santos Forte, pelo carinho e apoio em todos os momentos, aos meus irmãos, João Weider Forte e Aby Akel Forte, pelo apoio incondicional, aos meus filhos Pedro Forte e Davi Forte que foram compreensivos nos momentos de ausência, ao meu marido Amilton Almeida por seu apoio em momentos decisivos para as aulas e conclusão do mestrado.

AGRADECIMENTOS

Á Deus, que soberano em todas as decisões, nos ajuda com a inteligência, saúde e determinação na busca de sempre melhorarmos como cidadãos, profissionais e seres humanos.

A Universidade Federal do Amazonas por nos proporcionar um curso de qualidade, com professores renomados, mesmo na adversidade tenta com os recursos oriundos, deixar os conhecimentos acessíveis para pesquisas.

Ao meu professor orientador Dr. Cláudio Frota que nos contatos sempre colocou a disposição os seus conhecimentos profissionais e acadêmicos, com o olhar inteligente voltado a busca do orientado para o melhor desenvolvimento.

Ao meu amigo Marcelo Cavalcante por sua amizade sempre prestativa por compartilhar tantos conhecimentos.

Aos professores de mestrado, que demonstraram total conhecimento e domínio dos assuntos por eles ministrados. Em especial ao professor Dr. Waltair Vieira Machado que nos incentivou desde o início do mestrado em todas as nossas conversas, estando com adversidades, para que a persistência fosse à fonte de energia para um estudo profundo do tema pesquisado.

Aos meus colegas de mestrado que proporcionaram uma turma unida, descontraída e com muitos contatos virtuais de incentivos para o término e formatura de cada um em mestre de engenharia de produção.

Aos amigos de trabalho que nos incentivaram e motivaram com palavras calorosas para o término desta etapa e projeto de vida.

Aos colaboradores da universidade por deixá-la sempre pronta e estar de prontidão para ajudar os alunos e professores.

EPÍGRAFE

Jesus não é somente um amigo. É um mestre de verdade e de vida, que revela o caminho para alcançar a felicidade.

Papa Francisco

RESUMO

Esta pesquisa científica se estruturou em estudo de caso, aplicado em uma linha de produtos de eletrodomésticos de condicionadores de ar tipo janela, de uma empresa do polo industrial de Manaus (PIM), na busca por redução dos seus custos operacionais, baseados em seus indicadores internos do ano de 2016: orçamento base zero (OBZ), que identificou uma fonte potencial para redução de custos operacionais em sua linha de montagem, a parte de soldagem de peças, apontado como sendo os maiores salários dos soldadores por serem profissionais mais qualificados. O objetivo geral desta dissertação foi o entendimento de como a interação entre o *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma* poderiam contribuir para a empresa reduzir seus custos operacionais e aumentar sua produtividade. Sua metodologia foi um estudo de caso experimental, de natureza aplicada, abordagem quantitativa e qualitativa, com fins descritivos e procedimentos experimentais, de características gerais para verificar a relação entre as variáveis, em que o tipo de instrumento foi um planejamento com ferramentas *Seis Sigma*. Os resultados alcançados, por esta pesquisa, foi ratificar como a interação do *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma* podem contribuir para tornar uma linha de montagem mais produtiva com resultados estáveis em termos de custos e qualidade. Deixando esta pesquisa como base para aplicação destes métodos para empresas de menores porte à trabalhos futuros de outros pesquisadores.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, *6 Sigma*, GBO, *Layouts*, *Google Sketchup 8*, *Jumper 11*.

ABSTRACT

This scientific research is based in the case study, applied in assembly line of air conditioners type window, a company in Manaus industrial pole (PIM), with targets of reducing operational costs, based on their internal indicators of year 2016: zero base budget (OBZ), where identified a potential source to reduce operational costs in your assembly line the welding of parts, the welders were the bigger salaries because they are more qualified. The general objective of this dissertation was the understanding of how the interaction between *Lean Manufacturing* and *Six Sigma* could contribute to the company reduce your assembly costs and increase your productivity. Their methodology was an experimental case study, applied nature, quantitative and qualitative approach, with descriptive purposes and experimental procedures, general features to verify the relationship between the variables, in which the experiment was a planning type with *Six Sigma* tools. The results achieved, for this research, was ratified how the interaction of *Lean Manufacturing* and *Six Sigma* can help to become an assembly line more productive with stable results in terms of cost and quality. Intending this research to be the basis for applying these methods in small companies as the future research work of other researchers.

Keywords: *Lean Manufacturing, 6 Sigma, GBO, Layouts, Google Sketchup 8.0, Jumper 11.*

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- OS 8 DESPERDÍCIOS PELA FILOSOFIA LEAN	25
FIGURA 2 – PRINCIPAIS FERRAMENTAS LEAN	29
FIGURA 3 – AS SEIS ETAPAS DE UM KAIZEN NA PRÁTICA.....	31
FIGURA 4 – ILUSTRAÇÃO DE UMA FIT	36
FIGURA 5 – ILUSTRAÇÃO DE UMA FIT PARA <i>POKA YOKE</i>	39
FIGURA 6 – ILUSTRAÇÃO DE UM PROCESSO CONSIDERADO PARA LINHA DE MONTAGEM.....	41
FIGURA 7 – POSTO DE SUBMONTAGEM DE COMPONENTE	43
FIGURA 8 – DIFERENTES MOVIMENTAÇÕES DENTRO DE UMA CÉLULA EM “U”.....	44
FIGURA 9 – FLUXO EM LINHA.....	45
FIGURA 10 – FLUXO CONTÍNUO	45
FIGURA 11 – LINHA <i>LEAN</i>	51
FIGURA 12 – LINHA MOTORIZADA EM FORMATO “O”	52
FIGURA 13 - ESTRUTURA ANÁLITICA DO <i>DASHBOARD</i>	56
FIGURA 14 - DEMONSTRAÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA PARA COLETA DE PEÇAS.....	60
FIGURA 15 - ETAPAS DA DISSERTAÇÃO	66
FIGURA 16 - ETAPAS DETALHADAS DA DISSERTAÇÃO.....	67
FIGURA 17 - PLANILHA EM EXCELL COM “DADOS DE PRODUÇÃO” PREENCHIDA	69
FIGURA 18 - PLANILHA EM EXCELL COM “CÁLCULOS DE PRODUTIVIDADE” PREENCHIDA.....	70
FIGURA 19 - <i>FPY</i>	74
FIGURA 20 - <i>LAYOUT</i> DA LINHA DE MONTAGEM	78
FIGURA 21 - ÁRVORE DE AMOSTRAGEM.....	81
FIGURA 22 - PLANILHA PARA A COLETA DE DADOS	83
FIGURA 23 - PROJEÇÃO FEITA NO SKETCHUP.....	85
FIGURA 24 – LAY OUT ANTES E DEPOIS.....	88
FIGURA 25 - VISTA MAIS DETALHADA DO CARROSSEL.....	89
FIGURA 26 – EXEMPLO DE TROCADORES E SUAS PEÇAS PARA SOLDADAR	90
FIGURA 27 – DEMONSTRAÇÃO DOS TEMPOS DE MONTAGEM COM USO DO <i>KINOVEA</i>	91
FIGURA 28 - GBO DAS ATIVIDADES: ANTES & ATUAL.....	92
FIGURA 29 - PLANILHA COLETA DE DADOS PARA SER USADO NO <i>JUMPER</i> (ANTES).....	96
FIGURA 30 - <i>VARIABILITY CHART</i> - ANTES	97
FIGURA 31 - PLANILHA DE COLETA DE DADOS PARA SER USADO NO <i>JUMPER</i> (DEPOIS)	98
FIGURA 32 - <i>VARIABILITY CHART</i> - DEPOIS	99

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ELEMENTOS DE TRABALHO DO GBO EM PLANILHA USANDO EXCELL	49
TABELA 2 - DIVISÃO DOS PACOTES POR CATEGORIA DE CUSTOS	54
TABELA 3 – COMPARAÇÃO DOS ANTES VERSUS DEPOIS	100

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – DEMONSTRAÇÃO DO GBO	50
GRÁFICO 2 – DASHBOARD (FCA)	57
GRÁFICO 3 - DASHBOARD (FPY).....	57
GRÁFICO 4 - DASHBOARD (PRODUTIVIDADE)	58
GRÁFICO 5 - PRODUTIVIDADE	71
GRÁFICO 6 – FCA POR CATEGORIA DE PRODUTOS	73
GRÁFICO 7 – FPY.....	76
GRÁFICO 8 - FPY POR DEFEITOS EM PEÇAS DO PRODUTO.....	77
GRÁFICO 9 - GBO COM OS POSTOS DA LINHA DE MONTAGEM.....	79
GRÁFICO 10 - EXTRATIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES NO POSTO DE SOLDA.....	80
GRÁFICO 11 – EXTRATIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES NO POSTO DE SOLDA DO CARROSSEL.....	94

LISTA DE SIGLAS E EXPRESSÕES

PIM.....	17
OBZ	18
STP	22
D.O.E	33
FIT	35
<i>SKU</i>	37
FIS	38
EPI	38
P.P.B.....	41
<i>KITS</i>	41
<i>YAMAZUMI</i>	48
PALLETS.....	50
<i>DASHBOARD</i>	55
PCP	68
<i>YTD</i>	75
TF5S	76
TF10S	76
S01.....	79
S02.....	79
COV	80
BLACK BELT.....	102

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	18
1.2	PROBLEMATIZAÇÃO	18
1.3	OBJETIVOS	19
1.3.1	GERAL	19
1.3.2	ESPECÍFICOS	19
1.3.3	HIPÓTESES	20
1.4	JUSTIFICATIVA	20
1.5	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	21
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	REVISÃO DA LITERATURA	22
2.1	SISTEMA DE PRODUÇÃO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	22
2.2	DESPERDÍCIOS NO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	24
2.3	FERRAMENTAS <i>LEAN MANUFACTURING</i>	30
2.3.1	<i>KAIZEN</i>	30
2.3.2	PADRONIZAÇÃO	35
2.3.3	<i>POKA YOKE</i>	38
2.3.4	<i>LAYOUT</i>	40
2.3.5	TIPOS DE <i>LAYOUTS</i>	42
2.3.5	<i>TAKT TIME</i>	47
2.3.6	<i>GBO</i>	48
2.4	LINHA DE <i>PALLETS</i> RETORNAVÉIS	50
2.5	CÁLCULO DE <i>PALLETS</i> RETORNAVÉIS	53
2.6	INDICADORES DE DESEMPENHO	53
2.6.1.1	PADRÕES DE DESEMPENHO	54
2.7	MELHORIA CONTÍNUA	59
3	METODOLOGIA	62
3.1	FUNDAMENTAÇÃO	62
3.2	QUANTO A ABORDAGEM DO PROBLEMA	62
3.3	QUANTO A NATUREZA	63
3.4	QUANTO AOS OBJETIVOS	63
3.5	QUANTO AOS PROCEDIMENTOS	64

3.6	OBJETO DA DISSERTAÇÃO	65
3.7	EMPRESA	65
3.8	PROCEDIMENTOS	66
3.9	COLETA DE DADOS	68
3.9.1	CÁLCULO E GRÁFICO DA PRODUTIVIDADE	68
3.9.2	CÁLCULOS E GRÁFICOS FCA.....	72
3.9.3	CÁLCULOS E GRÁFICOS <i>FPY</i>	73
3.9.4	DELIMITAÇÃO EM LINHA DE MONTAGEM.....	77
3.9.5	GRÁFICO GBO.....	79
3.9.6	PLANEJAMENTO PARA APLICAR <i>SEIS SIGMA</i>	80
3.10	SOFTWARES	83
3.10.1	<i>KINOVEA</i>	84
3.10.2	<i>JUMPER</i>	84
3.10.3	<i>GOOGLE SKETCHUP 8</i>	84
4	ESTUDO DE CASO	86
4.1	RESULTADOS.....	87
4.1.1	<i>LAYOUT</i> (ANTES/DEPOIS).....	87
4.1.2	APLICAÇÃO PRÁTICA DO GBO.....	89
4.1.3	CÁLCULOS PARA DETERMINAR QUANTIDADE DE <i>PALLETS</i>	95
4.1.4	AVALIAÇÃO DOS DADOS DAS FERRAMENTAS <i>SEIS SIGMA</i>	96
5	CONCLUSÃO	101
6	REFERÊNCIAS	104
	ANEXO A- PROGRAMA QUE GERA: ÁRVORE DE AMOSTRAGEM E TABELA BANCO DE DADOS PARA ÁRVORE DE AMOSTRAGEM.....	111
	ANEXO B- ÁRVORE DE AMOSTRAGEM	112
	ANEXO C- BANCO DE DADOS PARA ÁRVORE DE AMOSTRAGEM – ANTES DA MODIFICAÇÃO.....	113
	ANEXO D- BANCO DE DADOS PARA ÁRVORE DE AMOSTRAGEM – DEPOIS DA MODIFICAÇÃO	114
	ANEXO E- FOLHA DE CROANÁLISE	115
	ANEXO F- GBO	116

ANEXO G- LAY OUT	117
ANEXO H- FICHA POKA YOKE - FRENTE	118
ANEXO I- FICHA POKA YOKE - VERSO	119
ANEXO J- DADOS UNIFICADOS – PLANILHA BASE PARA CÁLCULOS DE PRODUTIVIDADE.....	120
ANEXO K- FIT – FOLHA DE INSTRUÇÃO DE TRABALHO	121
ANEXO L- CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	122
ANEXO M- CRONOGRAMA DE ATIVIDADES (CONTINUAÇÃO.....)	123
ANEXO N- JIDOKA (APLICAÇÃO PRÁTICA).....	124
ANEXO O- MÉTODO SEIS SIGMA PARA COLETA DE DADOS	125
ANEXO P- ALGUMAS FERRAMENTAS SEIS SIGMA PARA ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS.....	126
ANEXO Q- BUSINESS CASE	127
ANEXO R- DETALHES DO INVESTIMENTO	128

1 INTRODUÇÃO

O Brasil de hoje enfrenta uma das crises mais graves de sua história, não somente em questões financeiras como também por uma crise de credibilidade dentro de um governo que se perde em ações e palavras. No relatório de competitividade global da Fundação Dom Cabral (2016), o Brasil caiu seis posições de 2015 para 2016 e registrou sua marca mais baixa no ranking de competitividade do Fórum Econômico Mundial, o país ficou em 81^o lugar, dentre os 138 países pesquisados.

Diante de um cenário deste de vários desafios, as empresas para se tornarem competitivas se voltam para determinar suas estratégias que podem ser respaldadas em seus indicadores internos pra a busca de redução de seus custos operacionais, a fim de manter suas rentabilidades e margem de lucro. Para Porter (1985) a estruturação da Vantagem Competitiva junto com a eficácia operacional advém de uma análise interna detalhada dos processos.

Este contexto também se aplica as empresas de manufaturas de produtos da linha branca do Pólo Industrial de Manaus (PIM), objeto do estudo de caso desta dissertação, fabricante de condicionadores de ar tipo janela e split, fornos de microondas e lava-louças. Na busca por uma competitividade no mercado brasileiro, nas análises de seus indicadores internos para a redução de seus custos operacionais, sem que houvesse grandes investimentos de capitais, bucou-se, na aplicação das técnicas de *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma* para o ganho de produtividade em sua linha de montagem para condicionadores de ar tipo janela, a identificação e eliminação de desperdícios convergindo para ganhos de produtividade e a redução de variações no processamento do produto de forma estável a garantir a qualidade do mesmo, com a implantação de um novo sistema de soldagem via carrossel de solda.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A empresa desta dissertação faz parte de uma empresa multinacional com três unidades fabris no Brasil, fabricante de produtos da linha branca de eletrodomésticos e manufatura produtos como refrigeradores, fogões, máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar louças, microondas, condicionadores de ar tipo janela e *split*. A pesquisa foi realizada na empresa do Pólo Industrial de Manaus (PIM), fabricante dos eletrodomésticos condicionadores de ar tipo janela e split, forno de microondas e lava louças. Onde a mesma, possui estruturas departamentais e equipes técnicas tanto para o *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma*.

Esta pesquisa científica foi aplicada no âmbito da melhoria de produtividade de uma linha de montagem para condicionadores de ar tipo janela, delimitada aos subposto de soldagem de peças trocadores de calor. Concentrando-se na parte de entender a dinâmica de aplicação das ferramentas *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma* de forma a garantir uma produtividade com um nova meta interna de 120 produtos/horas, com ciclo de tempo de 30 segundos e na identificação dos gargalos em seus processos produtivos, com proposta para uma redução da área do subposto de soldagem das peças dos condicionadores de ar tipo janela.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

Para se manter competitiva no mercado, que se encontra com forte retração do mercado de consumo interno, a empresa buscou dentro dos seus indicadores internos uma das fontes de maior custo. Uma das metodologias que a empresa emprega de forma sistemática é o Orçamento Base Zero (OBZ), feito através de uma tabela com os custos para cada área da empresa, identificou-se que a parte salários e encargos representam 20% dos custos da empresa. Baseando-se no OBZ para a linha de montagem, os maiores salários estavam nos soldadores por serem profissionais mais qualificados, precisando de constantes treinamentos, avaliações médicas e por possuírem um salário diferenciado. De maneira que o posto de solda se torna um gargalo em custo e nos tempos de processamento identificou-se um ciclo de tempo superior aos 33 segundos esperados para uma produtividade atual de 110 produtos/hora dos condicionadores de ar na linha de montagem.

Buscou-se um método para entender, identificar e diminuir as tarefas do posto de solda que tinham o menor valor agregado às atividades dos elementos de trabalho do posto, de forma que o abastecimento fosse eficiente, pois baixas eficiências de entregas de subcomponentes para a linha de montagem podem comprometer a entrega de produtividade desta linha.

O principal foco da presente pesquisa foi responder: **Como o *Lean Manufacturing* pode ajudar as empresas a reduzir custo e aumentar a produtividade?**

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GERAL

Utilizar os princípios da filosofia lean manufacturing, visando analisar e identificar possíveis causas geradoras de gargalos no processo produtivo da fabricação de condicionadores de ar tipo janela em uma indústria de linha branca no PIM.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- a) Realizar uma análise comparativa entre a qualidade de entrega do processo atual e o novo processo proposto, destacando as vantagens e desvantagens. Identificando e analisando os gargalos do processo produtivo da empresa de condicionador de ar tipo janela do PIM;
- b) Propor a redução da área de produção (montagem), utilizando-se os princípios da filosofia lean manufacturing, com redução o tempo de total de montagem;
- c) Servir de parâmetro para possível investimento em outras empresas do ramo.

1.3.3 HIPÓTESES

1. Soldador deve ficar somente para soldar, se realizar outra atividade pode ter erros de solda por falta de atenção;
2. Soldador pode ficar com o maçarico o tempo todo em suas mãos, e isto acarretará problema de ergonomia por não ter descanso;
3. Soldar em dispositivo de formato em carrossel poderá ocorrer problemas de acidente, quando colocar o carrossel em movimento para soldar outras peças.

1.4 JUSTIFICATIVA

A pouca literatura sobre aplicação dos conceitos *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma* em empresas da linha branca, trouxe para esta dissertação a oportunidade de uma análise aprofundada sobre a convergência das aplicações práticas e teorias destas ferramentas em empresas nesta categoria. E como tais aplicações também contribuem para a obtenção de resultados econômico-financeiros sólidos e sustentados ao longo do tempo que uma engenharia lucrativa tem por foco (OHNO, 2005).

A análise deste estudo de caso, realizado dentro de uma multinacional, com recursos de equipes estruturadas para aplicação de *Lean* e *Seis Sigma*, cujos setores realizam suas atividades individualizadas, mostrou que não necessariamente precisam ser dois setores, mas que poderiam integrar de forma sistemática estes dois setores, como afirma Werkema (2012) que a integração das duas metodologias é natural, de modo que a empresa usufrui dos pontos fortes de ambas as estratégias.

A dissertação se propõe também a demonstrar como a empresa que aplica *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma*, empregam esses recursos para ter respostas: Como a empresa encontra os seus gargalos de custos operacionais? A organização utilizá-se da filosofia *Lean Manufacturing* em seus processos produtivos? Obtém melhorias de produtividade e redução de custos?

1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Estudo de caso, analisado dentro de uma multinacional, localizada no Pólo Industrial de Manaus (PIM), fabricante de produtos da linha branca de fornos de microondas, condicionadores de ar tipo janela e split e lava louça.

Foi analisado para uma linha de montagem de produtos condicionadores de ar tipo janela, que o subposto de montagem onde se utiliza processo de soldagem para tubos nos trocadores de calor, sendo o de maior custo operacional, esta indicação foi respaldada pelas análises dos indicadores internos, como o orçamento base zero (OBZ) de 2016: delimitado pelos maiores custos operacionais de mão-de-obra, para a linha de montagem dos condicionadores de ar tipo janela, indentificado este posto onde se tem soldadores como detentores dos maiores salários e recursos diferenciados em relação aos demais postos da linha de montagem.

Em busca da competitividade no mercado local, foram aplicadas algumas ferramentas de *Lean Manufacturing*, tipo o Gráfico de Balancemanto de Operações (GBO) e um *layout* diferencial para acomodar um novo processo de soldagem, estilo carrossel com objetivo de maior produtividade e simplificação do processo com a utilização de uma mão-de-obra menos qualificada. Para a aplicação de ferramentas do *Seis Sigma*, também foram usadas algumas ferramentas para as análises quantitativas que avaliaram a qualidade das peças soldadas com o uso do *software Jumper 11*.

A pesquisa se concentrou nestas áreas de atuação para análises, busca dos objetivos e demonstração da utilização destas técnicas que possuem pouca literatura de aplicação em linhas de montagem de eletrodomésticos da linha branca, de forma a contribuir como fonte de literatura para aplicação destas técnicas em busca de redução de custos operacionais e qualidade mantida ao longo do projeto.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Está estruturado com cinco capítulos, conforme a formulação da pergunta da pesquisa em assertividade aos objetivos da mesma.

- No capítulo 1 apresenta a contextualização da pesquisa, os objetivos (gerais e específicos), a justificativa, a delimitação do estudo e a estrutura do trabalho;
- No capítulo 2 aborda as estruturas conceituais utilizadas no desenvolvimento desta pesquisa, para determinação do marco teórico, quais sejam: a estratégia, a melhoria da produtividade e o estudo de caso da linha de produção;
- No capítulo 3 descreve a metodologia adotada, considerando a fundamentação, os procedimentos, a coleta e o tratamento dos dados, como será a validação dos mesmos, utilizando os *softwares Jumper 11, Google Sketchup 8 e Kinovea*;
- No capítulo 4 delinea os resultados esperados ao final deste estudo, tanto pelos indicadores, pelas principais ferramentas usadas pelo *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma*, quanto aos resultados obtidos pelos *softwares* supracitados;
- No capítulo 5 finaliza com a conclusão e as referências, respectivamente.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo aborda *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma*, estruturas conceituais que fundamentam o desenvolvimento desta dissertação, como as principais ferramentas utilizadas neste estudo de caso que se aplicaram na linha de montagem de condicionadores de ar tipo janela. E artigos relacionados a esses dois temas.

2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO *LEAN MANUFACTURING*

De todas as fases de modernização das indústrias: a primeira fase industrial foi fordiana em 1914, dominada por Ford, iniciou o conceito de produção em escala utilizando linha de montagem seriada (BRAGA, 2003), a segunda fase industrial foi do Sistema Toyota de Produção (STP), dominada por Ohono, com conceito de manufatura enxuta, onde as linhas de montagem tem fluxo contínuo ou em células

(OHNO, 2005), e agora recentemente estamos vivendo a Indústria 4.0 com o conceito de interconectividade de máquinas, unidades industriais e o consumidor, quando se trata em torna o processo produtivo mais competitivo com redução de custos operacionais, a filosofia *Lean Manufacturing* é a mais empregada nas empresas.

A filosofia *Lean Manufacturing* nasceu da necessidade do Japão em oferecer carros de passeios para os Estados Unidos e Europa, logo após a segunda guerra mundial. Havia muitas restrições nestes países para manter a produção interna e receber pequenas quantidades e com variações dos carros do Japão, para que os fabricantes de automóveis do Japão se estabeleçam e concorram de forma saudável com os sistemas de produção estabelecidos nos Unidos e Europa. Assim em 1950 nasceu o Sistema *Toyota* de Produção (STP), criado por Taiichi Ohno, engenheiro e vice-presidente da *Toyota Motors*, conhecido como *Lean Manufacturing*, traduzindo sistema de manufatura enxuta. A abordagem do STP é a produção operar exatamente na razão da demanda do cliente, ou seja, fazer somente o necessário evitando desperdício (SCHULZ, 2015).

A filosofia *Lean Manufacturing* ou *Lean Thinking* (pensamento enxuto ou pensamento Lean) tem estes termos vindo do Sistema Toyota de Produção (STP), que se popularizou em 1992, no livro “A máquina que mudou o mundo” de autorias de Womack e Jones.

Dentre os principais princípios da filosofia Lean, destacam-se:

LEAN THINKING: *Lean* é uma filosofia de gestão inspirada em práticas e resultados do Sistema *Toyota*. Por Ohno (2002), a filosofia é definida por cinco princípios: é uma filosofia de gestão que procura especificar valor a partir da ótica do cliente, alinhar na melhor seqüência as atividades que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção sempre que alguém as solicita e de forma cada vez mais eficaz (WOMACK; JONES, 1992).

MENTALIDADE ENXUTA: A mentalidade enxuta é uma filosofia operacional ou um sistema de negócios, uma forma de: especificar valor; alinhar, na melhor sequência, as ações que criam valor; realizar essas atividades sem interrupção; sempre que alguém as solicita; e realizá-las de forma cada vez mais eficaz, ou seja,

fazer cada vez mais com cada vez menos. Também é uma forma de tornar o trabalho mais satisfatório e de eliminar desperdícios, e não empregos.

A implementação da mentalidade enxuta requer elementos constitutivos baseados em gerenciamento interfuncional, trabalho em equipe, desenvolvimento organizacional, estratégia e cultura de melhoria contínua. Esta última se refere à capacidade dos times analisarem problemas e desvios da estratégia e conceber, implementar e padronizar soluções efetivas (SELLITOA; BORCHARDTB; PERREIRA, 2010).

O pensamento enxuto é a filosofia do *Lean Thinking*, enquanto que a mentalidade enxuta são as ações que se estabelece para implantar a filosofia. Na empresa deste estudo de caso, se tem a semana de mentalidade enxuta, onde se busca o ensinamento das ferramentas que são mais empregadas na produção em busca de redução de custos por eliminação de desperdícios. Esta semana da mentalidade enxuta é feita se empregando diversas brincadeiras dos quais sempre se pergunta por uma das ferramentas que compõe o *Lean*.

Destas ferramentas podemos citar: *takt time*, *kaizen*, *poka yoke*. Que dentro da revisão sobre *Lean*, Pettersen (2009, APUD PACHECO, 2014) faz uma classificação de onde se aplica estas práticas do Lean: JIT (*heijunka*, produção puxada, produção no *takt* e sincronização dos processos), a redução de recursos (redução de lotes, eliminar perdas, setups, inventários, lead time), as estratégias de melhoria (*kaizen* e círculos de melhoria) e controle de defeitos (autonomação, *poka yoke*, inspeção 100% e andons).

2.2 DESPERDÍCIOS NO LEAN MANUFACTURING

O Sistema Toyota de Produção tem como concepção analisar os sistemas produtivos através da lógica do que agrega e não agrega valores dentro das atividades na fábrica. As definições, por Ohno (2005) são:

O que agrega valor:

Atividades que transformam matérias primas/informações naquilo que o consumidor quer pagar (Exemplos: Prensa, Solda, Pintura).

O que não agrega valor:

Atividades que tomam tempo, recursos e espaço, mas que não agregam valor aos requisitos do consumidor (Exemplo: Limpeza).

O que é valor agregado ao negócio:

Atividades que contribuem e são essenciais no funcionamento do empreendimento. (Exemplos: Folha de pagamento, Relatórios Financeiros).

Determinar estes princípios acima nos permite ter um entendimento melhor quando Ohno (2005) definiu os 8 tipos de desperdícios como todas aquelas atividades que adicionam custo, mas não agregam valor. Numa Empresa Lean, estes 8 tipos são objetos de estudos para serem eliminados, a figura 1 resume esses desperdícios.

Figura 1- Os 8 desperdícios pela filosofia Lean



Fonte: Ohno (2005)

Por Ohno (2005), abaixo as descrições do que é e suas possíveis causas para todos os desperdícios enunciados na figura 1.

1 – Desperdício: **Defeito e/ou reparos**

O que é: Qualquer conserto em:

- Peças;
- Elemento de trabalho na FIT (Folha de instrução de trabalho).

Possíveis causas:

- Falta de especificação mais detalhada do que realmente é crítico ao produto ou ao processo;
- Clareza em como realizar uma atividade na FIT;
- Falta de treinamento para pessoas tanto das linhas de montagem como das áreas de apoio (alimentadores das linhas de montagem, auditores de qualidade das inspeções de recebimento de peças e ou serviços);
- Capacitação de pessoas para avaliação de aprovação de produtos e/ou processos novos;
- Falta ou componente errado na lista técnica de um produto (B.O. M.);
- Clareza nos fechamentos de contratos com Fornecedores sobre o que é uma produto/peça ou processo aprovado em requisitos de qualidade da empresa contratante.

2 – Desperdício: **Excessos de produção ou superprodução**

O que é: Produzir muito ou produzir antecipadamente.

Possíveis causas:

- Falta de planejamento do PCP (Planejamento e Controle da Produção);
- Incentivar atingir metas para atendimentos de volume de produção para diluir os custos operacionais;
- Incentivar atingir metas de volume de produção para vendas sem atender a demanda de mercado;

- Aumentar capacidade de linha ou equipamento para atender metas internas de produção. Aumento da capacidade do equipamento.

3 – Desperdícios: **Estoque**

O que é: Qualquer estoque acima do mínimo para executar o trabalho.

Possíveis causas:

- Não limitar os estoques dos postos de trabalho;
- Acelerar a produção para atendimento de uma demanda interna que não esteja ligada ao mercado (exemplos: treinamentos);
- *Lead Time* excessivo para a entrega de um pedido (exemplo: compra de bobinas de cobre da China – 90 dias de *lead time*);
- Negociação deficiente com fornecedores para envio de estoque mínimo que fique acima da necessidade de produção;
- Muito retrabalho.

4 – Desperdícios: **Espera**

O que é: Tempo ocioso sem atividade de trabalho.

Possíveis causas:

- Espera por peças, pelo fim do ciclo de uma máquina;
- Velocidade de esteira menor que o ritmo de trabalho (*takt time* inadequado);
- Mão de obra excessiva para poucos elementos de trabalho;
- *Set up* de máquinas ou linhas de montagem muito longa;
- Falta de material por atraso de entrega de fornecedor interno ou externo da fábrica;
- Greves de servidores públicos que interajam com fábricas.

5 – Desperdícios: **Transporte**

O que é: Todo transporte acima do necessário é desperdício.

Possíveis causas:

- Ritmo de trabalho (*TAKT TIME*) inadequado para entrega de material nas linhas de montagem ou máquinas;
- Dificuldade de pegar materiais devido ao *lay out* inadequado;
- Falta de 5S (organização) no local de trabalho;
- Fluxo de materiais desorganizado.

6 – Desperdícios: **Movimentações nas operações**

O que é: Qualquer movimento que não agregue valor.

Possíveis causas:

- Elementos de trabalho não padronizado em FIT;
- Localização das peças distantes das operações de trabalho (*layout* inadequado);
- Falta de 5S (organização) no local de trabalho;
- Fluxo de materiais desorganizado.

7 – Desperdícios: **Processamento**

O que é: Qualquer processo extra.

Possíveis causas:

- Falta de especificação e/ou qualidade de componentes que precisam ser reavaliados;
- Falta de comunicação e/ou mudanças frequentes em um produto ou processo;
- Falta de objetividade nas especificações do cliente;
- Falta de 5S (organização) no local de trabalho;

- Fluxo de materiais desorganizado.

8 – Desperdícios: **Intelectual**

O que é: Qualquer atividade ou falha que consuma o tempo ou o talento de uma pessoa sem agregar valor.

Possíveis causas:

- Falta de comunicação;
- Comunicação ineficaz;
- Não procurar o conhecimento;
- Desdenhar do conhecimento de uma pessoa de cargo e/ou estudo menor;
- Desdenhar o ponto de vista de uma pessoa de área diferente.

A cultura *Lean* é uma filosofia que busca a eliminação de desperdícios, para se buscar este objetivo a filosofia possui os alicerces em técnicas a serem usadas conforme os desperdícios que estejam em análise, a figura 2 traz algumas das ferramentas e em destaque vermelho as ferramentas usadas neste estudo de caso.

Figura 2 – Principais ferramentas Lean



Estas ferramentas auxiliam a aplicação da filosofia *Lean* na prática para a obtenção de resultados que objetivam: eliminação de desperdícios, com melhorias de qualidade de entregas de cada sistema de uma fábrica, de modo a contribuir com redução dos custos operacionais.

2.3 FERRAMENTAS *LEAN MANUFACTURING*

No *Lean Manufacturing* se tem uma gama de ferramentas que são utilizadas para implantar a Manufatura Enxuta e obter resultados. Abaixo serão descritas as ferramentas que foram utilizadas neste estudo de caso, conforme as pesquisas bibliográficas.

2.3.1 *KAIZEN*

Uma palavra em japonês que significa "boa mudança". *Kaizen* é um modo de raciocinar e enxergar, de sempre estar alerta à oportunidade de fazer mudanças de melhoria. Ele normalmente envolve pequenas mudanças, raramente mais do que pode ser atingido por uma equipe de sete que trabalha em período integral por uma semana. Muitas organizações *lean* incluem eventos *kaizens* como parte regular de suas atividades contínuas de melhoria. Os *kaizens* são eventos estruturados executados por uma equipe montada para a tarefa sob a orientação de um líder da equipe *kaizen*, onde a tarefa de melhoria é completada do início ao fim em uma semana ou menos (SCHULZ, 2015).

Melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de um processo individual, a fim de se agregar mais valor com menos desperdício. Há dois níveis de *kaizen* (ROTHER; SHOOK, 2003):

I - *Kaizen* de sistema ou de fluxo possui foco no fluxo total de valor. Dirigido ao gerenciamento.

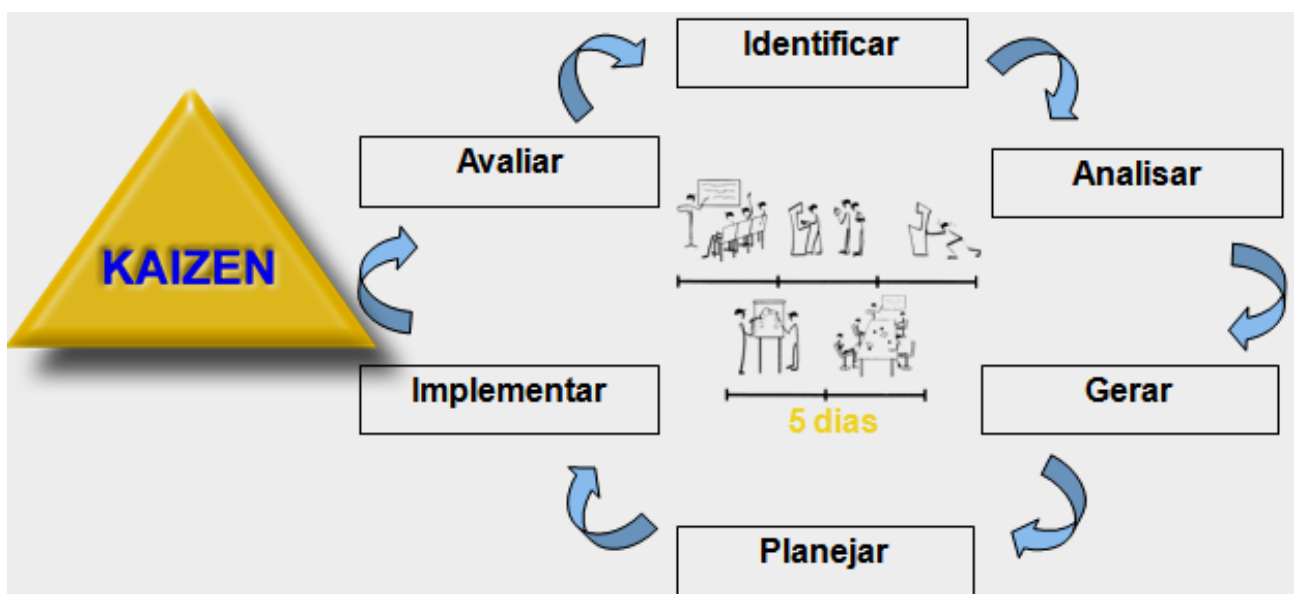
II - *Kaizen* de processo possui foco em processos individuais. Dirigido a equipes de trabalho e líderes de equipe.

Shingo (2010) conclui que para fazer um *Kaizen*, o mesmo só deve ocorrer após os envolvidos terem um conhecimento profundo sobre o problema a ser avaliado, ou seja, um estágio preliminar, onde empresas que aplicam *Lean* chamam de *pré-Kaizen*.

Neste *pré-Kaizen* tem o princípio de analisar o processo a partir de sua divisão em grupos de elementos, geralmente se utiliza os indicadores internos da empresa (OBZ, Indicadores de Satisfação do Cliente), também pode ser analisado dados vindo do *Value Stream Map* (VSM), este é um mapa que traz todo o processamento da empresa desde a entrada do material, as etapas onde se manufatura este material, até sua saída da fábrica (SCHULZ, 2015). Estas ações têm como objetivo reduzir o complexo das análises, se concentrando em uma parte do processo que deva ser analisado e/ou modificado de forma a melhorar a sua produtividade.

A figura 3 mostra as ações para o *Kaizen* nas etapas que serão abordadas na sequência.

Figura 3 – As seis etapas de um *Kaizen* na prática



Fonte: Elaborado pela autora (2011)

1 - Identificar:

Identificação do Problema: Shingo (2010) entende que a melhoria ou o desenvolvimento de um *kaizen* deve acontecer somente após os profissionais terem entendido a natureza íntima do problema identificado.

Para uma empresa de manufatura, alguns pontos são avaliados como predecessoras de qualquer atividade, para ter a convergência de que o problema avaliado é de ordem importante para a empresa:

- Aumentar a **segurança** do trabalho;
- Melhorar a **qualidade** do trabalho;
- **Facilitar a execução** do trabalho;
- **Reduzir os custos** relacionados ao trabalho;
- Melhorar o **uso do tempo** na execução do trabalho.

2 – Analisar (situação atual):

Shingo (2010) esclarece que analisar a situação atual, deve fornecer o reconhecimento do problema e este deve ser o motor de mudança para quebra de paradigmas, o que sugere que o problema deve trazer o desenvolvimento de melhorias no processo.

Neste estágio é importante ir ao *gemba* (expressão japonesa para ir ao local onde se vão ter ações do Kaizen) e:

- Documente o que você VÊ;
- Trabalhe com Precisão “Vá ao local”;
- Anote tudo, não deixe de anotar nada;
- Lembrete: Identifique-se e converse bastante com operadores da área.

3 – Gerar (ideias originais):

Fazendo Planos para Melhoria: Shingo (2010), neste estágio, os planos para melhorias devem ser compreendidos e desenvolvidos a partir de critérios científicos e criativos, desenvolvidos por métodos de *brainstorming*.

As regras do *Brainstorming* são:

- Estabeleça um Limite de Tempo;
- NÃO julgue NENHUMA ideia;
- Anote TODAS as ideias;
- Faça o Change Management de todas idéias aprovadas;
- Divirta-se.

4 - Planejar (seleciona as alternativas e elabora um plano):

Andrade (2003) estabelece que a parte de planejamento consiste que se avaliem os objetivos e os processos necessários para fornecer resultados de acordo com os requisitos do cliente e políticas da organização, ou seja:

- Pesar os “métodos” e os “meios” => compensa os custos de sua implementação?;
- “Elaborar o Plano” para avaliar CADA UMA das contramedidas antes de implementar;
- Terá problemas se TODAS as contramedidas forem implementadas ao mesmo tempo.

Nesta parte do planejamento se adota as medidas dentro de um plano de ação, com contenção se caso as ações não surgirem o efeito desejado, o quê deve ser feito. Geralmente, empresas de grande porte, aplicam várias técnicas, que podem incluir o *Seis Sigma* na prática de seus *Designs of Experiments* (D.O.E.) permite realizar manipulações e experimentos no processo, com o objetivo de entender as melhores combinações possíveis para atingir a meta e não comprometer o processo.

5 – Implementar (o quê esperar):

Traduzindo Planos em Realidade: Shingo (2010) chama a atenção para eventuais objeções que, mesmo durante a implementação das propostas, podem surgir. Podem ocorrer objeções, em alguns casos que podem ser coerentes, porém o profissional deverá ter o discernimento do que esteja ocorrendo para serem um impedimento das mudanças, alguns desses impedimentos podem ser:

- As pessoas precisam de tempo para se ajustar à nova maneira de fazer as coisas;
- As pessoas sempre “tentam” voltar àquele método que conhecem e com o qual se sentem à vontade;
- Você terá queda de produtividade até a adaptação das pessoas e do processo.

6 – Avaliar (o novo método ou processo):

Shingo (2010) depois de implantado as ações do plano deve-se avaliar se o resultado alcançou a meta e se é satisfatório, pode-se avaliar os pontos chaves:

- Meta atingida;
- Plano de ação realizado;
- Processo avaliado conforme indicadores pré-estabelecidos na fase de planejamento;
- Padroniza (atualiza documentos):
- Apresenta resultados para área;
- Auditoria após certo tempo;
- Observar impactos;
- Lista outras oportunidades.

Tendo esses pontos avaliados, podem-se padronizar essas ações transformando em procedimentos padrões. Para realizar essa padronização é feita a elaboração ou alteração do padrão, comunicação, treinamento e acompanhamento da utilização do padrão.

Quando envolve um *Kaizen* de processo que se une o *Seis Sigma*.

A união das metodologias do *Lean Manufacturing (Kaizen)* e *Seis Sigmas* (estudos das variações) formou o *Kaizen de Variação*, que busca a robustez através da aplicação dos Seis Sigmas com a dinâmica e rapidez que o *Kaizen* impõe para a eliminação de desperdícios.

2.3.2 PADRONIZAÇÃO

Para Moura (1996, APUD REZENDE ET.AL., 2015), o esclarecimento do conceito de padronização está ligado à uniformização dos produtos ou de processos industriais segundo padrões preestabelecidos.

Em uma empresa *Lean* a padronização é vista como uma ferramenta para garantir que as mesmas atividades entregue o mesmo desempenho se realizada por pessoas diferentes de forma que garanta também segurança, qualidade, produtividade, demonstrando estabilização do processo, para que se possa evoluir num novo estágio (melhoria contínua), ou seja, um trabalho padrão:

Standardized work (trabalho padrão): Especificações, normalmente para uma estação de trabalho de produção que incluem: a seqüência na qual as etapas ou elementos de trabalho são executados, tempo esperados para cada elemento e o tempo total para todos, takt time, a quantidade de inventário antes, durante e depois da estação de trabalho. O trabalho padrão para as operações de produção pode incluir informações específicas de segurança (por exemplo, identificar os pontos difíceis em potencial) e verificações de qualidade a serem feitas durante a seqüência de operações (SCHULZ, 2015).

A padronização e o trabalho padrão são documentados em forma de procedimentos regularizados que algumas empresas chamam de *Standard Operational (SOP)* significa Operação Padrão ou pode ser chamada também de Folha de Instrução de Trabalho (FIT) para um posto da linha de montagem.

A figura 4 mostra um modelo de FIT, este formato tem o objetivo que a padronização da atividade será realizada independente das pessoas, pois a mesma mostra os critérios que o colaborador deve ter antes de iniciar suas atividades.

Figura 4 – Ilustração de uma FIT

FOLHA DE INSTRUÇÃO DE TRABALHO											
EMPRESA	UGB	Tempos		SKU / Máquinas / Outros	Descrição das atividades		Projeto	Plataforma	Posto	Célula / Nº Pag	
	MONTAGEM SPLIT	Padrão	Rea								
Legendas		Sequência das atividades		Proteções individuais e coletivas		Ferramentas necessárias		Dispositivos necessários / outros		Procedimento de alerta	
	Qualidade									Esta atividade deve ser executada somente por operador habilitado nessa FIT (ver verso)	
	Atenção										
		Nº Atividade	Tempo	Nº Atividade	Tempo	Nº Atividade	Tempo	Nº Atividade	Tempo	Nº Atividade	Tempo
Aprovações:		Engenharia Industrial		Engenharia da Qualidade		Coordenador:					
	Nome:		Nome:		Nome:		Ass:				
	Ass:		Ass:		Ass:						

Fonte: Elaborado pela autora (2013)

Para este modelo de FIT, cada item significa:

- Empresa: Loga da empresa;

- UGB: Unidade de gerenciamento básico;

Pode ser os setores da manufatura: Fabricação, Montagem, Engenharias, Administrativo.

- Tempos: Padrão: é o tempo padrão teórico para a montagem dos componentes.

Real: tempo cronometrado no momento que foi realizado a atividade.

- SKU/Máquinas/ Outros

SKU sigla em inglês para Stock Keeping Unit significa Unidade de Manutenção de Estoque, são códigos ou referência para cada item ou produto que informe suas especificações, localizações em estoque, ou seja, que ajude no gerenciamento estrutural para a manufaturabilidade e vendas de um produto. (SYNTETOS; BOYLAN, 2001);

Máquinas: se houver a aplicação de uma máquina para a realização da atividade padrão;

Outros: se houver a aplicação de um dispositivo, *poka yoke*, etc.

- Descrição da atividade: uma breve descrição da atividade a ser realizada.

- Projeto: Nome do projeto que iniciou as atividades padrão desta FIT.

- Plataforma: Classificação conforme os produtos manufaturados na empresa. As plataformas atuais da empresa são: condicionador de ar tipo janela ou *split*, forno de microondas e lava louça.

- Posto: Qual o número do posto de trabalho.

- Célula: Se for uma linha de montagem, na empresa deste estudo de caso, a linha é dividida em quatro células.

- Número de página: quantas páginas têm a FIT.

- Legendas:



Qualidade: pontos de atenção de qualidade



Atenção: quaisquer informações que precise de uma atenção especial, tipo: cor, formato, etc.



Sequência de atividade: seta conecta uma atividade a outra de forma sequenciada, ou seja, o colaborador não pode realizar a atividade de forma aleatória e sim sequenciada.

- Proteções individuais e coletivas



Observar Folha de Instrução de Segurança (FIS) do processo para mais informações e Equipamentos de Proteção Individual de Segurança (EPIS).

- Ferramentas necessárias: quais tipos de ferramentas serão utilizadas na realização da atividade, tipo: chave de fenda, etc.

- Dispositivos necessários / outros: qual dispositivo será utilizado na realização da atividade, exemplo a utilização de um *poka yoke*.

- Procedimento de alerta



Esta atividade deve ser executada somente por operador habilitado nessa FIT: atividade só pode ser executada se o colaborador passou por um treinamento sobre como realizar as atividades descritas em FIT e no verso da FIT deve constar sua assinatura como evidência que recebeu o treinamento.

2.3.3 POKA YOKE

O método *Poka Yoke*, termo japonês significa evitar ou prevenir erro. São Sistemas a Prova de Erros capazes de evitar que um defeito, um erro, ou acidente aconteça, ou de detectar a falha, e impedir que estas passem para o processo seguinte. Por Costa Júnior (2007) pode-se entender como qualquer dispositivo que auxilie na prevenção de falhas e erros em processos produtivos (COSTA JUNIOR, 2007).

Na figura 5 temos a ilustração de um *Poka Yoke* para auxiliar no processo de montagem de um forno de microondas, permiti que a porta esteja alinhada com o

painel, isso agiliza o processo de montagem tirando das mãos do colaborador a responsabilidade de alinhar 130 portas/hora e garanti que o posto não se torne gargalo e mantenha o seu ritmo de produção.

Figura 5 – Ilustração de uma FIT para *Poka Yoke*

<p>IMAGEM</p> 	<p>FUNÇÃO</p> <p>Alinhar a Porta de forma que a mesma fique na altura e distância axata no painel</p>			
<p>POKAYOKE</p> <p>Alinhador da Porta</p>	<p>O QUE FAZER EM CASO DE FALHA</p> <p>Solicitar o backup para o facilitador. O dispositivo deverar ser encaminhado para ferramentaria, onde será feito reparos e depois ser encaminhado para calibração antes de voltar para o processo.</p>			
<p>NÍVEL</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="256 1061 459 1173"> <p>1</p> <p>Interrupção: O processo é parado até o erro ser corrigido</p> </td> <td data-bbox="464 1061 671 1173"> <p>2</p> <p>Controle: previne que os defeitos continuem no processo</p> </td> <td data-bbox="676 1061 863 1173"> <p>3</p> <p>Aviso: sinaliza que defeitos ou erros ocorrem</p> </td> </tr> </table>	<p>1</p> <p>Interrupção: O processo é parado até o erro ser corrigido</p>	<p>2</p> <p>Controle: previne que os defeitos continuem no processo</p>	<p>3</p> <p>Aviso: sinaliza que defeitos ou erros ocorrem</p>	<p>APLICÁVEL AO(S) MODELO (S):</p> <p>Firenze/ New Firenze</p>
<p>1</p> <p>Interrupção: O processo é parado até o erro ser corrigido</p>	<p>2</p> <p>Controle: previne que os defeitos continuem no processo</p>	<p>3</p> <p>Aviso: sinaliza que defeitos ou erros ocorrem</p>		
<p>No. do CHASSIS</p> <p>15.3</p> <p>DATA DE CRIAÇÃO</p> <p>19/06/2013</p> <p>LOCALIZAÇÃO (veja layout atrás)</p>	<p>STP TEAM: Projeto jidoka</p>			

Fonte: elaborado pela autora (2013)

A identificação dos *poka yokes* e sua FIT são formas de organização de uma grande empresa que aplica *Lean*. Nesta FIT temos:

- *Poka Yoke*: o nome do dispositivo.
- Nível: informa as criticidades deste *Poka Yoke* para o processo.
 1. Interrompe o processo até que o erro seja corrigido;
 2. Controle: é uma prevenção para que o defeito seja detectado e o processo corrigido;
 3. Aviso: serve para sinalizar ao operador a ocorrência de um defeito.

- Número do chassi: é o número de registro deste *poka yoke* para controles internos da empresa.
- Data de criação: data em que foi disponibilizado o *poka yoke* no processo.
- Localização: mostra através de um lay out onde se encontra esse *poka yoke* na empresa.
- Função: pra que serve o *poka yoke*.
- O que fazer em caso de falha: determina as ações que devem ser feitas para a correção do processo.
- Aplicável ao(s) modelo(s): quais modelos podem se utilizar o *poka yoke*.

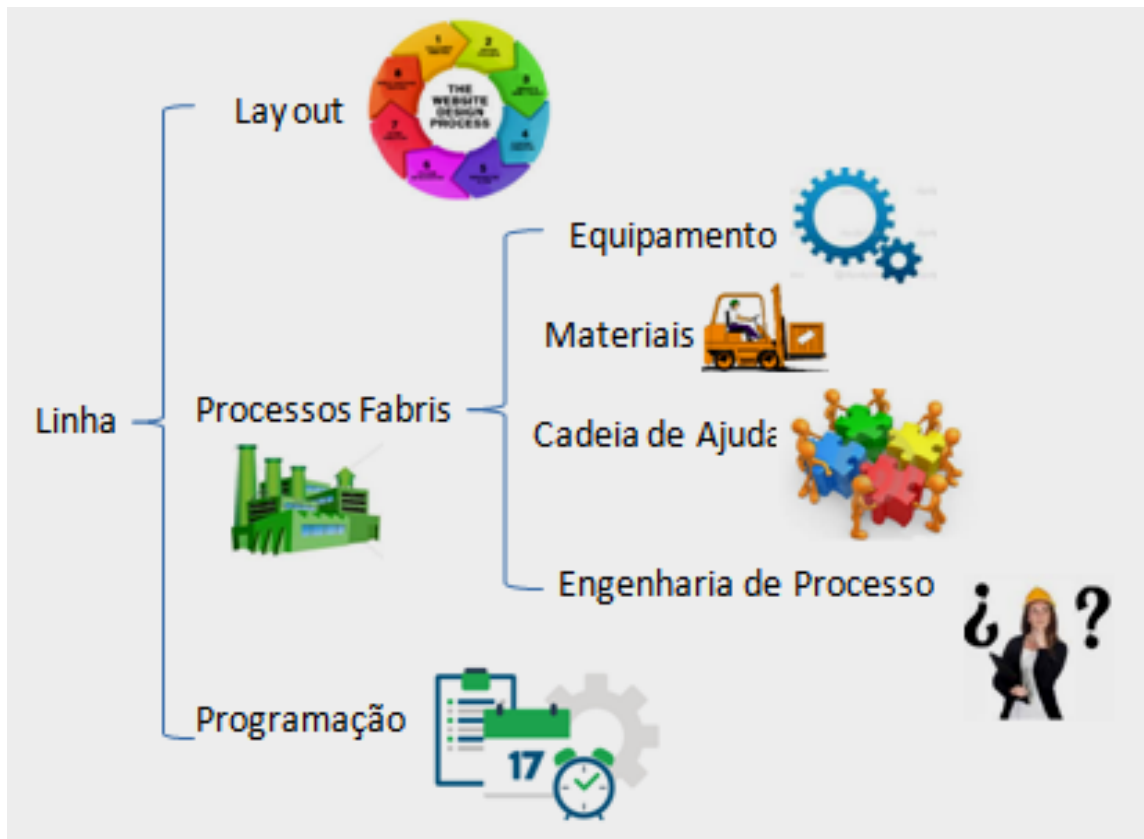
Esse tipo de FIT padroniza as informações necessárias sobre o *poka yoke* e como deve ser usada, também a última folha é para assinatura do colaborador, evidenciando que o mesmo leu e teve o treinamento para o uso deste *poka yoke*.

2.3.4 LAYOUT

Segundo Canem et.al (1998, APUD SILVA, RENTES, 2012), *Layout* (ou arranjo físico) é uma demonstração em forma de desenho, podendo ser em escala ou um simples draft, da distribuição de onde se encontram posicionados, neste caso em uma indústria, seus departamentos, as suas linhas de montagem, postos de trabalho, suas máquinas e mais detalhes do que for pertinente a ser mostrado. Assim, o planejamento do layout é muito importante, porque demonstra onde se encontrar os recursos da empresa podendo ser os maiores e mais caros recursos que a empresa possua. O *layout* tem o impacto no gerenciamento das atividades, podendo impactar no nível de estoque, localização deste estoque, a movimentação de pessoas, máquinas e determinar o tempo de abastecimento em uma linha de montagem. Neste contexto o *layout* é importante para a busca da otimização dos recursos de produção e melhoria nos sistema produtivo como um todo.

Em Gonçalves Filho (2005, APUD SILVA, RENTES, 2012), um sistema de manufatura eficiente pode ser obtido combinando-se quatro variáveis: tecnologia de fabricação atualizada; um *layout* otimizado; uma mão de obra treinada e motivada; e um gerenciamento adequado. Essas quatro variáveis não são independentes umas das outras. Destas premissas estão desenhadas na figura 6.

Figura 6 – Ilustração de um processo considerado para linha de montagem



Fonte: elaborado pela autora (2015)

Detalhando as atividades que compõem o modelo de projeto de *layout* desenvolvido:

2.3.4.1 Tipo de produto: produto para estoque, produto por encomenda para atender um nicho de mercado, tecnologias usadas no produto de alta tecnologia (*hitech product*) ou *produto básico (low product)*.

2.3.4.2 Tipo de processo: como serão alimentadas as peças na linha de montagem, para atendimento ao Processo Produtivo Básico (P.P.B) da Suframa, neste caso se checa se o produto virá em forma de *Kits* (caixas com as peças, parte da carça do produto montada, etc). Quais testes serão implantados na linha de montagem e quais tecnologias serão inseridas no conceito do processo.

2.3.4.3 Volume de produção: produção em massa, produção para atender certo nicho do mercado. Silva, Rentes (2012), tem que é importante a definição da política de atendimento da demanda, esse critério pode ser decisivo

para a inserção ou retirada do produto de uma mesma família. O entedimento do volume de produção determinará o tamanho da fábrica e sua capacidade de expansão para atendimentos a futuros aumentos de volume.

Muther (2000) analisa que o desenvolvimento do *layout* é pautado nas seguintes etapas:

- Aproxime máquinas e equipamentos;
- Remova obstáculos do caminho do operador;
- Mantenha, aproximadamente, 1,5 metros de largura para circulação dos operadores;
- Elimine espaços e locais onde peças possam se acumular;
- Mantenha padrões ergonômicos adequados;
- Localize o processo inicial e final próximos um do outro;
- Evite transferências de peças e componentes de cima para baixo e da frente para trás;
- Faça um uso inteligente da gravidade;
- Suspenda determinadas instalações, pendurando-as no teto;
- Utilize ferramentas manuais, simples e dedicadas.

Na prática o projeto do layout passa por vários problemas práticos, sendo que é importante se manter o foco das diretrizes aonde se quer chegar com a melhor configuração de layout, pois nem sempre se tem projetos sem restrições e estes deverão ser adaptados de acordo com as possíveis condições (SILVA;RENTES, 2012).

2.3.5 TIPOS DE LAYOUTS

Neuman, Scalice (2015) e Muther (2000) resumem em cinco tipos de *layouts*: básicos, posicional, por processo, celular, por produto e interação entre os *layouts* denominados *layouts* mistos, descrevendo a seguir.

Layouts são construções que não delimitam dentro do uso da inteligência do engenheiro na construção de uma melhor forma, rápida, segura, com qualidade, ergonômica e econômica para a produção de um produto ou processo. Um bom *layout* pode-se diminuir os custos de produção e contribuir para o aumento de produtividade. A seguir, descrição dos principais *layouts* utilizados em indústria branca.

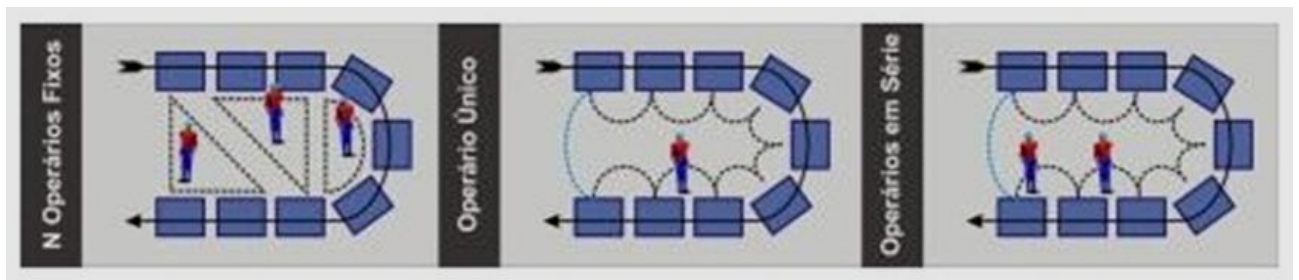
2.3.5.1 LAYOUTS FIXOS OU POSICIONAMENTO: Segundo Neumann, Scalice (2015), este tipo de layout é considerado o tipo de layout mais básico e geralmente utilizado quando o produto tem dimensões muito grandes e não pode ser facilmente deslocado. O produto é fixo e os recursos se movimentam. Normalmente é um dos layouts da construção civil para edifícios, barragens, rodovias, postos de submontagem de componentes. A figura 7 ilustra um posto de trabalho fixo, a melhor situação é aquela em que os componentes estão localizados de forma a minimizar o movimento da operadora, e em que os componentes são sempre consumidos no mesmo sítio. Idealmente, o bordo de linha deve estar em frente à operadora como na figura 7, devido à estrutura das linhas de montagem, pode não ser possível. A escolha do local para o bordo de linha também deve ter em consideração o abastecimento às linhas de montagem (COIMBRA, 2009).

Figura 7 – Posto de submontagem de componente



2.3.5.2 *LAYOUT EM CÉLULA*: Neumann, Scalice (2015) explicam que esse *layout* é flexível quanto ao tamanho dos lotes por produto, que permite um nível de qualidade alto tanto sobre o produto quanto a produtividade. Tem arranjos físicos em forma de células buscam melhorar a eficiência na produção de itens muito variados, agrupando-os de acordo com um critério escolhido, o qual pode ser por semelhança na forma, por utilização de componentes em comum, por processamento no mesmo conjunto de máquinas e etc, ganhando-se flexibilidade e espaço. Todos os recursos são alocados em um local delimitado (célula) o *Layout* em célula está representado na figura 8, desta forma em célula um colaborador pode realizar todas as atividades daquela célula e caso a demanda aumente, pode-se incluir mais um colaborador para realizar atividades em fluxo, aumentando a produtividade da célula.

Figura 8 – Diferentes movimentações dentro de uma célula em “U”



Fonte: Freire (2008)

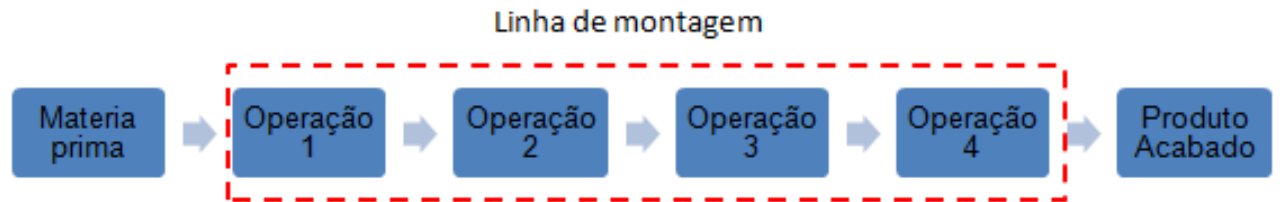
2.3.5.3 *FLUXO EM LINHA OU POR PRODUTO*: Fabricar em série produtos padronizados, através de um processo que junte pessoas e equipamentos de acordo com que os materiais sigam sempre a mesma linha com uma sequência de operações entre os pontos de processamento para fazer um produto, uma direção linear de produção. Slack (2002) define como sendo cada produto, elemento de informação ou cliente segue um roteiro predefinido no qual a sequência de atividades requerida coincide com a sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente, a figura 9 ilustra um layout em linha.

Filho (2010) define quando usar layout linear:

- Para processar grandes quantidades de peças;
- Produto padronizado 100% ou pouco padronizado;

- Demanda linear e estável;
- Manter as operações balanceadas com o fluxo de material.

Figura 9 – Fluxo em linha

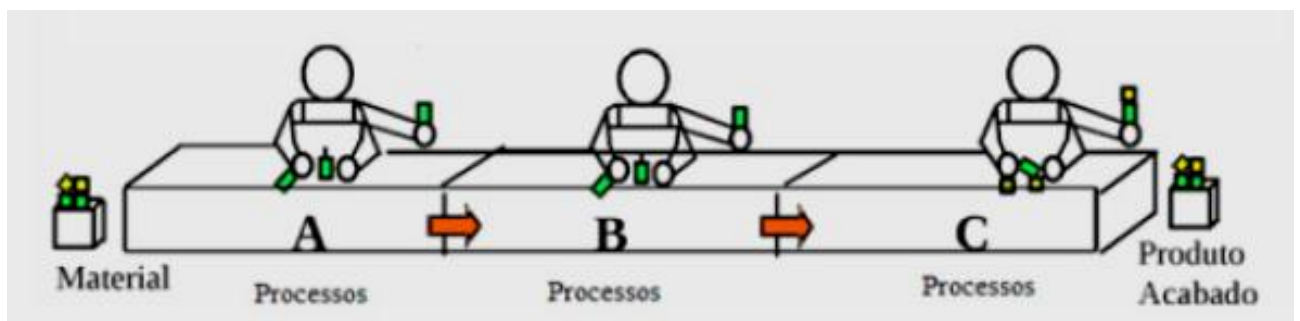


Fonte: elaborada pela autora (2016)

Ao se definir um fluxo linear não se altera a direção do fluxo do produto, mas se pode alterar a eficiência da linha, alterando-se os elementos de trabalho ou quantidade de pessoas envolvidas na linha.

2.3.5.4 FLUXO CONTÍNUO: Womack, Jones (2004) definem que fluxo contínuo, as etapas de produção são organizadas em sequência, o produto passa de uma etapa para a seguinte, sem que entre essas etapas possam ser produzidos pulmões intermediários de produtos acabados, usando uma gama de técnicas genericamente chamada em inglês *one pice flow* (fluxo de uma só peça).

Figura 10 – Fluxo Contínuo



Fonte: Correa (2004)

A figura 10 mostra como se produz e movimentar um item por vez (ou um lote pequeno de itens), para um fluxo contínuo, e como ao longo da linha de

montagem fica uma série de etapas de processos continuamente sendo que cada etapa se realiza apenas o que é exigido pela etapa seguinte. O fluxo contínuo pode ser conseguido de várias maneiras, desde a utilização de linhas de montagem até as células manuais.

Womack e Jones (2004) determinam que para o fluxo contínuo, o trabalho precisa está rigorosamente padronizado e que os funcionários e máquinas tem de aprender a monitorar o próprio trabalho através de uma série de técnicas que pode ser o poka yoke, de forma a impedir que qualquer peça com defeito seja enviada para a próxima etapa de produção. Também definem que o objetivo final do conceito de fluxo é eliminar totalmente as paralisações em todo o processo de produção, e não esperar pela área de projeto. Podendo se utilizar as perguntas:

1. Quais etapas agregam valor?
2. Quais etapas são desperdícios?
3. Por que o fluxo dos pedidos é tão irregular?
4. Por que a qualidade é tão inconstante?
5. Por que as entregas não são pontuais?
6. Como podemos incrementar o valor para o cliente final?
7. Qual o tack time da linha?

Estas perguntas nos auxiliam a enxergar:

1. Estado Futuro 1: Eliminar os desperdícios e simplificar os fluxos de informação.
2. Estado Futuro 2: Introdução de um sistema puxado, nivelado, ciclos de reposição frequentes. (Eliminar armazéns).
3. Estado Ideal: Colocar em um mesmo local todas as atividades de transformacao de matéria prima até produto acabado. (Eliminar transporte e gerenciamento da informacao).

Um último aspecto, o trabalho em cada etapa da linha de produção deve está balanceada com os trabalhos nas outras etapas para que todos estejam trabalhando e seguindo um tempo de ciclo igual ao tempo de seu *takt time*, que definiremos na sequência. Isto permite que se havendo a necessidade em acelerar ou reduzir a produção, o tamanho da equipe pode ser aumentado ou reduzido, embora o ritmo real do esforço físico nunca se modifique. E quando a especificação do produto é modificada, máquinas corretamente ajustadas podem ser acrescentadas ou subtraídas e ajustadas ou redistribuídas para que o fluxo contínuo seja sempre mantido (WOMACK; JONES,2004).

2.3.5 TAKT TIME

Takt time é um termo alemão que significa ritmo. Para Harris e Rother (2008), o *takt time* é a velocidade na qual os clientes solicitam os produtos acabados.

É determinado pela divisão do tempo total disponível de produção por turno, pela necessidade do cliente, conforme equação:

$$\textit{Takt time} = [\text{tempo de trabalho disponível por turno} / \text{demanda do cliente por turno}] (1).$$

Alvarez e Antunes (2008) determinam que o tempo de ciclo ou tempo de trabalho refere-se tanto ao tempo necessário para a fabricação de uma peça em um processo (capacidade), como também o tempo que um operador leva para completar todas as atividades antes de repeti-las. O tempo *takt* é definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para produção. Em um processo lean, o tempo de ciclo sempre será menor que o tempo *takt*.

Com o *takt time* da linha de montagem, aplicar-se-á o balanceamento da linha de montagem ou GBO para melhor equalizar a “performance” de cada posto de trabalho.

2.3.6 GBO

GBO significa Gráfico de Balanceamento de Operações, na Toyota GBO é definido como *yamazumi board*. O *yamazumi board* nada mais é do que um gráfico de barras empilhadas. A palavra "*Yamazumi*" significa "empilhar" em japonês, o objetivo deste gráfico é mostrar os tempos de ciclo e o processo de cada operador, visualizando lado a lado todas as operações, com os elementos de trabalho para cada posto, demonstrando as operações que agregam e não agregam valor ao produto. A linha do *takt time* está presente como referência para a distribuição de tarefas e balanceamento (GOMES, 2008).

Elemento de trabalho pode ser definido como: o menor incremento de trabalho que pode ser transferido para outra pessoa. Sempre divida o trabalho em elementos. Isso ajuda a identificar e eliminar desperdícios que, caso contrário, ficarão escondidos dentro do ciclo total do operador (ROTHER; HARRIS, 2008). Algumas regras básicas são importantes para a obtenção do ciclo perfeito do operador: apresente-se, explique o que esteja fazendo, se toma notas na frente do operador mostre o que esteja fazendo e no final da avaliação e análise do posto agradeça-o pelas contribuições e esclarecimentos do posto e suas atividades. Por Rother e Harris (2008), o GBO é usado para estruturar melhor um Kaizen, devem-se evitar os desperdícios, estes devem ser solucionados antes de finalizar o GBO, citando os três desperdícios mais comuns para serem eliminados:

- 1 - Caminhadas para realização da atividade;
- 2 - Operadores esperando o ciclo da máquina;
- 3 - Tempo para remover peças acabadas das máquinas onde você acredita que poderiam ser retiradas automaticamente.

Ao eliminar todos os tempos desnecessários, tipo, espera caminhada, transporte, etc, obtém-se o tempo real do trabalho com valor agregado. Para novos produtos e/ou processos é recomendável o uso de tempo pré-determinado, porém ao estabilizar o novo processo e/ou produto deve-se avaliar a real condição do trabalho pela cronometragem. Algumas pessoas experientes usam os tempos pré-determinados, porém no início recomenda-se a cronometragem. A figura 10 mostra os elementos de trabalho que compõe o GBO utilizando uma planilha de excell, software comumente usado para GBO.

A tabela 1 está dividida em cinco colunas, a primeira “Nº” mostrará no final quantas atividades terão no total para produzir aquele *Stock Keeping Unit (SKU)* que em significa também Unidade Mantida em Estoque, a segunda são as descrições das atividades, a terceira é o tempo necessário para realizá-las, na quarta coluna, denominada valor, mostra a atividade agrega ou não agrega valor ao cliente [1- VA (agrega valor), 2 – NVAn (não agrega valor mas é necessário) e 3 – NVA (não agrega valor ao cliente)].

Esta é uma forma melhor de realizar o balanceamento de linha que era atribuir as tarefas (elementos de trabalho) aos postos de trabalho de forma a atingir uma taxa de produção (produtividade), de modo que o trabalho fosse dividido igualmente entre os postos. Na filosofia Lean se acrescentou a discriminação das atividades em os que agregam e não agregam valor, fazendo de forma a minimizar os custos e maximizar o uso dos recursos de uma linha de montagem de forma mais conciente. Após a elaboração do GBO no papel, e implantação de tempo suposto de trabalho, eliminando os desperdícios com uso também de dispositivos para aperfeiçoar a atividade, ou seja, com os elementos reais e tempos em mãos, deve-se fazer o diagrama de balanceamento da operação, com a distribuição de trabalho em relação ao *takt time* baseado em dados reais.

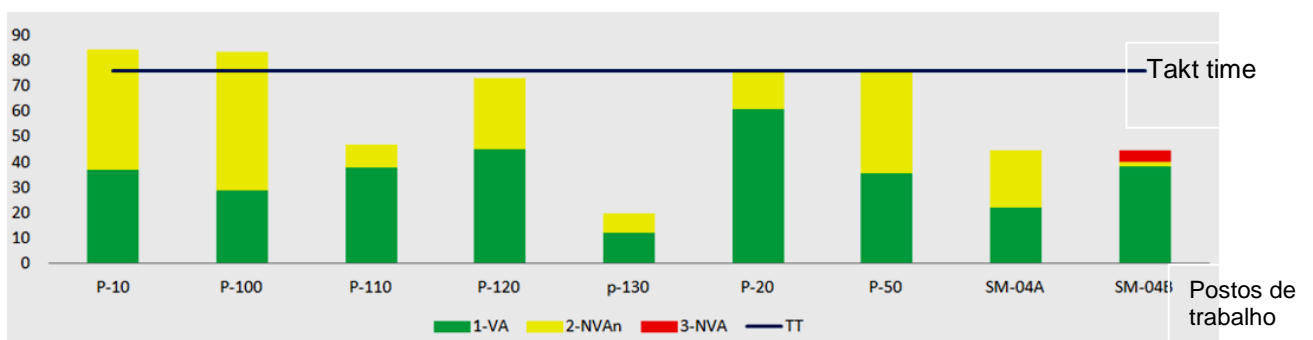
Tabela 1 - Elementos de trabalho do GBO em planilha usando excell

Nº	TF	Atividade	Tempo	Valor	Tipo	Nº	Posto
1	1	Pegar cuba e posicionar no dispositivo.	10 s	2-NVAn	P	10	P-10
2	1	Pegar gaxeta e posicionar na cuba.	18 s	2-NVAn	P	10	P-10
3	1	Posicionar cuba no dispositivo e pressionar a gaxeta.	4 s	1-VA	P	10	P-10
4	1	Retirar cuba do dispositivo e revisar gaxeta se está montada corretamente.	2 s	2-NVAn	P	10	P-10
5	1	Girar a cuba pegar e posicionar duas porcas plásticas.	4 s	1-VA	P	10	P-10
6	1	Pegar cuba e passar para o próximo posto.	2 s	2-NVAn	P	10	P-10
7	1	Pegar cuba e posicionar na bancada.	1 s	2-NVAn	P	10	P-10
8	1	Pegar 2 tampas de exaustão e posicionar na cuba.	7 s	2-NVAn	P	10	P-10
9	1	Pegar dispositivo e pressionar tampas de exaustão na cuba.	3 s	2-NVAn	P	10	P-10
10	1	Fixar as tampas de exaustão com 1 parafuso cada uma.	9 s	1-VA	P	10	P-10
11	1	Girar a cuba.	1 s	2-NVAn	P	10	P-10
12	1	Pegar e posicionar fita metálica na cuba.	7 s	1-VA	P	10	P-10
13	1	Pegar e posicionar etiqueta de atenção no produto.	4 s	1-VA	P	10	P-10
14	1	Pegar e fixar suporte da resistência na cuba.	8 s	1-VA	P	10	P-10
15	1	Pegar produto e posicionar para o próximo posto.	3 s	2-NVAn	P	10	P-10
16	1	Pegar cuba e posicionar na bancada.	2 s	2-NVAn	P	20	P-20

Fonte: elaborado pela autora, 2015

Com os tempos de ciclo de cada posto e o *takt time* da linha definidos, se constrói o GBO na sua forma gráfica de barras empilhadas, como sugere a sua definição da Toyota o *yamazuni board*. No gráfico 1 se mostra através de cores a relevância do ciclo da operação: verde – agrega valor, amarelo – não agrega valor, mas é necessário realizar a atividade (exemplo: testar uma peça antes de montá-la), vermelho – não agrega valor.

Gráfico 1 – Demonstração do GBO



Fonte: elaborado pela autora, 2015

O GBO é uma ferramenta que pode ser usada para desenhar um *layout* de forma mais simples, demonstrando a eliminação de atividades e agregar valor ao processo para uma melhor utilização dos recursos em uma linha de montagem e assim reduzindo e/ou evitando custos.

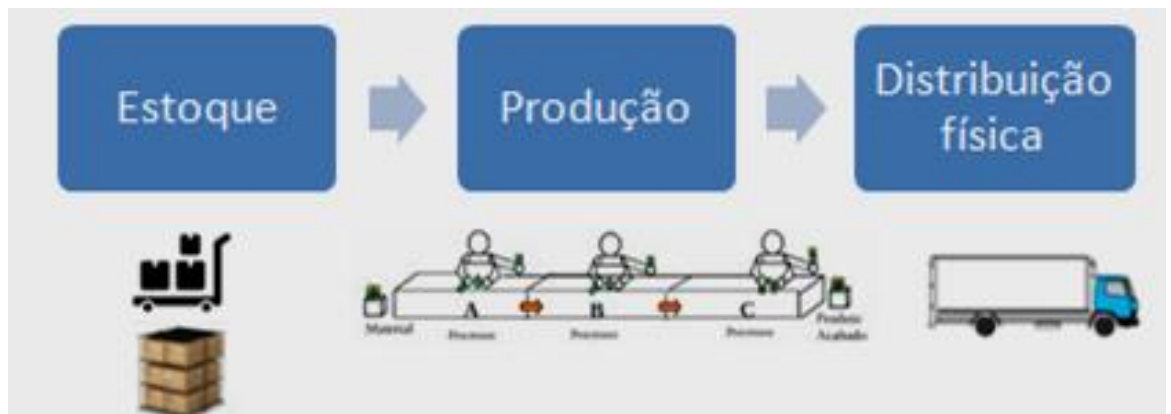
2.4 LINHA DE PALLETS RETORNAVÉIS

Uma linha de montagem pode ser descrita como um espaço físico no qual se desenrola uma sequência de processos ou operações que permitem transformar, pela montagem de diversos componentes, uma matéria-prima ou produto de base num produto final. A inclusão dos diferentes constituintes faz-se ao longo da linha de montagem e a sequência de processos é definida pela distribuição destes pelos postos de trabalho existentes (ALMEIDA, 2014).

Linha antiga de *Pallets* retornáveis em formato de “O” possui as vantagens de controlar o fluxo de produtos, em suas posições, já que são motorizadas e possuem lógicas de programação para as paradas de produtos nas estações de trabalho (posto) e/ou as entradas dos produtos que retornem de alguma atividade de conserto ou reparo (CHWIF, 2004).

A linha de *pallets* retornáveis são linhas com conceitos antigos ao *Lean Manufacturing*, que sugere linhas em fluxos contínuos, definidos no item 2.2.5.4 nas citações de Womack e Jones (2004), onde o início da linha está alinhado com as alimentações diretas do almoxarifado e o final da linha está em direção à distribuição física, onde o produto já embarca em caminhões e vá direto para o cliente, evitando-se estoque (figura 11).

Figura 11 – Linha *Lean*

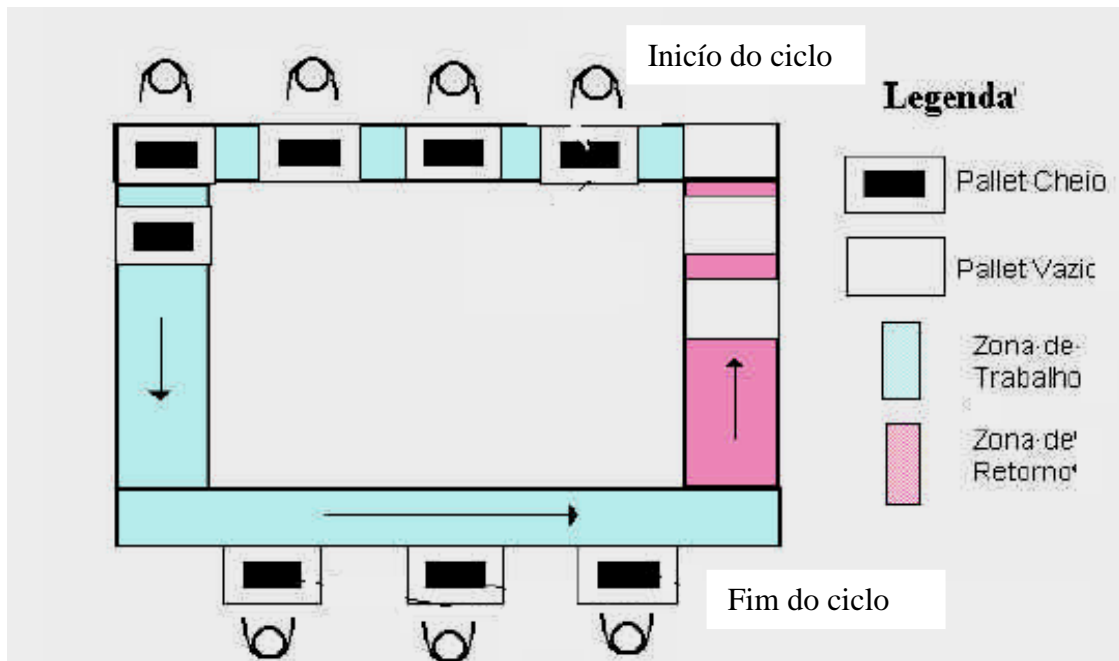


Fonte: elaborado pela autora, 2017

Linhas em conceito *Lean* tem a tendência de serem linhas retas, onde de um lado da linha tem-se os colaboradores montando as peças e na sua frente, do outro lado da linha se tem os *flow racks*. De acordo com Chen et. al (2014), *flow rack* são estruturas feitas com canos especiais, trilhos e rodanas para que peças ou caixas possam delizar e as peças ou caixas fiquem próximas das mãos dos colaboradores das linhas de montagem.

A figura 12 traz uma demonstração da construção física de uma linha de *pallets* retornáveis e descreve algumas estações de trabalho.

Figura 12 – Linha Motorizada em formato “O”



Fonte: Chwif, 2004

Por Chwif (2004) temos que as legendas da figura 12:

- Zona de trabalho: onde estão os postos de trabalho, com seus respectivos colaboradores (operadores) e se tem a montagem de peças para formar o produto;
- Zona de retorno: pallet fica vazio, geralmente neste ponto são retirados os produtos acabados e enviados para distribuição física (ou estoque de produtos acabados), o pallet prossegue na linha vazio até encontrar o posto para reiniciar o seu ciclo de montagem de um produto;
- Início do ciclo: onde se inciar o ciclo de montagem do produto, o *pallet* não fica mais vazio;
- Fim do ciclo: final do ciclo de montagem e onde o produto é retirado do pallet.

Para manter o *takt time* desta linha de montagem um ponto crítico é a quantidade de pallet que devem estar nesta linha, nem poucos pallets, nem muitos pallets, pois isto compromete a entrega da linha de montagem.

2.5 CÁLCULO DE *PALLETS* RETORNAVÉIS

Para determinar a quantidade de *pallets* para uma linha de *layout* “O”, pode utilizar a fórmula (CHWIF, 2004) abaixo que nos trará uma aproximação da quantidade necessária, já que não se leva em consideração a complexidade de uma Linha automatizada.

$$P = l/(c*s) + m$$

Onde:

P = número de *pallets*

l = comprimento do “O” em metros

c = ciclo do produto (*takt time*)

s = velocidade da esteira (m/s)

m = número de postos de trabalho

Determinar a quantidade de *pallets* é diretamente proporcional a produtividade de uma linha, pois *pallets* a menos impactam na entrega da produção tanto quanto *pallets* a mais em uma linha de montagem.

2.6 INDICADORES DE DESEMPENHO

Indicadores são formas de medir o desempenho de um sistema para garantir que o projetado esteja entregando as metas estipuladas. Para responder de forma proativa aos desafios, os tomadores de decisão demandam de informações precisas, atualizadas e acessíveis sobre o desempenho das organizações, a fim de realizar uma gestão ágil e dinâmica (NUDURUPATI, 2011). Deste modo, temos que os indicadores seriam um “norte” para as estratégias operacionais (dentro da manufatura) para melhor desempenho dos recursos internos da fábrica.

Diante de um cenário deste de vários desafios, as empresas se voltam para determinar suas estratégias que podem ser respaldadas, também, por um indicador

chamado OBZ que indentifica potenciais áreas dos custos operacionais para uma redução dos mesmos, tornando o produto e/ou processo mais lucrativo e competitivo no mercado.

O OBZ foi desenvolvido nos anos 70 por Peter Pyhrr e consiste em uma análise detalhada para alocação de recursos, que obriga os gestores a repensarem as atividades e estabelecerem prioridades. É um instrumento voltado para análise de despesas indiretas, administrativas e comerciais. Assevera o autor que o OBZ não se adapta “diretamente a mão de obra direta, ao material direto e algumas despesas gerais diretas associadas a operações de produção” Pyhrr (1981, apud GIMENEZ, BENEDITO E OLIVEIRA, 2013). Em termos práticos, OBZ pode ser feito também como uma divisão e alocação custos por pacotes contábeis. (Ver tabela 2).

Tabela 2 - Divisão dos pacotes por categoria de custos

Conta	Descrição
PACOTE →	Salários e Encargos
PACOTE →	Indiretos Pessoais
PACOTE →	Manutenção
PACOTE →	Utilidades e Energéticos
PACOTE →	Indiretos Processos
PACOTE →	Serviços
PACOTE →	Consultoria e Auditoria
PACOTE →	Viagens e Locomoções
PACOTE →	Aluguéis e Infraestruturas
PACOTE →	Comercial
PACOTE →	Tecnologia
PACOTE →	Seguro e Frotas
PACOTE →	Assuntos Legais
PACOTE →	Telefonia e Sistemas
PACOTE →	Recuperação de Custo
PACOTE →	Transferências
PACOTE →	Depreciação

Fonte: elaborado pela autora, 2004

2.6.1.1 PADRÕES DE DESEMPENHO

Por Leme (2016), o planejamento engloba a definição dos objetivos organizacionais e o controle atua de forma a monitorar se os objetivos estão sendo realizados. Neste

sentido a melhoria do desempenho organizacional está condicionada a um sistema de controle capaz de detectar possíveis desvios e corrigi-los adequadamente. O Controle pode ser descrito como um processo sistemático de geração de informações sobre a execução das atividades no ambiente organizacional, de forma a garantir que elas estão alinhadas à missão e aos objetivos do planejamento estratégico (LEME, 2016).

Neste contexto de garantir que todos os processos e subprocesso atinjam as metas pretendidas, proporcionando um controle em cada etapa, algumas empresas empregam o *dashboard*. Para Barth, 2007, o *dashboard* ou “painel” do desempenho deve ser objetivo, simples, pró-ativo e de fácil compreensão para os interessados, também fornecer informações relevantes, confiáveis e em tempo (figura 13).

Para se mostra os dados da figura do gráfico 2, precisamos que a estrutura do *dashboard* tenha uma base simiular da figura 13:

- Arquivo mãe: onde todas as planilhas em excell converge para uma única planilha de excell;

- Nível 1: - informações em tempo real (planilhas em preenchimento com os indicadores);

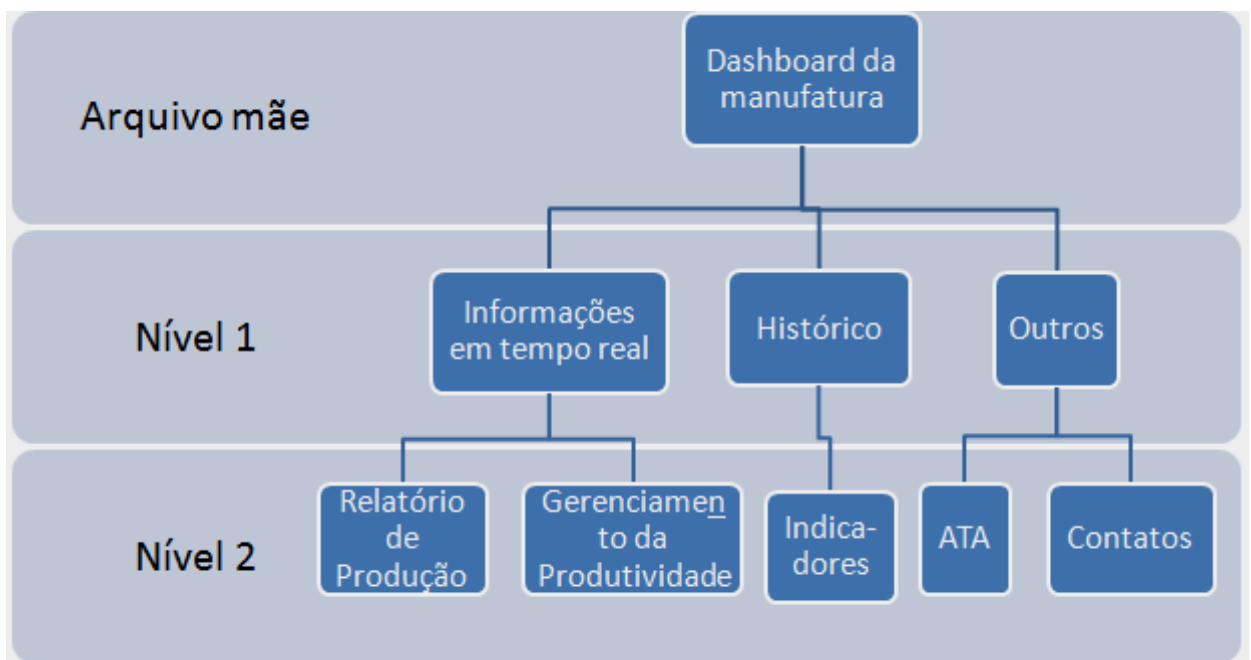
 - Histórico: guardam os históricos dos anos anteriores;

 - Outros: informações anotadas ou *Kaizens* realizados.

- Nível 2: - relatório de produção: preenchendo a planilha similar a figura 17 que traz as informações sobre produtividade da linha de montagem:

- Gerenciamento da produtividade: traz os principais gráficos de produtividade em nível gerencial;
- Indicadores: traz gráficos com nível de detalhes para as reuniões operacionais;
- Ata: guarda todas as atas relativas às reuniões de alinhamento de avaliação dos indicadores, podendo ou não ser iniciado um *Kaizen* para melhorias dos indicadores;
- Contatos: principais contatos para acionamento em cada indicador ou mesmo dúvidas com relação ao *dashboard*.

Figura 13 - Estrutura analítica do *dashboard*

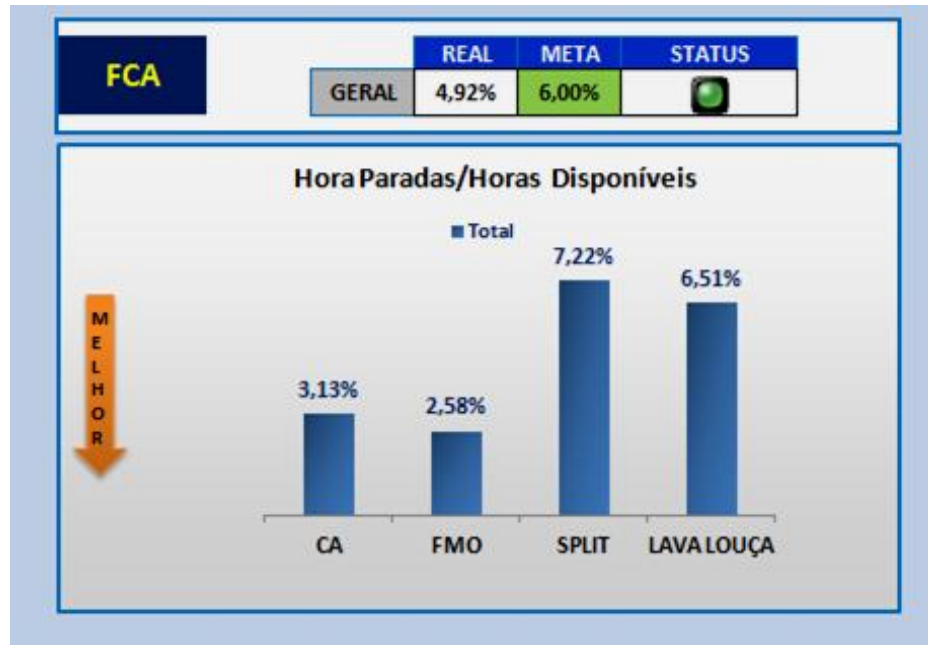


Fonte: elaborado pela autora, 2004

O acompanhamento de um indicador demonstra também se os indicadores estão atingindo as metas e se estas metas são factíveis. Ao longo do tempo, estes indicadores serão o histórico para a determinação do próximo patamar da meta, a ser mantida ou reduzida. Depois do processamento de todas as etapas da figura 13, tem-se os gráficos demonstrados nos gráficos 2 FCA-significa Fato-Causa-Ação, gráfico 3 FPY-significa *First Pass Yield* e gráfico 4- Produtividade são indicadores

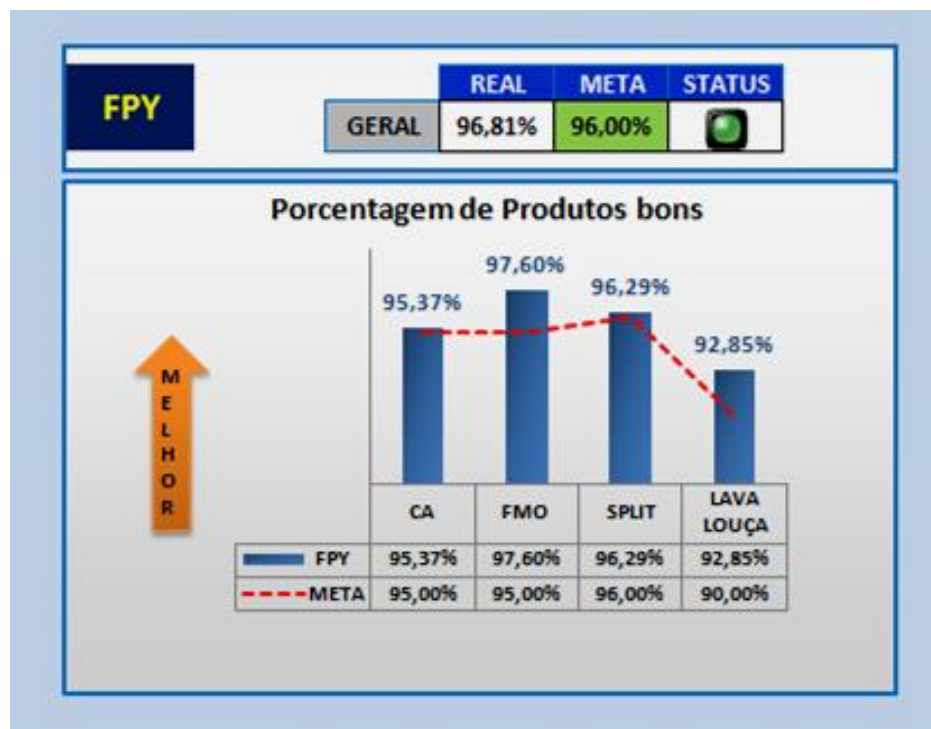
que impactam na produtividade da linha de montagem. Estes indicadores dos gráficos 2, 3 e 4 serão detalhados no capítulo 3.

Gráfico 2 – Dashboard (FCA)



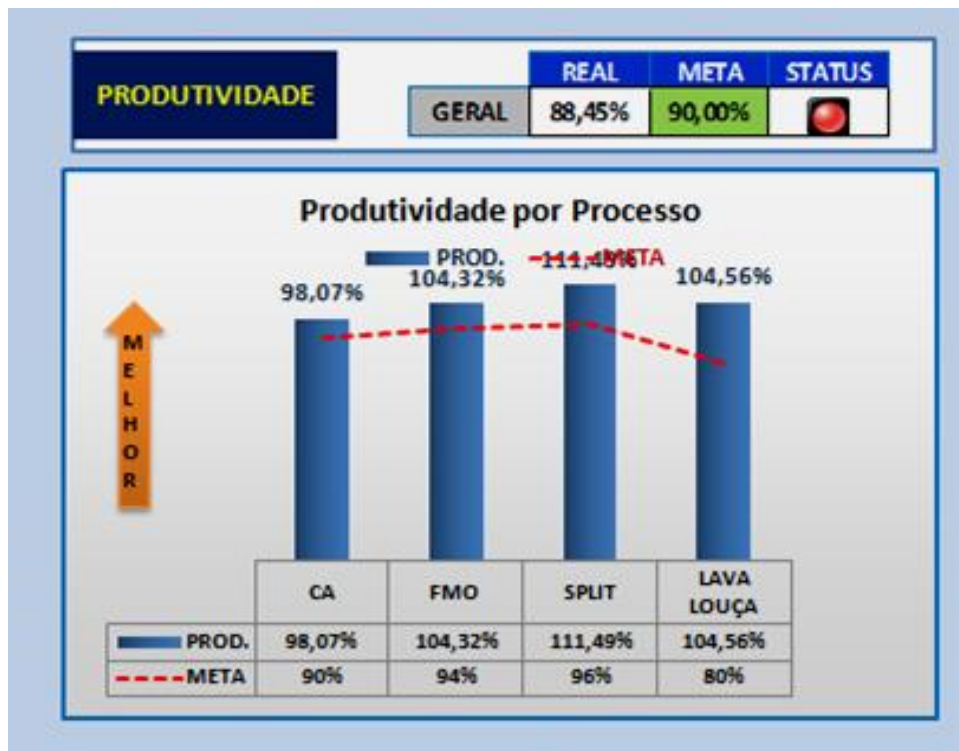
Fonte: elaborado pela autora, 2004

Gráfico 3 - Dashboard (FPY)



Fonte: elaborado pela autora, 2004

Gráfico 4 - Dashboard (Produtividade)



Fonte: elaborado pela autora, 2004

Neste caso, esses indicadores também alimentam ações dentro de empresas que aplicam as metodologias *Lean* e *Seis Sigmas*, os dados são analisados de forma a identificar onde se deve focar para aplicar melhorias e reduzir defeitos de forma a tornar o sistema mais robusto para variações em seus processos e eficiente.

Desse histórico de 2004 dos indicadores demonstrados, para o condicionador de ar, tipo janela, aqui denominado de CA, temos que:

- Fato-Causa-Ação (FCA) estava 3,13%, portanto melhor 2,87% com relação a meta de 6%. Este indicador FCA é uma justificativa porquê se teve uma parada ou variação no ritmo de montagem da linha;

- *First Pass Yield* (FPY), que em português Fazer Bem da Primeira Vez, estava 95,37% pior 0,63% com relação a meta de 96%;

- Produtividade 98,07% portanto melhor 8,07% com relação a meta de 90%.

Por este histórico tem-se que o FPY por tratar de qualidade de montagem, quantifica sempre o primeiro produto que passa bom (estes conceitos serão abordados com detalhes no capítulo 3).

Já se tinha o indicativo de trabalhos em melhoria de qualidade dos produtos manufaturados nas linhas de montagem.

2.7 MELHORIA CONTÍNUA

De acordo com Pande et al. (2000), esta é uma definição de *Seis Sigma*: sistema amplo e flexível para alcance, sustentação e maximização do sucesso do negócio. *Seis Sigma* é unicamente orientado pelo bom entendimento dos requisitos dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas, e pela atenção diligente ao gerenciamento, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.

O *Seis Sigma* trabalha, também, a parte de qualidade do processo, para o atingimento máximo de 3.4 defeitos por milhão de unidades produzidas, com a redução das variações do processo, tornando o mais previsível possível (MORO e DE PÁDUA, 2008).

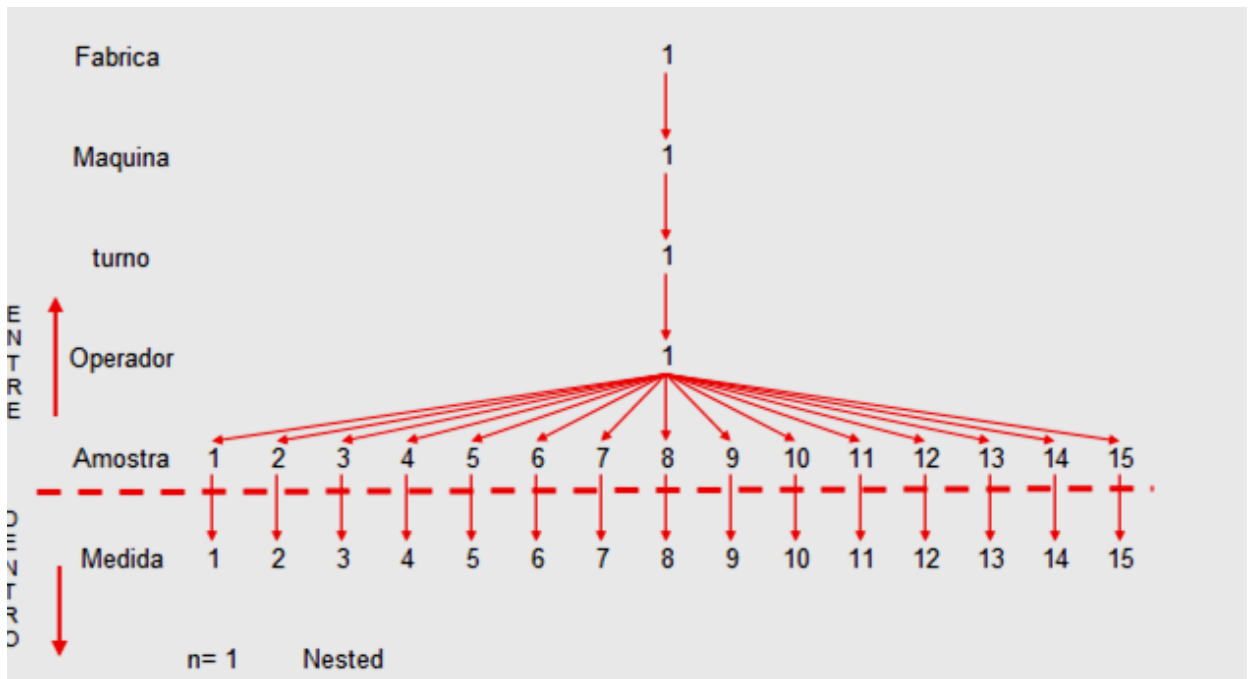
A aplicação do *Seis Sigma*, no Brasil, segundo Rosenberg (1999, APUD TRAD, 2009), “a pioneira na implementação do *Seis Sigma* com tecnologia nacional foi o Grupo Brasmotor que, em 1999, obteve mais de 20 milhões de reais de retorno, a partir dos projetos *Seis Sigma*”.

Dentro da aplicação da metodologia *Seis Sigma*, desta multinacional, desenvolveu-se uma planilha em excell se demonstra uma árvore de amostragem como da figura 14.

Essa árvore de amostragem tem como estratégia de demonstrar como são coletadas as amostras, neste método demonstra como e quantas amostras foram avaliadas, em que condições foram coletadas (fábrica, máquina, turno e operador) e

quantas vezes foram medidas de forma que garantam a menor variação, nas medições que serão avaliadas como a entrega do processo de soldagem.

Figura 14 - Demonstração de uma estratégia para coleta de peças



Fonte: elaborado pela autora, 2015

Werkema (2012) afirma que a integração das duas metodologias (*Lean* e *Seis Sigma*) é natural, de modo que a empresa usufrui dos pontos fortes de ambas estratégias. O *Lean Manufacturing* não conta com um método estruturado e profundo de solução de problemas e com ferramentas estatísticas para lidar com a variabilidade, da mesma forma que o *Seis Sigma* não enfatiza a melhoria da velocidade dos processos e a redução do lead time, complementando-se um ao outro, como exemplifica a autora. O *Lean Seis Sigma* é a conjugação entre os elementos de Produção da Metodologia *Lean Manufacturing* com as ferramentas *Seis Sigma*.

A combinação do *Lean* com o *Seis Sigmas*, na forma de *Kaizen* de Variação (*Kaizen* na linguagem *Lean* significa mudança para melhor e variação na linguagem Sigma significa fatores críticos que devem ser controlados para encontrar a menor variação possível) traz o benefício de duas metodologias que ajudam as empresas a

atingirem qualidade superior de uma maneira rápida, eficiente, se tornando uma cultura dentro das empresas que aplicam as metodologias conjugadas.

Por Werkema (2012), os objetivos do *Lean Seis Sigma* são:

- Criar processos robustos e eficientes, com a utilização de dados estatísticos, melhorando o desempenho da produção;
- Reduzir variações no processo, reduzir tempos de processamento, alimentação da linha de montagem ou processo, assim reduz custos operacionais e aumenta a receita;
- Eliminar movimentações ou processos desnecessários;
- Eliminar gargalos, quando possível.

O *Lean Seis Sigma* é descrito como uma metodologia de melhoria contínua (SNEE, 2010; SALAH, RAHIM e CARRETERO, 2010) que visa reduzir desperdícios, aumentar o desempenho do processo, resultando em maior satisfação de clientes e acionistas.

Para Ohno (2005), a Engenharia de Produção lucrativa tem por foco a obtenção de resultados econômico-financeiros sólidos e sustentados ao longo do tempo, que estas ferramentas se mostram as mais efetivas em conhecer e reduzir as variações no processo de forma a manter ao longo do tempo as melhorias aplicadas ao processo por métodos bem estruturados.

As ferramentas explanadas no capítulo 2 são as comumente usadas por empresas da linha branca que são *benchmarking* nas filosofias *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma*.

Tem como filosofia o alcance de suas metas através de um processo robusto que mantenha as metas sem variações e previsíveis ao longo do tempo.

Foram demonstradas as principais ferramentas utilizadas neste estudo de caso que se aplicaram na linha de montagem de condicionadores de ar tipo janela.

3 METODOLOGIA

A metodologia, em um nível aplicado, examina, descreve e avaliam métodos e técnicas de pesquisa que possibilitam a coleta e o processamento de informações, visando ao encaminhamento e à resolução de problemas e/ou questões de investigação (PRODANOV, 2013).

Nessa seção, apresentamos o tipo da pesquisa, sua estrutura na coleta de dados, seus procedimentos, as ferramentas utilizadas do *Lean* e *Seis Sigma* e *softwares* utilizados para análises quantitativas dos dados.

3.1 FUNDAMENTAÇÃO

Este trabalho de dissertação se utilizou da metodologia de um estudo de caso, de método científico, de natureza aplicada em processo de montagem, com objetivos exploratórios e procedimento experimental. Aplicada em uma empresa multinacional da linha branca do Pólo Industrial de Manaus (PIM).

Prodanov (2013) descreve a classificação das pesquisas quanto a abordagem do problema, sua natureza, objetivos e procedimentos, dos quais serão detalhados na sequência.

3.2 QUANTO A ABORDAGEM DO PROBLEMA

Esta dissertação é uma pesquisa quantitativa e qualitativa. Os resultados podem ser quantificados, visto que em um dado momento poderão ser avaliados com o Software chamado Jumper para uma entrega de qualidade nas especificações do produto.

Pesquisa quantativa: considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-

las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc.) (PRODANOV, 2013).

Para Prodanov (2013), uma pesquisa qualitativa considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. Isto se traduz nas questões de hipóteses a serem testadas, onde o pesquisador conforme suas crenças e conhecimentos técnicos defini que estas hipóteses podem ocorrer no mundo real, sendo que essas hipóteses podem ser validadas ou não de acordo com as análises dos dados quantitativos, que veremos na tabela 3.

3.3 QUANTO A NATUREZA

É uma pesquisa aplicada, pois gera conhecimentos a partir de aplicações práticas, dirigidos à solução de problemas específicos (PRODANOV, 2013). Esta dissertação procurou avaliar as soluções aplicadas no estudo de caso realizado em uma linha de montagem de produtos, podendo ser considerado um *benchmarking* para replicação em outros ramos da indústria de produtos da linha branca, que empregue melhorias em produtividade e processo de soldagem.

3.4 QUANTO AOS OBJETIVOS

É uma pesquisa experimental, para Prodanov (2013) classifica como: pesquisa experimental que pretende demonstrar o modo ou as causas pelas quais um fato é produzido, onde foi aplicado o *Seis Sigma* que proporcionam avaliar os dados por meio de técnicas estatísticas para determinar as variáveis respostas para o processo.

3.5 QUANTO AOS PROCEDIMENTOS

É um estudo experimental que avalia através de um estudo de caso, as técnicas aplicadas para a melhoria de produtividade em uma linha de montagem. Segundo Matias-Pereira (2012) é comum o pesquisador fazer uso de mais de um dos métodos científicos em uma mesma pesquisa, afinal estes não são mutuamente excludentes.

Pesquisa experimental: quando determinamos um objeto de estudo, selecionamos as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definimos as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Outro aspecto importante é a diferença entre pesquisa experimental e pesquisa de laboratório. Embora o experimento predomine no laboratório, é possível utilizá-lo também nas ciências humanas e sociais. Nesse caso, o pesquisador faz seu experimento em campo (PRODANOV, 2013).

Por Gil (2010) define que o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou mais objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. O objeto desta dissertação é o estudo de caso da aplicação conjunta do *Lean* e Seis Sigma na melhoria da produtividade de uma linha de montagem: condicionador de ar tipo janela. Por onde se consegue avaliar os dados gerados de forma quantitativa em softwares que lhes mostra a interpretação dos fatos por uma análise estatística e determinando as variáveis respostas para o processo que melhor entregam a performance de produtividade.

Também se adotou uma pesquisa bibliográfica, que Prodanov (2013) define este tipo de pesquisa se fundamenta das contribuições de vários autores sobre determinado assunto. Assim, as bases teóricas ajudam nas validações ou não das hipóteses geradas pelos objetivos da dissertação.

3.6 OBJETO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi desenvolvida dentro da multinacional do Pólo Industrial de Manaus (PIM), caracterizada no item 3.7. Em uma linha de montagem de produtos de condicionador de ar, tipo janela. Aplicou as ferramentas de *Lean Manufacturing* (GBO, Layouts, etc.) e *Seis Sigma* (árvore de amostragem, COV, etc), alinhado com a meta de aumento de produtividade, saindo de 110 produtos/hora para 120 produtos/hora.

3.7 EMPRESA

É uma indústria multinacional de linha branca (eletroeletrônico) do Pólo Industrial de Manaus (PIM). Este polo é um modelo de desenvolvimento econômico implantado pelo governo brasileiro, com o objetivo de viabilizar uma base econômica para a Amazônia promovendo integração produtiva, social e garantido a soberania nacional sobre as fronteiras. Compreende três polos econômicos: comercial, industrial e agropecuário, entre esses três polos o industrial é o mais forte, possuindo 600 indústrias de alta tecnologia, com mais de meio milhão de empregos (diretos e indiretos). Os principais segmentos são eletroeletrônicas, duas rodas e químico (SUFRAMA, 2016). Esta empresa possui três filiais no Brasil, localizadas em Joinville, Rio Claro e Manaus. Manufatura os produtos da linha branca: refrigeradores, máquinas de lavar roupa, fogões, máquinas de lavar louça, fornos de microondas e condicionadores de ar.

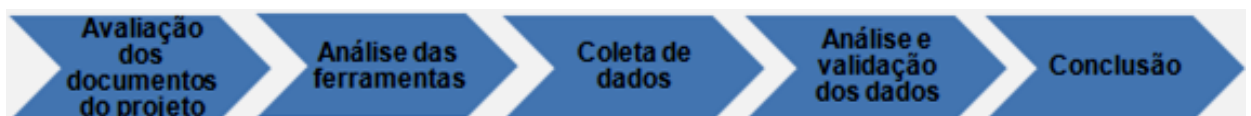
Estas empresas são bem estruturadas de forma padronizada, com o conceito de que atividades realizadas no Brasil, sejam as mesmas realizadas em suas fábricas ao redor do mundo, possui esta conexão da necessidade de disseminar os conceitos *Lean* e *Seis Sigmas*, seus engenheiros de processo são envolvidos nestas filosofias para que sejam conhecedores do dia-a-dia das operações e de que possam aplicar os métodos necessários em busca de um processo melhor, coerente, *lean*, robusto e lucrativo.

O departamento desta pesquisa, do estudo de caso foi a engenharia de processo da filial de Manaus, que manufatura os produtos: lava louça, fornos de microondas, condicionadores de ar tipo *split* e janela. Para este estudo de caso foi delimitado na linha de montagem dos produtos condicionadores de ar tipo janela.

3.8 PROCEDIMENTOS

Os procedimentos para esta dissertação seguiram as etapas demonstradas na figura 15.

Figura 15 - Etapas da dissertação



Fonte: elaborado pela autora, 2017

Da figura 15, temos:

- Etapa Avaliação dos documentos do projeto:

Identificar e avaliar os indicadores que serviram para justificativa do projeto;

Avaliar em que nível estes indicadores estavam (dentro ou fora da meta).

- Análise das ferramentas:

Avaliar a aplicação das principais ferramentas e *softwares* usados no estudo de caso.

- Coleta de dados:

Pesquisas bibliográficas;

Avaliação dos métodos aplicados com o uso das ferramentas: GBO, *layout*, COVs e outras.

- Análise e validação dos dados:

Avaliação dos gráficos gerados pelos *softwares* e planilhas em *excell* versus os objetivos e metas da dissertação.

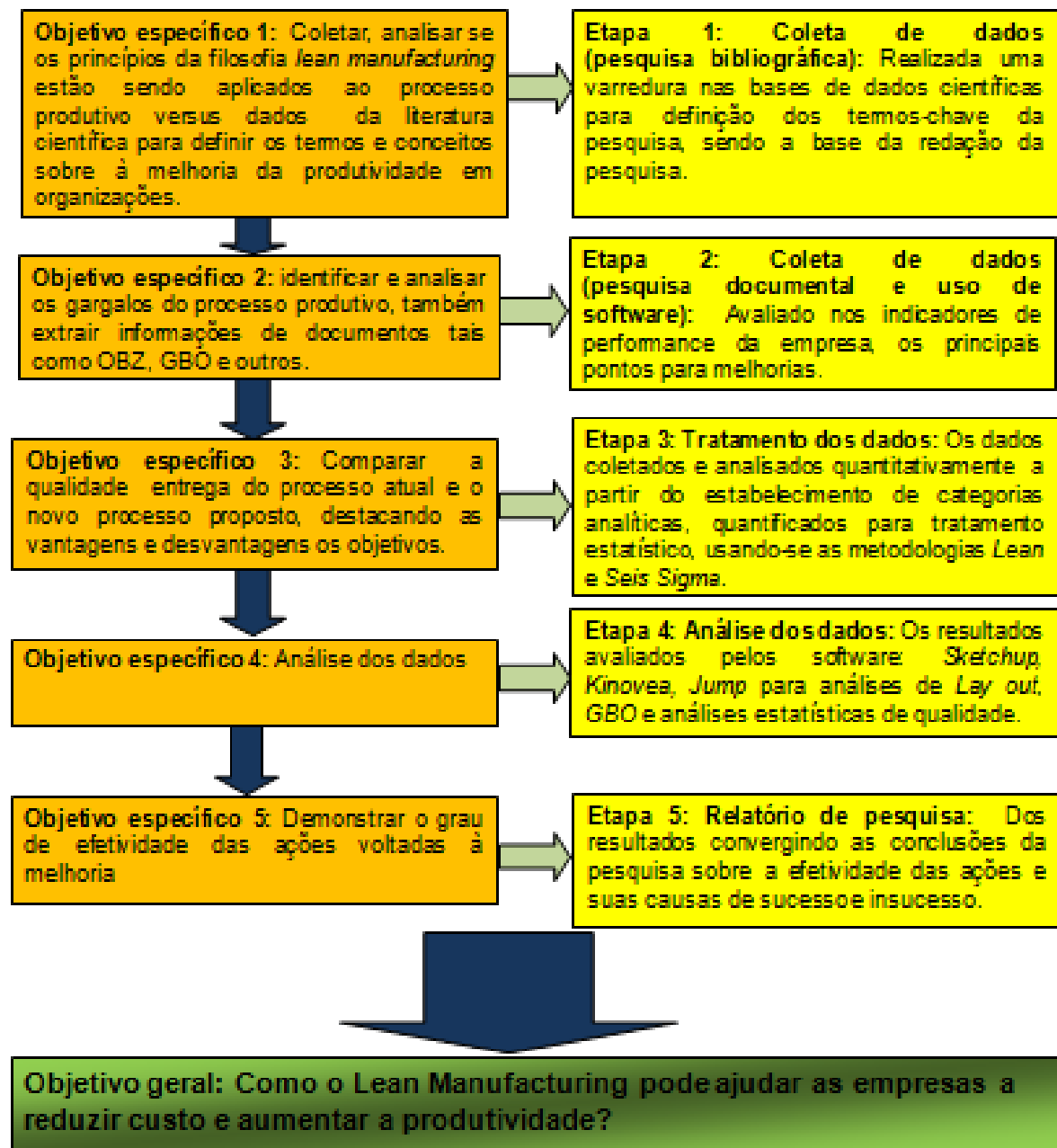
- Conclusão:

Avaliação final da dissertação;

Propostas de trabalhos futuros.

Para uma visão mais detalhada das etapas realizadas em todas as análises da dissertação é demonstrada na figura 16.

Figura 16 - Etapas detalhadas da dissertação



Fonte: elaborado pela autora, 2017

3.9 COLETA DE DADOS

Dos indicadores avaliados, a produtividade tem como meta o atingimento de 90% (figura 25) do que é programado em termos de produtos a serem produzidos. Os 10% seriam considerados perdas do processo (falta de abastecimento, faltam de energia, máquinas em manutenção, etc.). Nos termos *Lean Manufacturing*, produtividade é fazer certa a primeira vez, ou realizar o atendimento de uma produção dentro do tempo que o mercado espera (*takt time*).

3.9.1 CÁLCULO E GRÁFICO DA PRODUTIVIDADE

Segue as principais partes da planilha de excell onde foram gerados os principais gráficos avaliados por esta dissertação. Para cada coluna da figura 17, temos:

Em “Dados de Produção” são dados preenchidos pelas linhas de montagem, conforme o plano de produção emitido pelo Planejamento do Controle de Produção (PCP):

- Volume programado (p1): volume solicitado pelo PCP;
- Número produtos real (p2): produtos feitos na linha de montagem;
- Padrão programado (p3): padrão de linha (*takt time*);
- Padrão 96% (arquivo em PDF emitido pelo PCP): padrão de produção pelo PCP, usando somente 96% do *takt time*;
- Horário início: horário que iniciou a produção;
- Horário término: horário que finalizou a produção;
- Parada / Variação: Parada é o tempo em horas de linha parada. Variação é a quantidade de produtos “não produzidos” vezes o tempo disponível.

Na figura 18, as colunas em “Cálculos de Produtividade” são fórmulas calculadas que levam em consideração as colunas de “Dados de Produção” para que verifique se atingiu a meta de produção estabelecida por PCP ou se houve

perdas quando comparadas as abas de “Cálculos de Produtividade” e “Dados de Produção”.

Figura 17 - Planilha em excell com “Dados de Produção” preenchida

DADOS DE PRODUÇÃO						
VOLUME PROGRAMADO (p1)	Nº PRODUTOS REAL (p2)	PADRÃO PROGRAMADO (p3)	PADRÃO 96% (PDF PCPM)	HORÁRIO INÍCIO	HORÁRIO TÉRMINO	PARADA / VARIAÇÃO
126	50	70	63	7:00	8:00	Variação
	56	70	63	8:00	9:00	Variação
660	0	0	0	9:00	9:10	
	82	91	82	9:10	10:00	
	0	0	0	10:00	10:10	
	70	91	82	10:10	11:00	Variação
	80	110	99	11:00	12:00	Variação
	100	110	99	13:00	14:00	
	83	110	99	14:00	15:00	Variação
	90	110	99	15:00	16:00	Variação
	94	105	94	16:00	16:57	
0	3	3	3	16:57	16:59	
0	2	2	2	16:59	17:00	

Fonte: elaborado pela autora, 2016

- Hora produtiva (h1) = (produtos produzidos – padrão para produzir) vezes 100%;
- Hora disponível = hora final – hora inicial;
- Paradas (h3) = horas paradas da linha de montagem;
- Variações = produtos perdidos vezes a hora;

- Produtividade horária (Vol Prod / Vol Progr) = volumen produzido dividido por volume programado;

- H. ganhas com produtividade = quantidade de produtos feitos a mais do que o padrão dividido pelas horas disponível.

Com base nestes dados, temos que o cálculo da produtividade é:

Produtividade = ((H. Produtiva (h1)) + H.ganhas com produtividade) dividida por H.disponível (h2).

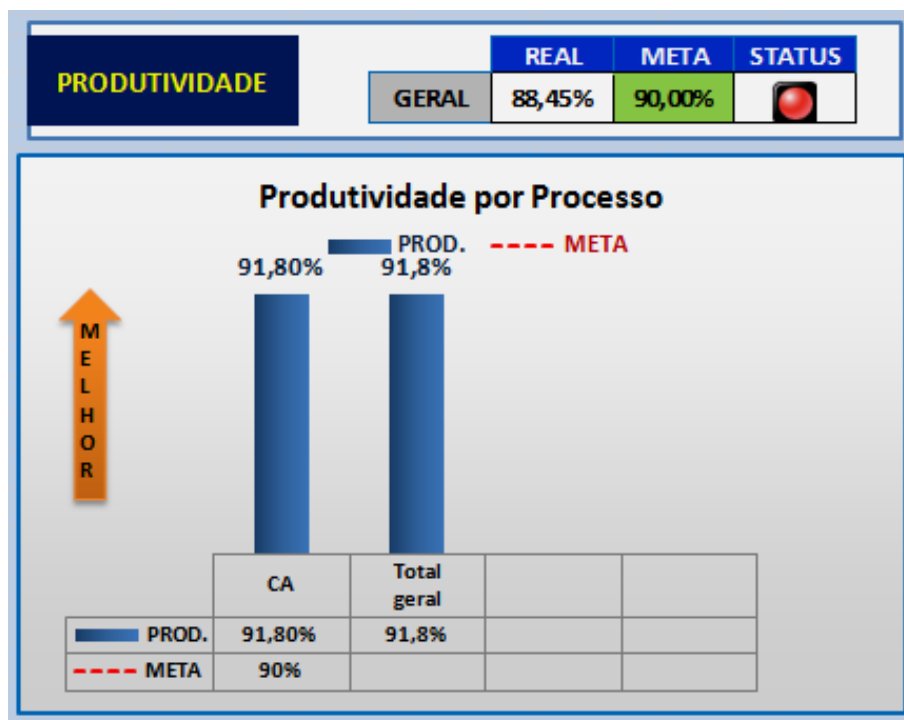
Figura 18 - Planilha em excell com “Cálculos de Produtividade” preenchida

CÁLCULOS DE PRODUTIVIDADE					
H. PRODUTIVA (h1)	H. DISPONÍVEL (h2)	PARADAS (h3)	VARIAÇÕES (h4)	PRODUTIVIDADE HORÁRIA (VOL PROD / VOL PROGR)	H. GANHAS COM PRODUTIVIDADE
0,71	1,00		0,29	71%	0,00
0,80	1,00		0,20	80%	0,00
0,00	0,00			0	0,00
0,75	0,83			90%	0,00
0,00	0,00			0	0,00
0,64	0,83		0,19	77%	0,00
0,73	1,00		0,27	73%	0,00
0,91	1,00			91%	0,00
0,75	1,00		0,25	75%	0,00
0,82	1,00		0,18	82%	0,00
0,85	0,95			90%	0,00
0,03	0,03			100%	0,00
0,02	0,02			100%	0,00
0,91	1,00			91%	0,00
0,82	1,00		0,18	82%	0,00
0,75	0,83			90%	0,00

Com base nestes dados, o sistema gera o gráfico 5, que é a forma mostrada nos dashboard e se avaliam o indicador de produtividade. Desta figura tem-se:

- Geral: informação geral da produtividade, dividido em:
 - Real: valor real da produtividade, no horário pesquisado é mostrado em percentual;
 - Meta: a meta de produtividade;
 - Status: símbolo utilizando as cores em farol para informar se está Ok, ficará verde, se ruim ficará vermelho.
- Nas barras azuis:
 - CA: significa Condicionar de Ar, tipo Janela. Esta barra traz o acumulado dos dias;
 - Total Geral: mostra o valor acumulado no mês.
- O tracejado vermelho: a meta estipulada para a produtividade.
- A seta laranja: informa quanto maior estiver o indicador, melhor para a produtividade.

Gráfico 5 - Produtividade



Fonte: elaborado pela autora, 2016

No caso analisado, foi rodado o sistema da figura 18 e apurado que a produtividade de forma geral estava abaixo da meta de 90% em seu acumulado.

3.9.2 CÁLCULOS E GRÁFICOS FCA

O indicador de FCA significa Fato-Causa-Ação é uma forma que a empresa adotou para registrar e demonstrar os impactos negativos na produtividade. Na figura 18 precisa que as colunas “Paradas” e “Variações” sejam preenchidas na planilha em excell, estes dados são usados para o cálculo do FCA:

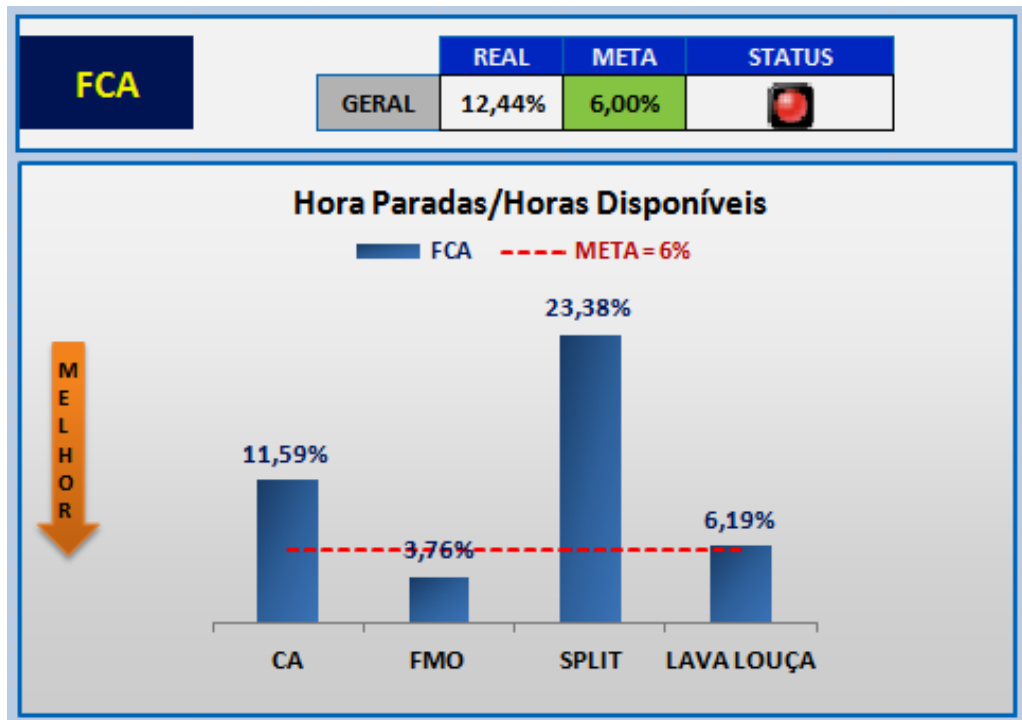
$$\text{FCA} = (\text{Paradas (h3)}) + (\text{Variações (h4)}) \text{ dividido por H.disponível (h2)}.$$

Com base nestes dados, o sistema gera o gráfico 6, que é a forma mostrada nos dashboard e se avaliam o indicador de FCA. Desta figura tem-se:

- Geral: informação geral da produtividade, dividido em:
 - Real: valor real da produtividade, no horário pesquisado é mostrado em percentual;
 - Meta: a meta de produtividade;
 - Status: símbolo utilizando as cores em farol para informar se está Ok, ficará verde, se ruim ficará vermelho.
- Nas barras azuis traz o acumulado dos dias:
 - CA: significa Condicionar de Ar, tipo Janela;
 - FMO: significa Forno de Microondas;
 - *Split*: significa Condicionar de Ar, tipo *Split*;
 - Lava Louça: significa Lava Louça.
- O tracejado vermelho: a meta estipulada para a produtividade.

- A seta laranja: informa quanto menor estiver o indicador, melhor para o indicador FCA (significa menor impacto na entrega da linha de montagem).

Gráfico 6 – FCA por categoria de produtos



Fonte: elaborado pela autora, 2016

No caso analisado, foi rodado o sistema da figura 18 e apurado que o FCA estava acima da meta impactando de forma negativa a produtividade da linha de montagem, ficando acima da linha vermelha tracejada da meta, visto no gráfico 4, onde o Condicionador de Ar (CA) objeto desta dissertação está com a barra no valor de 11,59%, ou seja 5,59% acima da meta de 6%.

3.9.3 CÁLCULOS E GRÁFICOS *FPY*

O *First Pass Yield* é um indicador de qualidade, significa Feito certo na primeira vez. Foi criado pela empresa deste estudo de caso, este indicador tem o objeto de informar quantos produtos foram reoperados, motivo e se estas reoperações impactaram na produtividade da linha de montagem.

O *FPY* utiliza para cálculo a coluna “Defeitos por hora” da planilha em excell, da figura 19, e somente se preenche esta planilha com o número de defeitos que se registra naquele horário de produção, caso não tenha nenhum defeito, deve-se colocar zero para que a fórmula valide um número. A fórmula do *FPY* é: $FPY = 1 - (\text{Defeitos por hora} / \text{Número de produtos real (p2)})$.

Figura 19 - *FPY*

FPY	
DEFEITOS POR HORA	FPY - (%)
4	92%
6	89%
0	0%
5	94%
0	0%
2	97%
5	94%
3	97%
5	94%
5	94%
4	96%
0	100%
0	100%
5	95%

Fonte: elaborado pela autora, 2016

Com base nestes dados, o sistema gera o gráfico 7, que é a forma mostrada nos dashboard e se avaliam o indicador de *FPY*. Desta figura tem-se:

- Geral: informação geral da produtividade, dividido em:
 - Real: valor real da produtividade, no horário pesquisado é mostrado em percentual;
 - Meta: a meta de produtividade;
 - Status: símbolo utilizando as cores em farol para informar se está Ok, ficará verde, se ruim ficará vermelho.

- Nas barras azuis traz o acumulado dos dias:
 - CA: significa Condicionar de Ar, tipo Janela;
 - FMO: significa Forno de Microondas;
 - *Split*: significa Condicionar de Ar, tipo *Split*;
 - Lava Louça: significa Lava Louça.
 - YTD: sigla em inglês para *Yield To Do* significa acumulado do ano.

- O tracejado vermelho: a meta estipulada para a produtividade.

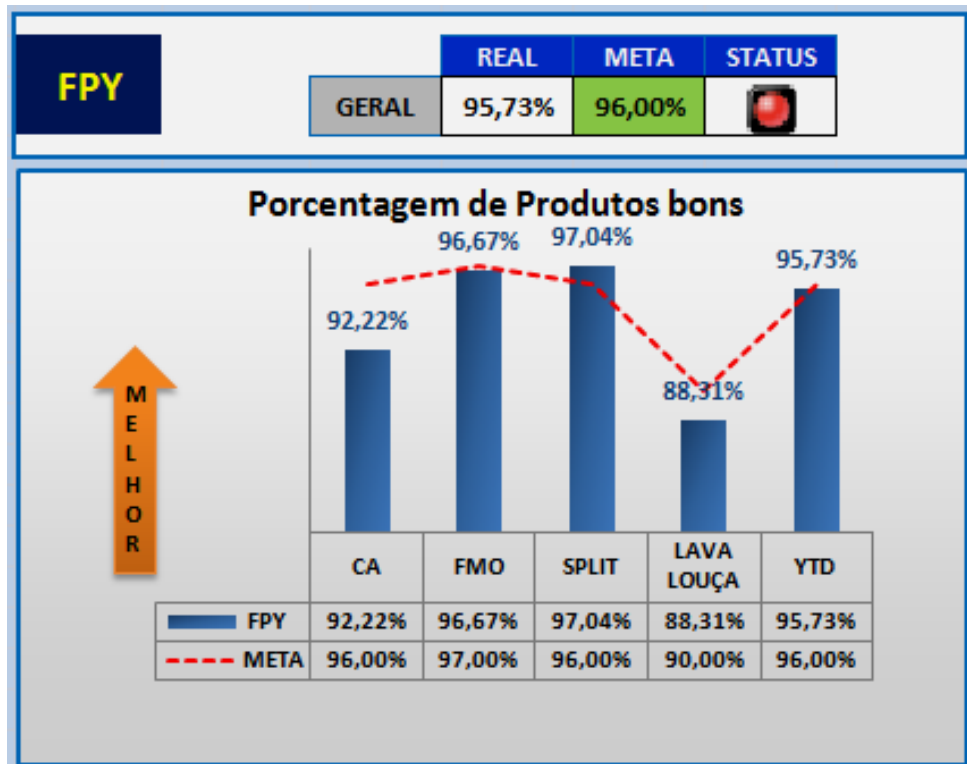
- A seta laranja: informa quanto maior estiver o indicador, melhor para o indicador *FPY* (significa que houve pouco ou nenhum problema nos produtos manufaturados na linha de montagem, ou seja, que não houve retrabalho em produtos).

No caso analisado, foi rodado o sistema e apurado que o Condicionador de Ar, tipo janela (CA) possui a pior meta em *FPY*, estando com 92,22%, ou seja,

3,78% menor que a meta de 96%, que de acordo com a seta laranja (melhor) o indicador tem que está igual ou maior do que 96%.

O gráfico 7 demonstra todas as plataformas produzidas nesta empresa do PIM, sendo que o objeto de estudo desta dissertação é o condicionador de ar, tipo janela, denominado no gráfico 7 de CA.

Gráfico 7 – FPY



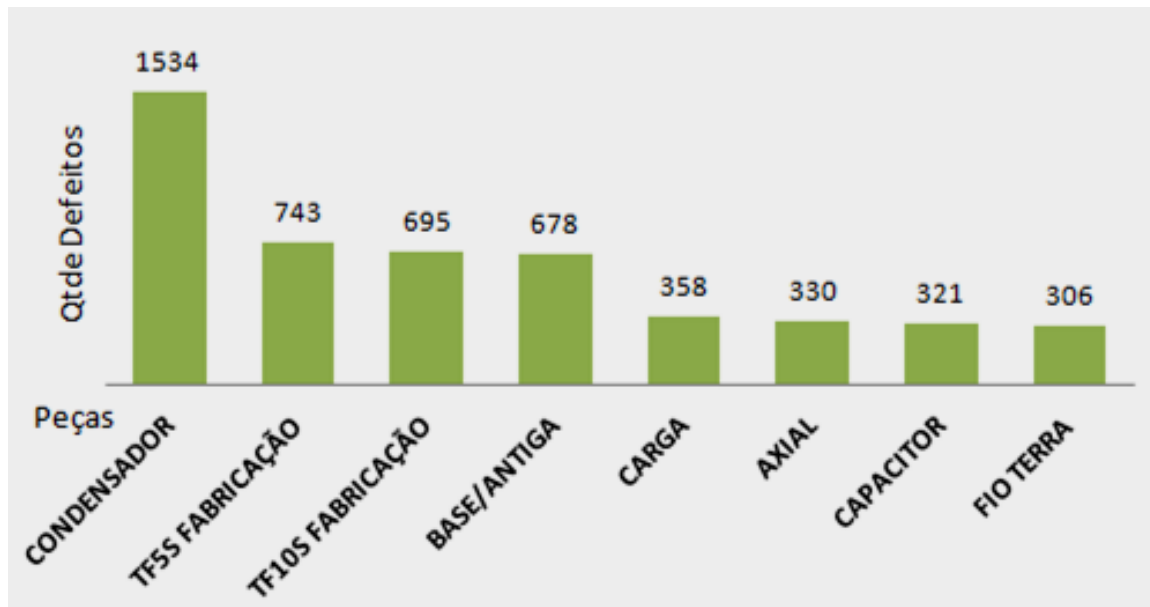
Fonte: elaborado pela autora, 2016

Dentro desta planilha em excell é possível extrair qual seria o produto, peça que podem está causando problemas de retrabalho nos produtos, assim rodando o sistema se apurou que o que o condensador, uma peça soldada na linha de montagem se apresenta como primeira peça no pareto para defeitos (gráfico 8).

Quanto ao código TF5S Fabricação e TF10S Fabricação estão relacionadas ao condensador e evaporador, peças que compõe o produto condicionador de ar, sendo que estes códigos refletem vazamento para peças de soldas automatizadas. O FPY por retratar todos os problemas de qualidade que ocorrem em uma linha de

montagem, traz no gráfico 8 as demais peças que estão impactando na qualidade, sendo que estas peças não são objetos de estudo desta dissertação.

Gráfico 8 - *FPY* por defeitos em peças do produto



Fonte: elaborado pela autora, 2016

No conhecimento do dia-a-dia da fábrica a peça Condensadora está relacionada com problemas de soldagem manual em linha de montagem.

3.9.4 DELIMITAÇÃO EM LINHA DE MONTAGEM

Na figura 20 traz a linha de montagem, seu formato é em “O” já explicado no capítulo 2. A figura 20 também identifica os pontos objetos desta dissertação (postos de solda dos condensadores), destacados no retângulo vermelho e apontado pela seta vermelha da figura 20. Foi avaliado, através da fórmula abaixo que havia a falta de pallets na linha de montagem, isto também estava impactando a produtividade da linha.

$$P = l/(c*s) + m$$

Onde:

P = número de *pallets*

l = comprimento do "O" em metros

c = ciclo do produto (*takt time*)

s = velocidade da esteira (m/s)

m = número de postos de trabalho

Para modelos frios

$l = 82,52$ m

$c = 33$ s

$s = 0,15$ m/s

$m = 58$

P = 75

Para modelos reversos

$l = 82,52$ m

$c = 51$ s

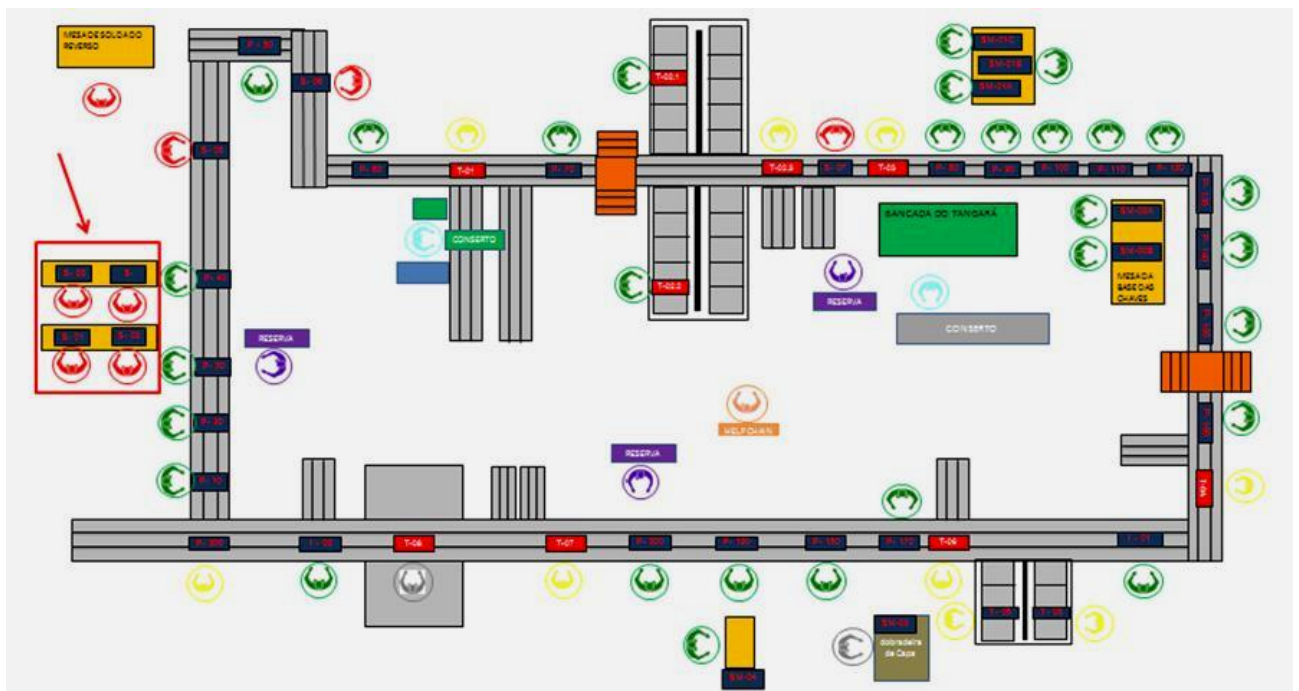
$s = 0,15$ m/s

$m = 58$

P = 69

(2)

Figura 20 - *Layout* da linha de montagem



Fonte: elaborado pela autora, 2016

Por este cálculo, avaliou a necessidade da compra de 20 *pallets* que faltavam para o máximo de 77 *pallets* na linha de montagem. Ter mais do que a necessidade mostra que poderia ter uma interferência negativa para atingir a produtividade da linha de montagem.

3.9.5 GRÁFICO GBO

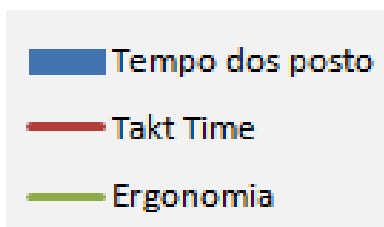
Pelo GBO da linha de montagem, no gráfico 9 demonstra os postos gargalos com relação ao *takt time* que foram os postos de montagem denominados S01 e S02, estes são os postos de submontagem e soldagem do condensador e evaporador.

Gráfico 9 - GBO com os postos da linha de montagem



Fonte: elaborado pela autora, 2016

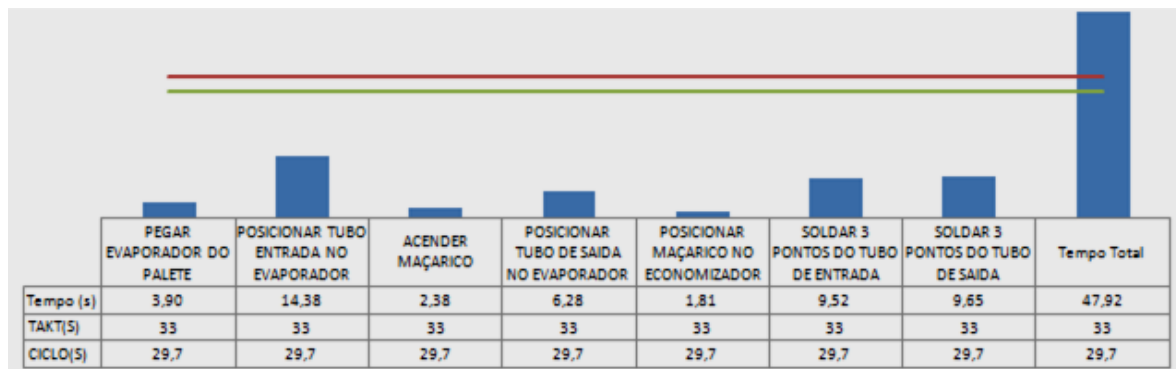
Legenda:



A linha vermelha significa o *takt time* esperado para o produto. A linha verde Ergonomia representa os 10% que por norma interna da empresa deve ser respeitado como o descanso para atividades repetitivas. As barras azuis são o somatório de tempo de cada posto na linha de montagem para realizar a atividade totalmente.

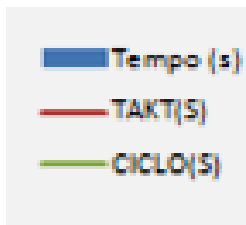
Em um detalhamento do posto do evaporador (mais crítico por ter mais atividades), seu GBO está com o tempo total de 47,9 segundos (dados do gráfico 10), muito acima dos 33 segundos de *takt time* que a linha de montagem tem como meta, sendo que o maior tempo de 14s38ms em suas atividades está concentrado em posicionar os tubos (gráfico 8), contribuindo para este *takt time* de 47,9 segundos.

Gráfico 10 - Extratificação das atividades no posto de solda



Fonte: elaborado pela autora, 2016

Legenda:



3.9.6 PLANEJAMENTO PARA APLICAR SEIS SIGMA

Para aplicação desta metodologia, se utilizou a ferramenta chamada *Component Of Variation*, significa Componente de Variação (COV). Esta ferramenta é aplicada para saber como é a variação do sistema estudado e qual dos componentes (os itens descritos na árvore de amostragem da figura 21) está variando mais (BOX, 1999).

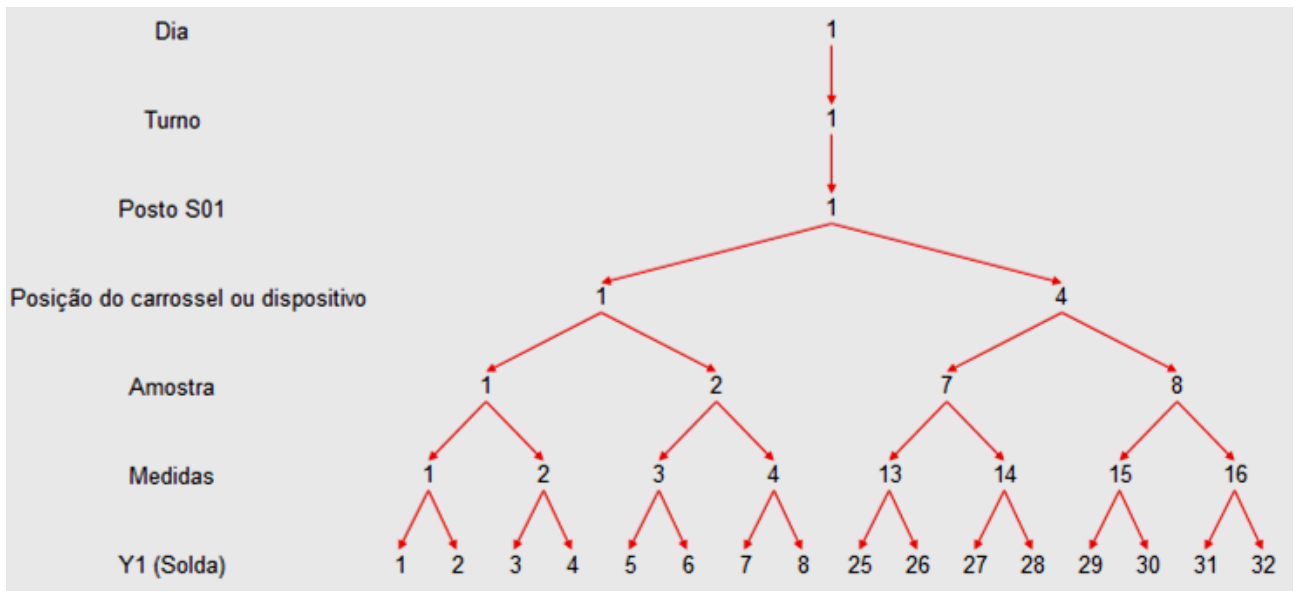
Inicia-se com o planejamento em um programa de base excell que gera a árvore de amostragem (Figura 21) e planilha para a coleta de dados (figura 22).

Nesta árvore já gera a população de amostras que serão analisados.

A árvore de amostragem da figura 21 demonstra como foram coletadas as amostras:

- Dia: um dia;
- Turno: amostra coletada em 1 turno;
- Posto S01: informa onde foram coletadas as amostras;
- Posição do carrossel: informa que o carrossel tem 4 posições diferentes;
- Amostras: mostra quantas amostras foram coletadas, neste caso 8 amostras;
- Medidas: mostra quantas medidas serão feitas em cada amostra, neste caso para as 8 amostras foram medidas 2 vezes, totalizando 16 medidas;
- Y1 (Solda): São os valores de cada medida, como são 16 medidas repetidas 2 vezes, totalizam 32 valores de medidas. O Y é a variável resposta que será quantificada pelo software jump para análise destes dados.

Figura 21 - Árvore de amostragem



Fonte: elaborado pela autora, 2016

A figura 21 é gerada por um software em excell que após processa os itens da árvore de amostra gera também a planilha da figura 22.

Da figura 22 temos:

- Dia: indicar quantos dias foi realizado a coleta;
- Turno: em quantos turnos foram coletadas as amostras;
- Posto S01: indica o local onde foi realizada a coleta;
- Posição do carrossel: informa quantas posições tem o carrossel;
- Amostras: informa quantas amostras foram retiradas para cada posição do carrossel (neste caso temos, exemplo o número 1 está repetido 4 vezes, porque para cada amostras foram solicitadas duas medidas repetidas);
- Medidas: quantas vezes serão medidas cada amostra;
- *Answer*: variável resposta para a análise do estudo;
- Y1 (Solda): a especificação ou item que se quer medir.

A planilha da figura 22 mostra de forma organizada e detalhada de como se coletou as amostras e como se inseri essa planilha no *software jump* para que os dados possam ser analisados e qual é a variável resposta de entrega (Y1) que se avaliou como entrega de qualidade da melhoria proposta.

Todas as formas de coletas para análises têm como objetivo garantir uma robustez de uma engenharia sustentável ao Ingo do tempo, por consequência a obtenção de resultados econômico-financeiros sólidos.

Figura 22 - Planilha para a coleta de dados

FACTORS						ANSWER
Dia	Turno	Posto S01	Posição no carrossel ou dispositivo	Amostra	Medidas	Y1 (Solda)
1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	2	
1	1	1	1	1	2	
1	1	1	1	2	3	
1	1	1	1	2	3	
1	1	1	1	2	4	
1	1	1	1	2	4	
1	1	1	2	3	5	
1	1	1	2	3	5	
1	1	1	2	3	6	
1	1	1	2	3	6	
1	1	1	2	4	7	
1	1	1	2	4	7	
1	1	1	2	4	8	
1	1	1	2	4	8	

Fonte: elaborado pela autora, 2016

Estas ferramentas demonstram que o engenheiro de produção tem a obrigação do conhecimento do dia-a-dia das operações, sabendo-se das incoerências e inconstantantes (causa-comum ou causa-especiais) para que sejam avaliadas em um estudo científico de modo a descobrir o fator significativo para modificar o processo de uma forma coerente, robusta e lucrativa.

3.10 SOFTWARES

Para se converter os dados em uma leitura tangível e de fácil interpretação, para que sejam tomadas as devidas ações de melhorias no processo produtivo, foram utilizados os softwares delineados a seguir.

3.10.1 KINOVEA

Para a análise do GBO, se utiliza também um *software* chamado *Kinovea*® (Versão 0.8.15, 2011): um programa especializado em edição de vídeos esportivos que contém os recursos mais utilizados para detalhamento de imagens, muito útil para os engenheiros de processos que querem analisar vídeos e tempos com maior precisão, pois é possível criar intervalos, colocar vários cronômetros, destacar as atividades e movimentos, marcar trajetórias, comparar vídeos, escrever comentários e desenhar no próprio vídeo (KINOVEA).

3.10.2 JUMPER

O *Jumper* é um programa de estatística desenvolvido para ser utilizado como aplicação de Seis Sigmas, controle de qualidade e engenharia, *design* de experimentos e pesquisa científica (JUMPER BRASIL).

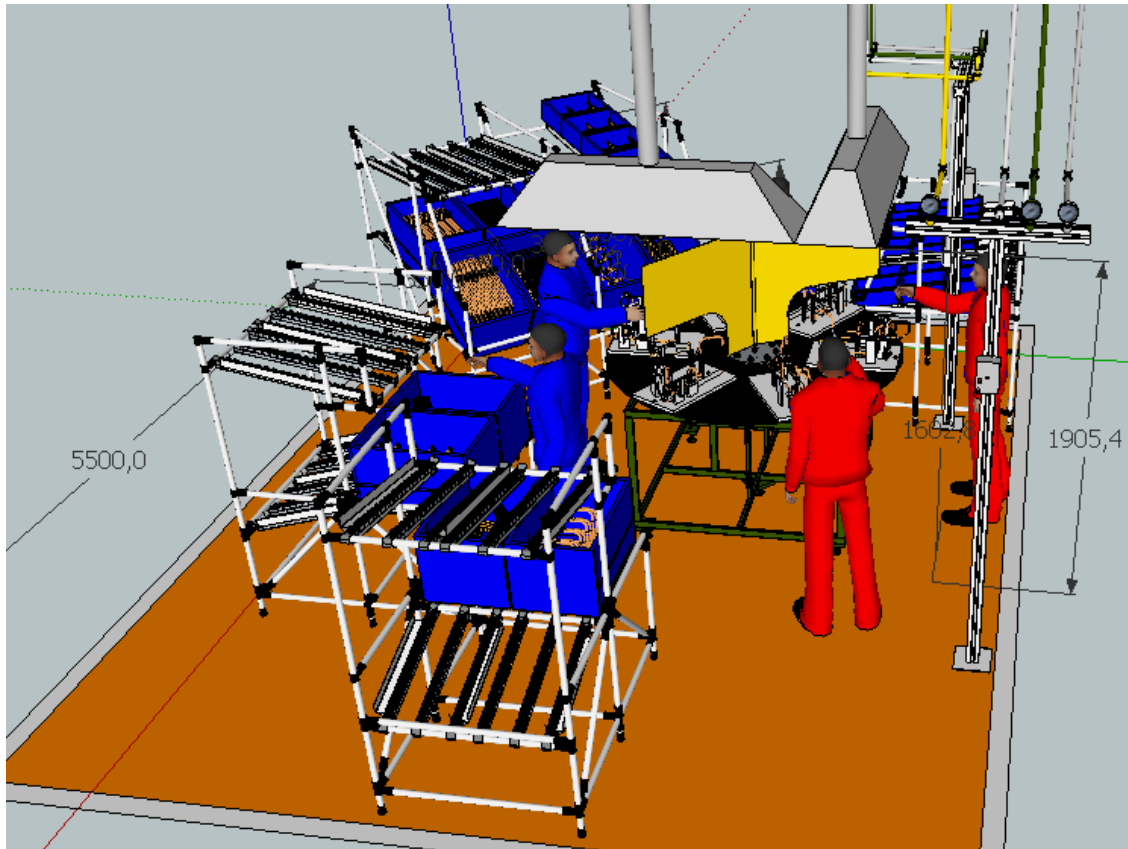
Transforma os dados coletados em gráficos estatísticos, podendo os gráficos de *Variability Chart*, significa carta de variações, serve para avaliar os dados de uma árvore de amostragem, mostrando os maiores componentes de variação daquela população amostral (BOX, 1999).

3.10.3 GOOGLE SKETCHUP 8

Para a análise de lay out e desenho do carrossel, utilizou-se o *software Google Sketchup 8* serve para a criação de modelos em 3D no computador. Pode ser usado por qualquer atividade profissional que necessite desenvolver rascunhos de produtos tridimensionais (GOOGLE SKETCHUP).

A figura 23 faz uma projeção de como será o carrossel de solda, utilizando este *software*.

Figura 23 - Projeção feita no Sketchup



Fonte: elaborado pela autora, 2016

Estes *softwares* proporcionam uma análise mais detalhada, minuciosa que o engenheiro de produção precisa quando:

Usando o *Google Sketchup*:

- Confeccionar um memorial descritivo para confecção do carrossel, dimensional do local onde ficou o carrossel, e toda a infraestrutura elétrica e estrutural necessária para acomodar o carrossel;

- Enteder em uma forma dimensional se o *layout* desenhado está de acordo com as regras de segurança, por exemplo, para circulação do colaborador no posto de trabalho;

- Entender que o dimensional do equipamento junto com a peça a ser soldada atenderia a requisitos de ergonomia, tipo não deixando os braços totalmente abduzidos quando no momento da solda.

Usando o Kinovea

- Entender através da filmagem todos os elementos de trabalho;
- Avaliar, voltando a filmagem, quais elementos de trabalho agregam ou não valor
- Entender se há elementos de trabalho a mais;
- Usar o cronometro do filme, sem a necessidade de permanecer muito tempo no local avaliado para cronometrar as atividades.

Usando o Jumper

- Entender através de gráficos quais os componentes em análise tem maior variação;
- Reduzir a variação do processo analisado;
- Mostrar para a gerência um trabalho estruturado e com resultados estatísticos.

4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo traz os resultados obtidos com as ferramentas aplicadas e explicadas nos capítulos 2 e 3.

Este estudo de caso foi analisado em uma empresa do PIM, multinacional reconhecida e ganhadora de vários prêmios de Qualidade a nível regional e nacional. Sendo uma das pioneiras no Brasil na implantação do *Seis Sigma*. Onde a

mesma possui setores individuais e com equipes próprias para *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma*.

Poucas vezes a empresa integra as ferramentas *Lean* e *Seis Sigma*, mas ao integrá-las usufrui dos pontos fortes de cada uma e de resultados consistentes ao longo do tempo.

4.1 RESULTADOS

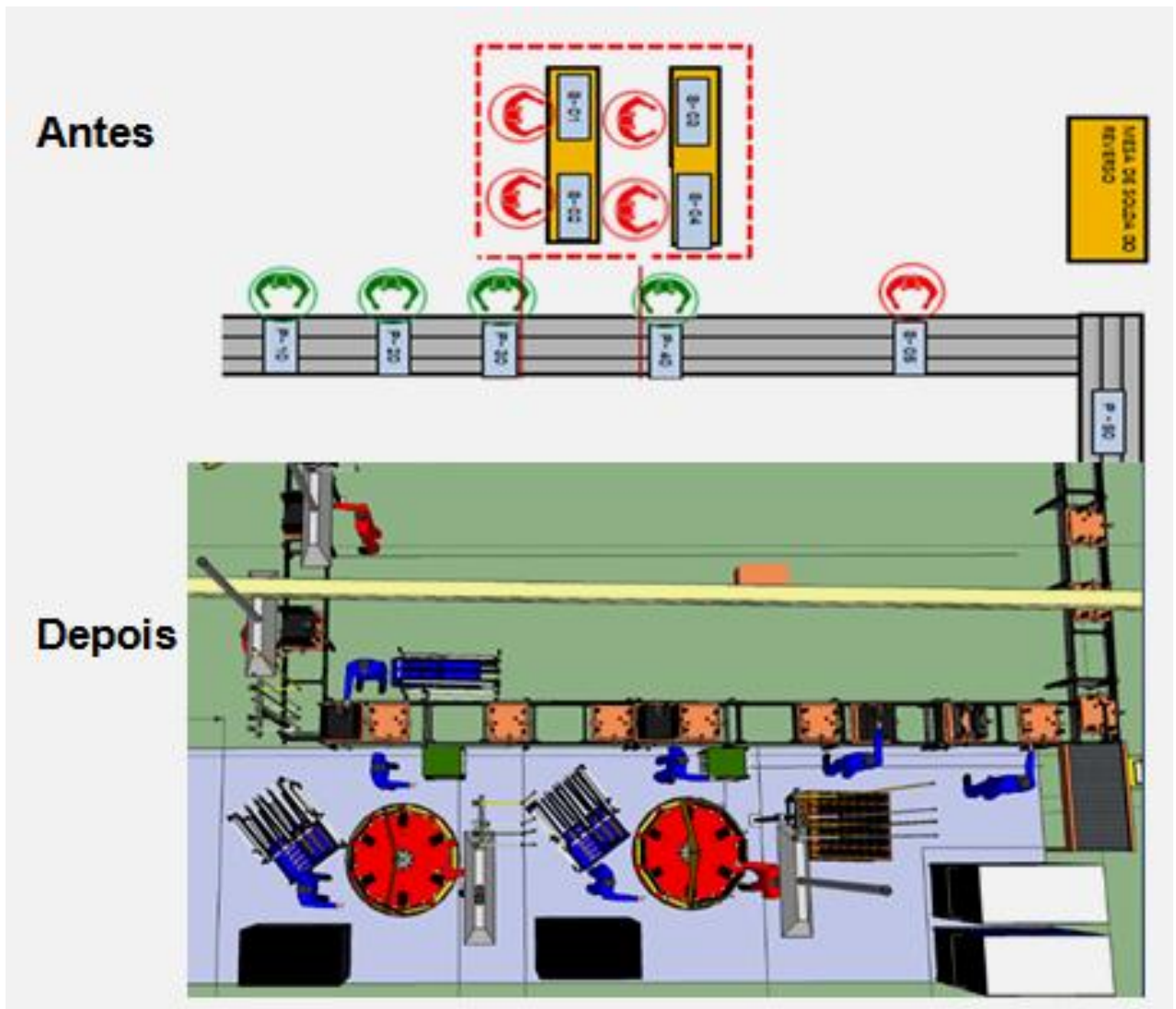
4.1.1 LAYOUT (ANTES/DEPOIS)

A figura 24 mostra o *layout* antes da modificação, onde no pontilhado representa a parte de soldagem, feita em um dispositivo retangular, simples de apoio, sem mecanização, usando um sistema de empurrar manual, começando pelo primeiro soldador, realizando algumas atividades de montagem de peças e soldas em cima do próprio trocador de calor (figura 26). O *layout* demonstra através do desenho os postos identificados pelo GBO do gráfico 7.

A figura 24, na parte inferior identifica como “Depois” mostra o resultado das modificações do layout para o carrossel:

- O homem em vermelho é o soldador (antes tinha dois soldores e duas coifas) ficou um soldador e uma coifa;
- O home em azul é o “montador” para os tubos serem colocados nos trocadores de calor. A figura 26 mostra os detalhes dos tubos soldados;
- Houve uma melhoria no *layout* onde se aloca as caixas com os tubos para serem soldados;
- Houve uma melhoria na criação do *kanban* para as peças soldadas que são enviadas para a linha de montagem, assim que saem do carrossel;
- Houve melhoria na movimentação entre os colaboradores do carrossel com o colaborador da linha, por ganho de espaço pelo novo *layout*.

Figura 24 – Lay out antes e depois

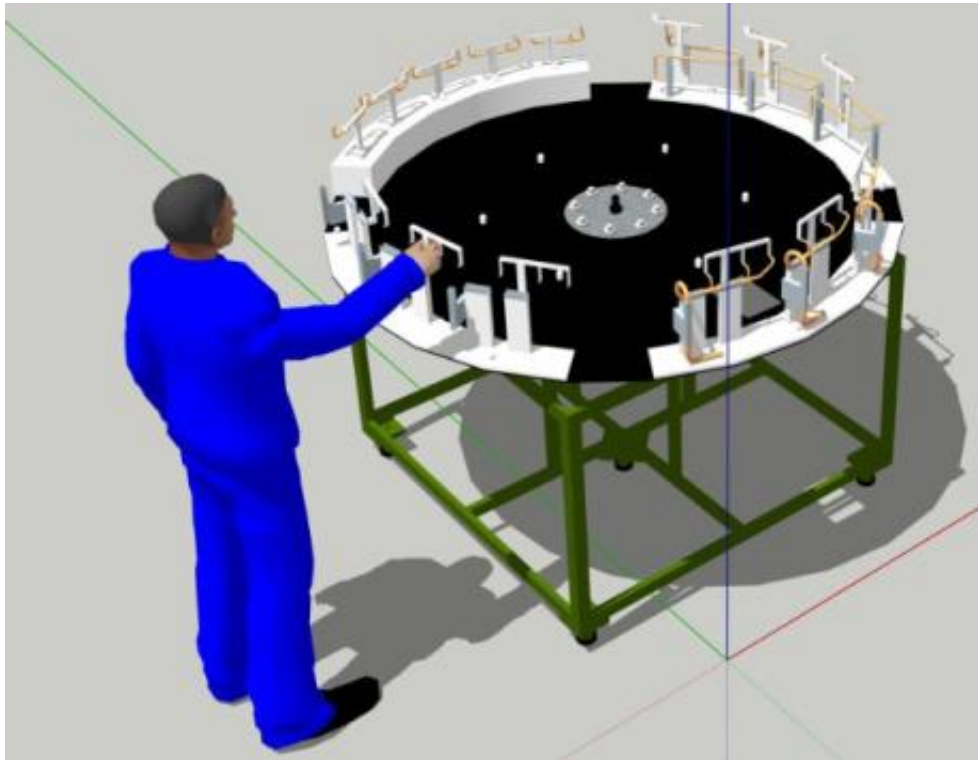


Fonte: elaborado pela autora, 2016

As figuras 24 e 25 foram feitas com o *software Google Sketchup 8*, levando em consideração a escala real do espaço delimitado para a instalação do carrossel visto na figura 24.

Os ganhos com a utilização deste *software Google Sketchup* foram de um planejamento mais minucioso das modificações no *layout* como: mudança da coifa de soldagem, dos acendedores do posto de solda e local de *kanban* para a entrada dos trocadores de calor, assim como o *kanban* para a linha de montagem.

Figura 25 - Vista mais detalhada do carrossel



Fonte: elaborado pela autora, 2016

A visualização de como o posto de trabalho ficará gera também ganhos ergonômicos para se avaliar os movimentos, assim como também ajuda na questão de se desenhar o fluxo de alimentação das peças a serem manufaturadas por este posto de trabalho.

4.1.2 APLICAÇÃO PRÁTICA DO GBO

A identificação do posto gargalo na linha de montagem, pelo GBO do gráfico 7, mostrou a necessidade de melhorias nestes postos iniciais da linha. Segundo Jardim (2015), um posto gargalo no início da linha de montagem, compromete seu *takt time* e sua meta de entrega de produção.

A figura 26 demonstra a quantidade de pontos pelas tubulações a serem soldados em um dos modelos de trocadores de calor. Sendo no total 6 pontos de solda (visualizados pelos tubos indicados pelas setas vermelhas), a dificuldade em

se colocar individualmente cada tubo para soldá-los ou colocar todo os tubos e soldá-los, já que não se tinha um padrão informando ao soldador a sequência de tubos a serem soldados e sim que se esperava “tubos soldados”, fez com que o carrossel fosse um padrão da sequência para solda e deixou o soldador com sua função: Soldar somente.

Figura 26 – Exemplo de trocadores e suas peças para soldadar



Fonte: elaborado pela autora, 2016

A figura 27 traz a ilustração do uso do *software Kinovea*® (Versão 0.8.15, 2011) que avalia em cima da filmagem real feita do posto, com estes detalhes pode-se estruturar melhor o GBO, analisando os vídeos e tempos com maior precisão, podendo criar intervalos para cada elemento de trabalho e mostrar através de cronômetros (sem a necessidade do uso do aparelho cronometro), todos os movimetos filmados, geram uma gama de oportunidades e facilidades para se avaliar as atividades e movimentos, enxergando o que agrega ou não valor e se possível eliminando o que não agrega valor. Também traz ganhos de avaliações

ergonômicas, pois pode-se ver e rever os movimentos feitos pelos colaboradores em cada atividade, assim determinar os riscos e avaliar soluções de ajustes para que as atividades ou o posto não se tornem um posto de trabalho cansativo ou de risco ergonômico denominado posto vermelho, quando as atividades deste posto podem causar danos ao colaborador. Desta forma tem-se um GBO bem estruturado.

Figura 27 – Demonstração dos tempos de montagem com uso do *Kinovea*



Fonte: elaborado pela autora, 2016

Na parte superior da figura 24 destacado como o antes, entregava 2 trocadores de calor por vez em um *takt time* de 47,9 segundos (dados da figura 28), na configuração do depois, na parte inferior da figura 24 a entrega de trocadores de calor passou para 4, como visto na figura 35, com um *takt time* de 24 segundos (dados da Figura 28), representando um ganho de aproximadamente 50% de melhoria no tempo e na quantidade de produtos entregues. Além de ser um dispositivo mecanizado, com ajuste de altura, de forma a ficar ergonomicamente melhor para quem esteja soldando. O processo de soldagem foi modificado o que antes, o soldador montava os tubos e soldava, ficou a montagem a cargo de um

colaborador de cargo menor e o soldador ficou somente com a função de soldagem. Esse processo se mostrou mais eficiente na produtividade, saindo de 47s9ms para 24s como mostra na figura 28.

Figura 28 - GBO das atividades: antes & atual

FOLHA DE CRONOMETRAGEM													DATA:	FOLHA:																
POSTO	OPERAÇÃO	BALANCEAMENTO ANTES										TOL	TN	EF	TB	FR	X	ITR	9	8	7	6	5	4	3	2	1	TP	CB	DESCRIÇÃO
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																			
1	PEGAR EVAPORADOR DO PALETE	4,5	3,7	4,2	2,6	3,8	4,6	2,6	3,2	4,0	6,3	33,4	3,3	1	3,3	30%	3,5	10%	3,30	33	PRODUTO: Fuset. Evaporador/Condensador									
2	POSICIONAR TUBO ENTRADA NO EVAPORADOR	6,4	30,1	6,3	4,6	7,6	5,7	6,1	6,0	5,3	6,6	145,3	15	1	15	30%	13,1	10%	14,38	33	MODELO: 10									
3	ACENDER MAÇARICO	2,9	2,7	2,0	2,3	2,8	2,4	2,3	2,0	2,1	2,0	24,0	2,4	1	2,4	30%	2,2	10%	2,38	33	CLIENTE: Consul									
4	POSICIONAR TUBO DE SAIDA NO EVAPORADOR	3,4	5,5	6,1	6,3	5,6	7,7	6,3	3,3	4,2	8,6	63,5	6,3	1	6,3	30%	5,7	10%	6,28	33	MÁQUINA: Linha 1									
5	POSICIONAR MAÇARICO NO ECONOMIZADOR	1,7	2,4	1,7	1,6	1,7	1,8	1,7	1,7	2,1	2,0	18,3	1,8	1	1,8	30%	1,6	10%	1,81	33	SITUAÇÃO ATUAL									
6	SOLDAR 3 PONTOS DO TUBO DE ENTRADA	11,1	3,1	10,3	8,2	8,5	9,3	11,6	3,6	3,4	8,0	36,2	3,6	1	3,6	30%	8,7	10%	3,52	33	TEMPO PADRÃO 47,9									
7	SOLDAR 3 PONTOS DO TUBO DE SAIDA	3,4	3,3	10,0	10,5	3,2	10,5	3,5	3,4	3,6	3,5	31,5	3,7	1	3,7	30%	8,8	10%	3,65	33	MÃO-DE-OBRA 1,0									
8																			0,00	33	PROD. HORA 75									
9																			0,00	33	PROD. TURNO 601									
10																			0,00	33	PROD. DIA 601									
11																			0,00	33	SITUAÇÃO PROPOSTA									
																			47,92	33	TEMPO PADRÃO 24,0									
																			0,00	33	MÃO-DE-OBRA 1,0									
																			0,00	33	PROD. HORA 180									
																			0,00	33	PROD. TURNO 1199									
																			0,00	33	PROD. DIA 1199									
																	OBSERVAÇÕES:													
1	PEGAR EVAPORADOR DO PALETE	4,5	3,7	4,2	2,6	3,8	4,6	2,6	3,2	4,0	6,3	33,4	3,3	1	3,3	30%	3,5	10%	3,30	33,00	*Soldador se ausenta do Posto									
2	ACENDER MAÇARICO	2,9	2,7	2,0	2,3	2,8	2,4	2,3	2,0	2,1	2,0	24,0	2,4	1	2,4	30%	2,2	10%	2,38	33,00	**113seg / Operador 3140 / Auxiliar									
3	POSICIONAR TUBO DE SAIDA	3,4	5,5	6,1	6,3	5,6	7,7	6,3	3,3	4,2	8,6	63,5	6,3	1	6,3	30%	5,7	10%	6,28	33,00	***Tubo de Saída com leve grau de dificuldade no momento do encaixe.									
4	POSICIONAR MAÇARICO NO ECONOMIZADOR	1,7	2,4	1,7	1,6	1,7	1,8	1,7	1,7	2,1	2,0	18,3	1,8	1	1,8	30%	1,6	10%	1,81	33,00	****Sugestão: produzir com uma frente entre 16 a 20 evaporadores									
5	SOLDAR 3 PONTOS DO TUBO DE SAIDA	3,4	3,3	10,0	10,5	3,2	10,5	3,5	3,4	3,6	3,5	31,5	3,7	1	3,7	30%	8,8	10%	3,65	33,00	*****Petitar o encaixe e pontos de solda do TUBO DE ENTRADA.									

Fonte: elaborado pela autora, 2016

Da figura 28 cada coluna tem o significado:

- Posto: quantidade de elementos de trabalho;
- Operação: descrição dos elementos de trabalho;
- Números 1 à 10: incluir os valores individuais do total de 10 cronometragens;
- TTR: somatória do Tempo Total Registrado, neste caso 10 cronometragens;
- X: média dos tempos cronometrados;
- FR: frequência de quantas vezes faz cada elementos de trabalho;
- TB: tempo base é resultado da média pela frequência;
- EF: eficiência que a empresa trabalha, neste estudo de caso é 90%;
- TN: tempo natural, ou tempo de trabalho. Resultado entre o TB vezes o EF;
- TOL: tolerância de tempo das paradas permitidas. Tempo estipulado pela ergonomia para ter o descanso entre um elemento de trabalho e outro. Estipulado pela empresa em 10%;
- TP: tempo padrão. Resultado da fórmula: $TN + (TN \text{ vezes } TOL)$;
- CB: ciclo básico. É o takt time da linha de montagem;
- Data: data que realizou a cronometragem;
- Folha: quantidade de folha da cronometragem;

No campo descrição temos:

- Produto: qual o produto avaliado (CA, Split, Forno de microondas, Lava Louça);
- Modelo: qual o *SKU* que foi cronometrado;

- Máquina: pode ser uma máquina ou o lugar cronometrado.

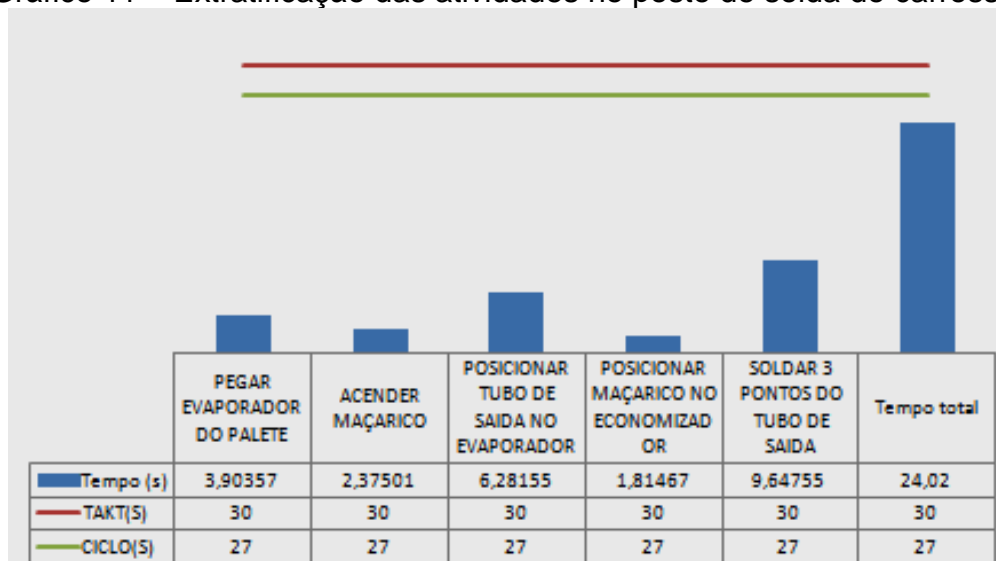
No campo situação atual temos:

- Tempo padrão: soma de todos os tempos que se encontram na coluna do TP da planilha
- Mão de obra: Resultado do “Tempo padrão” vezes (“Produção turno” dividida por segundos total do turno);
- Produto hora: divisão entre 3600 por CB
- Produção turno: multiplicação do “Produto hora” pelas horas do turno de trabalho;
- Produção dia: multiplicação do “Produto hora” pelas horas disponíveis por turno de trabalho;

No campo situação proposta segue os mesmos critérios descritos na “situação atual”.

Todos esses dados da figura 28 quando processadas gera o gráfico 11 que demonstra que o *takt time* deste posto, com a aplicação do carrossel, saiu de 47s92ms (dados do gráfico 8) para 24s02ms, um ganho de aproximadamente 50% para um takt time menor na linha de montagem, ou seja, antes era uma entrega de 75 trocadores por hora de calor para uma entrega de 149 trocadores de calor por hora.

Gráfico 11 – Extratificação das atividades no posto de solda do carrossel



Fonte: elaborado pela autora, 2016

Sendo que a linha de montagem precisa de 120 produtos/hora, isto significa que além de atingir a meta, esse novo sistema de soldagem por carrossel, proporciona ainda uma melhoria de ajuste do GBO nas atividades deste posto, podendo até mesmo ficar somente com um colaborador, podendo ser o soldador.

4.1.3 CÁLCULOS PARA DETERMINAR QUANTIDADE DE *PALLETS*

Para um novo *takt time* foi realizado um novo cálculo da quantidade de pallets, o *takt time* de 30 segundos para os modelos frios (antes era 33 segundos) e 45 segundos para os modelos reversos (antes eram 51 segundos).

A linha possui formato em “O”, segue a fórmula:

$$P = l/(c*s) + m$$

Onde:

P = número de *pallets*

l = comprimento do “O” em metros

c = ciclo do produto (*takt time*)

s = velocidade da esteira (m/s)

Para modelos frios

$$l = 82,52 \text{ m}$$

$$c = 30 \text{ s}$$

$$s = 0,15 \text{ m/s}$$

$$m = 58$$

$$P = 77$$

Para modelos reversos

$$l = 82,52 \text{ m}$$

$$c = 45 \text{ s}$$

$$s = 0,15 \text{ m/s}$$

$$m = 58$$

$$P = 70$$

(3)

Sabendo-se destas quantidades, foram compradas as quantidades de pallets que faltavam para completar a quantidade máxima de 77 *pallets* na linha de montagem, de forma a garantir a entrega de produção da linha sem ter impactos por falta de *pallets*, regra esta mantida até no momento que algum pallet esteja dentro do reprocesso da linha com produtos em conserto, são colocados os pallets excedentes para ter uma linha com a quantidade correta de *pallets* (77 *pallets* para modelos frios e 70 para modelos reversos).

4.1.4 AVALIAÇÃO DOS DADOS DAS FERRAMENTAS SEIS SIGMA

Pelos Seis Sigmas as ferramentas que foram avaliadas: Árvore de amostragem (figura 21) que gerou a planilha de coleta de dados (figura 22), onde se comparou através do *software Jumper 11* às entregas de qualidade de soldagem, que foram no Y1 (solda) como a quantidade de pontos efetivamente soldados, podendo chegar à quantidade total de 12 pontos, as figuras 30 e 31 demonstra como ficou a planilha preenchida.

Para se respaldar os resultados foram avaliados amostras antes da modificação, cujos resultados estão na planilha 29 e avaliação de qualidade na figura 30.

Figura 29 - Planilha coleta de dados para ser usado no *Jumper* (Antes)

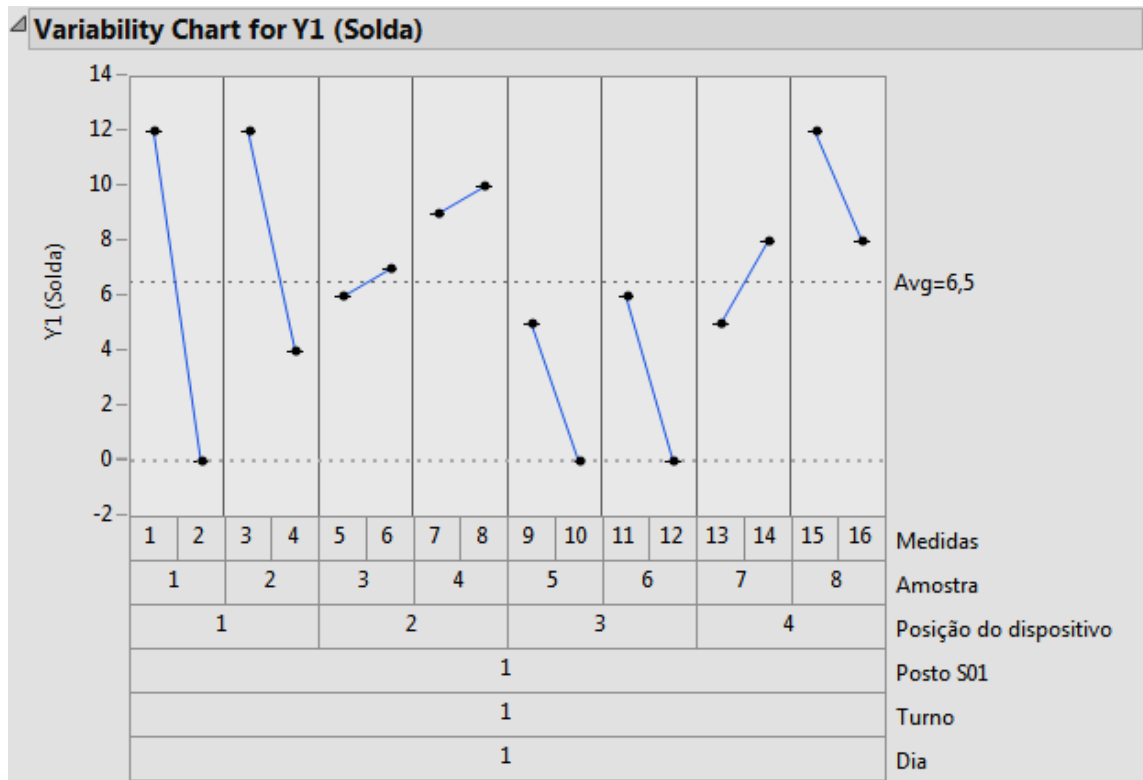
Antes						ANSWER
FACTORS						Y1 (Solda)
Dia	Turno	Posto S01	Posição no dispositivo	Amostra	Medidas	Y1 (Solda)
1	1	1	1	1	1	12
1	1	1	1	1	1	12
1	1	1	1	1	2	0
1	1	1	1	1	2	0
1	1	1	1	2	3	12
1	1	1	1	2	3	12
1	1	1	1	2	4	4
1	1	1	1	2	4	4
1	1	1	2	3	5	6
1	1	1	2	3	5	6
1	1	1	2	3	6	7
1	1	1	2	3	6	7
1	1	1	2	4	7	9
1	1	1	2	4	7	9
1	1	1	2	4	8	10
1	1	1	2	4	8	10
1	1	1	3	5	9	5
1	1	1	3	5	9	5
1	1	1	3	5	10	0
1	1	1	3	5	10	0

Legenda para o Y1(Solda):
 Total de pontos soldados(100%): 12
 Nenhum ponto soldado: zero

Fonte: elaborado pela autora, 2016

Com base nestes dados da figura 29, utilizou-se o *software Jumper 11* para gera a carta de Variability Chart (figura 30). Esta carta nos mostra o tamanho da variação e a média da variação que o estudo produziu, sinalizada como Avg é a abreviatura para *Average* que significa média em português,

Figura 30 - Variability Chart - Antes



Fonte: elaborado pela autora, 2016

Na carta da figura 30 temos que a média da variação de pontos soldados ficou em 6,5 pontos soldados, as linhas azuis demonstram que a variação é aleatória, não mantém um padrão e que o objetivo de termos mais pontos soldados perto dos 12 pontos também não é um padrão normal, sendo que o normal estaria em 10 pontos para baixo, ou seja, seria 50% de reprocesso na linha. Algo detectado, já que o soldador tinha duas atividades além da solda, montar os tubos e soldá-los, isto tirava a sua concentração em uma atividade que requer sua atenção em revisar a solda feita.

Na figura 31 mostra a tabela preenchida para avaliar o carrossel. Com base nesta planilha se utilizou o *software Jumper 11* para gerar carta Variability Chart da

figura 32.

Figura 31 - Planilha de coleta de dados para ser usado no Jumper (Depois)

Depois

FACTORS						ANSWER
Dia	Turno	Posto S01	Posição no carrossel	Amostra	Medidas	Y1 (Solda)
1	1	1	1	1	1	12
1	1	1	1	1	1	12
1	1	1	1	1	2	8
1	1	1	1	1	2	6
1	1	1	1	2	3	12
1	1	1	1	2	3	12
1	1	1	1	2	4	6
1	1	1	1	2	4	12
1	1	1	2	3	5	12
1	1	1	2	3	5	8
1	1	1	2	3	6	6
1	1	1	2	3	6	12
1	1	1	2	4	7	12
1	1	1	2	4	7	12
1	1	1	2	4	8	6
1	1	1	2	4	8	12
1	1	1	3	5	9	12
1	1	1	3	5	9	12
1	1	1	3	5	10	8
1	1	1	3	5	10	12

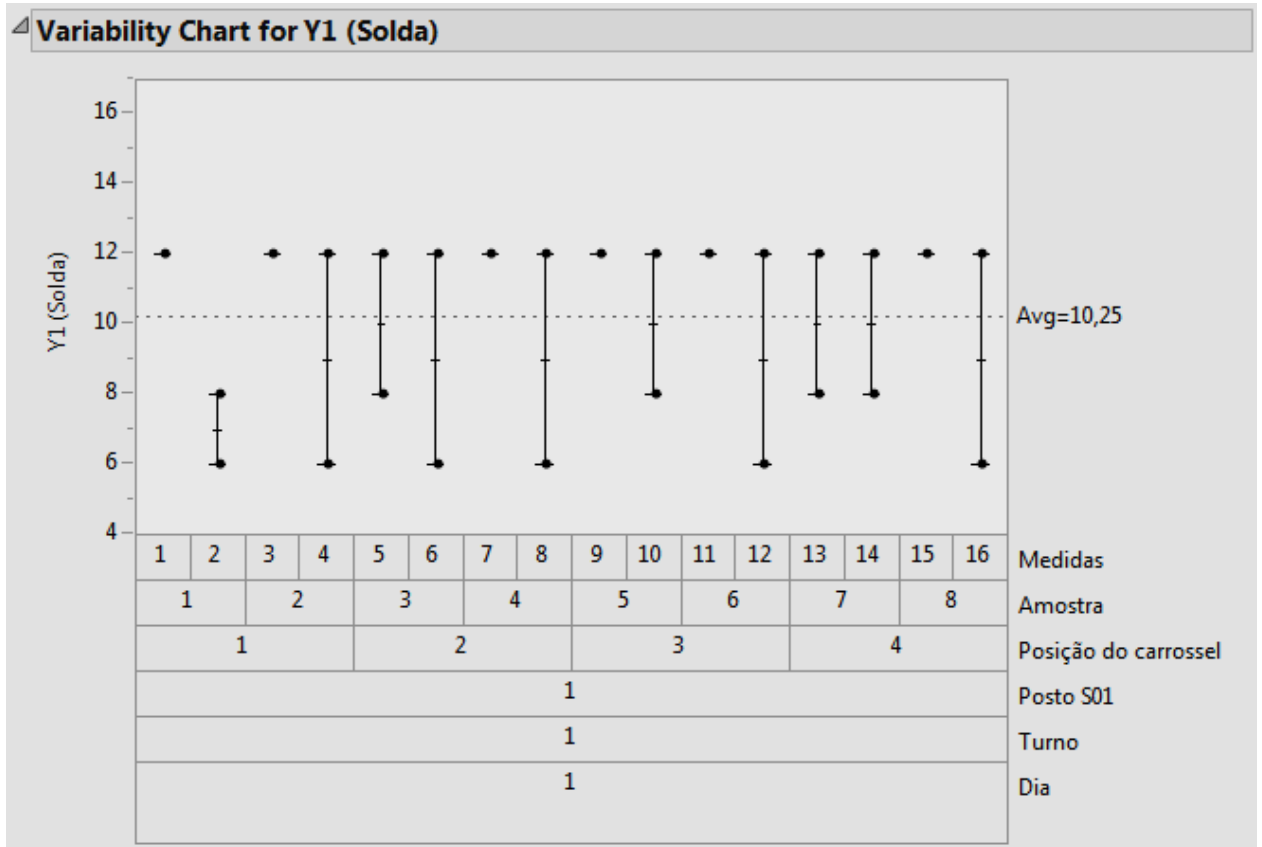
Legenda para o Y1(Solda):
 Total de pontos soldados(100%): 12
 Nenhum ponto soldado: zero

Fonte: elaborado pela autora, 2016

A figura 32 demonstra que a média da variação (Avg) ficou em 10,25 pontos soldados. A linha preta que interliga os pontos mostram uma variação não aleatória, mais previsível, 63% dos pontos soldados no nível máximo de 12 pontos no total a

serem soldados. E que mesmos os pontos soldados em nível mínimo (6 pontos) representam mais dos que soldados neste mesmo nível da figura 30.

Figura 32 - Variability Chart - Depois



Fonte: elaborado pela autora, 2016

Comparando-se as figuras 30 e 32 temos uma melhora de 63% nos pontos soldados pelo carrossel, que confirmam a hipótese de que o soldador deve ficar atento para a solda, quando se inclui mais atividades para o soldador, acaba lhe tirando a atenção nas entregas de sua soldagem.

Abaixo segue uma tabela que traz de forma agrupada todos os indicadores e hipóteses avaliados nesta dissertação do antes e depois do carrossel de solda implementado no processo com as ferramentas *Lean* e *Seis Sigma*.

Para o indicador de FCA que implica diretamente as entregas de produção da linha houve uma leve melhora de 1,59%, pois este indicador tem várias variáveis em seu banco de dados, desde os ambientes externos (exemplo: falta de energia), até

ambiente interno (exemplo: problemas de abastecimentos), ou seja, não é um indicador que está diretamente relacionado ao carrossel, é um indicador que sofre influências diversas, portanto a melhoria neste indicador tem-se que trabalhar em todos os fatores internos e externos para que se observe um indicador dentro da meta de 6%.

Tabela 3 – Comparação dos antes versus depois

Descrição	Antes	Depois
Produtividade	110 produtos/hora	120 produtos/hora
FCA	11,59%	10%
FPY	92,22%	94%
Pallets	57 peças	77 peças
GBO	47s92ms	24s02ms
Variação	6,5 peças boas soldadas	10,25 peças boas soldadas
Hipótese 1	Soldador deve ficar somente para soldar, se realizar outra atividade pode ter erros de solda por falta de atenção.	Hipótese confirmada, soldador quando somente solda, tem tempo para rever suas peças soldadas e corrigi-las.
Hipótese 2	Soldador que ficará com o maçarico o tempo todo em suas mãos, ocorrendo problemas de ergonomia por não ter descanso.	Hipótese descartada, soldador tem que acionar o botão de giro do carrossel, isto lhe faz deixar o maçarico no lugar de descanso.
Hipótese 3	Soldar em dispositivo de formato em carrossel pode ocorrer problemas de acidente, quando colocar o carrossel em movimento para soldar outras peças.	Hipótese descartada, soldador para acionar botão tem como visualizar o colaborador que monta os tubos e só assim acionar o botão de giro do carrossel.

Nota-se que o carrossel trouxe benefícios tanto em tempo quanto na melhoria de entrega de qualidade dos produtos soldados. E que o mesmo serviu para validar ou não hipóteses sobre o processo de soldagem, dos quais confirmou uma das hipóteses e invalidou duas outras hipóteses. Sendo que a terceira hipótese: Soldar em dispositivo de formato em carrossel pode ocorrer problemas de acidente, quando colocar o carrossel em movimento para soldar outras peças, esta pode ser melhorada com a aplicação de mais um bimanual para liberação do giro do carrossel só ocorrer quando em conjunto tanto do soldador quanto do colaborador que monta as tubulações acionem o botão de giro no mesmo momento.

5 CONCLUSÃO

Este capítulo tem a finalidade de demonstrar as evidências dos fatos para os objetivos iniciais da dissertação, com o baseamento teórico que foi levado em consideração das filosofias *Lean Manufacturing* e *Seis Sigmas*. Na revisão da literatura, se constatou ter poucas literaturas com aplicações práticas do assunto voltadas para empresas de linha branca, muitos artigos e literaturas são voltados à fábrica automobilísticas.

Dos objetivos específicos que foram:

- Identificar e analisar os gargalos do processo produtivo;

Este tópico foi avaliado com as ferramentas dos indicadores de performance, desenvolvidos pela empresa como FPY, FCA e sua produtividade, descritos no capítulo 3.9, dos subitens 3.9.1 até 3.9.3 onde se incluiu a questão de *pallets* até então não era considerados na empresa como sendo gargalos a falta destes, já que não se tinha de forma acadêmica os impactos que a falta ou excesso de *pallets* significavam de forma impactante nos indicadores de produtividade.

- Reduzir a área de produção (montagem), utilizando-se os princípios da filosofia *lean manufacturing*;

Da filosofia *Lean* utilizada, a praticada nesta dissertação foi a revisão do *layout*, aliada ao *software Google Sketchup*, se mostrou uma ferramenta de grande utilidade para projeção e análise de arranjos físicos, de forma que ao se desenhar a

modificação necessária, pode-se visualizar todas as necessidades e detalhes que este arranjo físico trará ao *layout*, uma vez que tanto se faz necessário está *in loco* do local modificado para tomar as medições da área e de todas as necessidades dos equipamentos, sua alimentação elétrica e dos gases. É uma ferramenta que auxiliar e muito o engenheiro de produção na busca de um planejamento completo para a modificação do *layout*.

- Realizar uma análise comparativa entre a qualidade de entrega do processo atual e o novo processo proposto, destacando as vantagens e desvantagens.

No subitem 4.1.4, mostrou uma das ferramentas *Seis Sigma* usada para avaliação de performance de qualidade da entrega de um sistema. Nota-se que na literatura deste item há muitas demonstrações de conceitos e poucas de aplicação prática para que se saiba qual ferramenta a ser aplicada, uma vez que o *Seis Sigma* não é algo tão direto como o *Lean*, exemplo se há necessidade de estudos de tempos, se aplica GBO, se há necessidade de melhoria de *Layout* se aplica *Layout*. No *Seis Sigma*, se precisa ter o conhecimento prático de um *Black Belt* formado para se saber qual ferramenta, dentro de uma gama de variedades de ferramentas que se utiliza de tabelas e formatos para que possam ser inseridas no *Jumper* para análise de dados de forma a se captar a variação do processo e detectar a variável que deve ser manipulada para se chegar a uma variação menor e mais consistente no processo.

No caso, o conceito de solda, em uma avaliação visual, que foi traduzido em quantidades de pontos de soldagem, trouxe uma forma prática de avaliação e verificação no atingimento da meta em termos de melhoria de qualidade.

- Comparar os objetivos projetados com os resultados alcançados na produtividade atual versus a produtividade da linha modificada;
- Reduzir o tempo de total de montagem.

Estes dois últimos tópicos foram avaliados no capítulo 4, subitens 4.2.1 à 4.2.3, onde se avalia o antes e depois da aplicação de cada ferramenta, como o *Layout* demonstrado pelo *Sktechup*, mostrando o efeito visual da modificação, com entradas livres para a alimentação de materiais e *Kanban*. As planilhas de GBO

mostrando o ganho de tempo significativo em torno de praticamente 50% de produtividade. Os *pallets* que saíram dos cálculos teóricos de 75 para 77 *pallets*, sendo que na prática havia a falta de 20 *pallets* para completar o máximo de *pallets* na linha, a divulgação deste conhecimento para os coordenadores de linha de montagem para o entendimento da real necessidade e quantidade certa de *pallets* em linha para não prejudicar a produtividade tanto com a falta como o excesso de *pallets*. A forma empregada nesta dissertação nos remete ao que é tratado em *Seis Sigma*, para um pensamento crítico, focado em métodos de indução (teorias) e dedução (fatos – ferramentas) (BOX, 1999).

Por último a resposta para o objetivo principal: Como o *Lean Manufacturing* pode ajudar as empresas a reduzir custo e aumentar a produtividade? Resposta positiva e demonstrada nos resultados no capítulo 4 e compilada os indicadores seus resultados antes e depois na tabela 3, mostrou ganhos em GBO em torno de 50% para melhor dos tempos produtivos, que contribuiu para o aumento de produção saindo de 110 produtos/hora para 120 produtos/hora, evitando-se horas extras e postergando abertura de turno, contribuindo de forma robusta para um processo melhor, coerente, lean, robusto e lucrativo.

Esta dissertação que se concentra em um estudo de caso, torna-se um trabalho que pode ser *benchmarking* para futuros trabalhos tanto acadêmicos como trabalhos em indústrias, por deixar de forma prática a aplicação de ferramentas tanto *Lean Manufacturing* quanto *Seis Sigmas* para uma linha de montagem de produtos brancos do PIM, tirando dúvidas de como e quando aplicar determinada filosofia ou metodologia.

Como sugestões para trabalhos futuros:

Como essas metodologias *Lean* e *Seis Sigma* podem ser aplicadas em empresas de pequeno porte? E como estas poderão se sustentar ao longo do tempo, sem ter equipes especializadas e setores específicos como nas grandes empresas?

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, João Pedro Martins Brandão. **Estudo e teste das sequências de modelos em linhas mistas de montagem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Porto: FEUP, 2014.

ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JR., J. A. V. **Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção**. Revista Gestão & Produção, 2001.

ANDRADE, F.F.D. **O método de melhorias PDCA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica - EP: São Paulo, 2003.

ANDRINO, Bruna Pinto; LIZARELLI, Fabiane Leticia. **Investigação sobre sistemas e indicadores de desempenho para a inovação**: realização de uma revisão bibliográfica sistemática. Enegep, 2016.

ANTUNES, Junico; ALVAREZ, Roberto; PELLEGRIN, Ivan de; KLIPPEL, Marcelo; Bortolotto, Pedro. **Sistema de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARRUDA, Carlos; BURCHARTH, Ana; BEDÊ, Fernanda. Brasil precisa criar uma agenda positiva para reverter a trajetória de queda em ranking global de competitividade. Nova Lima: **Fundação Dom Cabral**, 30 mai. 2016.

BLACK, J.T. **O projeto da Fábrica com futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

Box, G. **Statistics as a Catalyst to Learning by Scientific Method Part II - A Discussion**, Journal of Quality Technology, 1999.

CANEM, A. G.; WILLIAMSON, G. H. **Facility layout overview: towards competitive advantage**. Facilities, 1998.

CHEN, Shuxi; LI, Xiaoping. A bi-directional flow-rack automated storage and retrieval system for unit-load warehouses. **International Journal of Production Research**, 17nov.2014.

CHWIF, Leonardo. **Simulação aplicada em projetos de linhas com pallets retornáveis**. São Paulo: CONAI, 2004.

BARTH, K.B. **Melhoria de sistema de medição de desempenho através do uso de painéis de controle para a gestão da produção em empresas de construção civil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) UFRGS, Porto Alegre, 2007.

BRAGA, Ruy. **A nostalgia do fordismo: modernização e crise na teoria da sociedade salarial.** São Paulo: Xamã, 2003.

COIMBRA, Euclides A. **Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains.** Kaizen Institute, 2009.

CORREA, Henrique L.; CORREA, Carlos A. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Atlas, 2004.

COSTA JUNIOR, E L. **Gestão em processo produtivo.** Curitiba: Ibpex, 2007.

DEMING, Edwards. **Qualidade: A revolução da Administração.** Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

ENDLER, Kellen Danyelle; BOURSCHEIDT, Luis Eduardo; GARBUIO, Paula Andrea da Rosa; STEINER, Maria Teresinha Arns. **Lean Seis Sigma: Um estudo bibliométrico dos últimos 15 anos.** CONBREPO, 2015.

FILHO, T. O. Projeto **de Fábrica e Layout.** Rio de Janeiro: Universidade Estácio de Sá, 2010.

FIORENTINI, Dário; SOUSA JR., Arlindo José; MELO, Alves Gilberto F.. Saberes docentes: um desafio para acadêmicos e práticos. In: GERALDI, Corinta M. G.; FIORENTINI, Dário; PEREIRA, Elizabete M. de A. (Orgs.). **Cartografia do trabalho docente: professor (a) pesquisador (a).** 3. ed. Campinas (SP): Mercado de Letras. Revista E-Curriculum PUC, 2006.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FONSECA, Regina Célia. **Metodologia do Trabalho Científico.** Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009.

FORNARI, Celso Carlino Maria Junior. **Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde**. INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção, 2010.

FREIRE, Luiz Meira. **Análise e Simulação do Ciclo de Reabastecimento das Células de Produção em Sistemas Just-In-Time**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Método de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

GERRY, J. **Fundamentos de estratégia**. Tradução de Rodrigo Dubal. Porto Alegre: Bookman, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIMENEZ, LEVI; BENEDITO, ANTÔNIO SILVA OLIVEIRA. **Revista Científica Hermes** 8: 3-22, 2013.

GOMES, J. E.; OLIVEIRA, J. L.; ELIAS, S. .J.; BARRETO, A. F.; ARAGÃO, R. L. **Balanceamento de linha de montagem na indústria automotiva – Um estudo de caso**. In: Encontro nacional de engenharia de produção. Rio de Janeiro. ENEGEP, 2008.

GOOGLE SKETCHUP. **Software Google Sketchup 8**. Disponível em: <<https://google-sketchup.br>>. Acesso em 05 fevereiro, 2015.

GORI , Rodrigo Martinez. **O balanceamento de uma linha de montagem seguindo a abordagem lean manufacturing**. Rio Grande do Sul. ENEGEP, 2012.

GUIMARÃES,L.S.; MEDEIROS,H.S.; SANTANA, A. F. B.; PEREIRA, M. S. **Redução de custos no processo produtivo com a utilização do ABC e Ferramentas Lean: estudo de caso em uma indústria de componentes de refrigeração**. Bauru: GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas,2015.

JARDIM, Eduardo Galvão Moura. **Gerência da Produção** –Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Manaus,2015.

JUMPER. **Software Jumper 11**. Disponível em: < jumperbrasil.lance.com.br>. Acesso em 05 fevereiro, 2015.

KINOVEA. **Software Kinovea®Versão 0.8.15**, 2011. Disponível em: < <https://www.kinovea.org>>. Acesso em 05 fevereiro, 2015.

LEME, Marcela da Silveira. **Aplicação de indicadores de desempenho na infraestrutura laboratorial de uma instituição federal de ensino superior**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Itajubá, 2016.

LIKER, Jeffrey. **O ModeloToyota- 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Ed. Bookman, 2005.

LIKER, Jeffrey. **Aplicação do Sistema Toyota em sua Organização**. Ed. Bookman, 2005.

MINTZBERG, H.; AHLSTRAND, B.; LAMPEL, J. **Safari de estratégia: um roteiro pela selva do planejamento estratégico**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

MATIAS-PEREIRA, José. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. São Paulo: Atlas, 2012.

MORO, G.; DE PÁDUA, F. S. M. **Lean Seis Sigma**. Interface, 2008.

MOTA, Anderson. **Estratégia Competitiva**. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2008.

MOURA, A R.; BANZATO, J. M. **Poka-Yoke: a eliminação dos defeitos com o método à prova de falhas**. São Paulo: Iman, 1996.

MUTHER, R.WHEELER, J. **Simplified Systematic Layout Planning**. São Paulo: IMAM, 2000.

NUDURUPATI, S.; BITITCI, U.; KUMAR,V.; CHAN, F.T.S. **State of the art literature review on performance measurement**. USA: Computers and Industrial Engineering, 2011.

NEUMANN, C.; SCALICE, R. **Projeto de Fábrica e Layout. Primeira Edição.** Rio de Janeiro: Campus, 2015.

OHNO, Taichi. **Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

PACHECO, Diego Augusto de Jesus. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. Produção online, 2014.

PETTERSEN, J. **Defining Lean production:** some conceptual and practical issues. TQM Journal, 2009.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; & CAVANAGH,R. **The six sigma way: how GE, Motorola and other top companies are honing their performance.** New York: McGraw-Hill, 2000.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização.** Trad. de Ana Thorell. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

PORTER, M. E. **Competitive Strategy:** Techniques for Analyzing Industries. New York: The Free Press, 1980.

PORTER, M. E. **Competitive Advantage:** Creating and Sustaining Superior Performance. New York: The Free Press, 1985.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico] : métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REIS, Evandro Paes; ARMOND, Álvaro Cardoso. **Empreendedorismo.** Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2008.

REZENDE, Daiane Maciel; SILVA, Jessica Freitas; MIRANDA, Sheila Marcela; BARROS, Anderson. **Lean Manufacturing: redução de desperdícios e a padronização do processo.**Rio de Janeiro: AEDB, 2015.

ROCHA, Rossana Elisabete Pereira Soares. **Análise e Dimensionamento de Sistemas para Abastecimento a Linhas de Montagem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) Porto: FEUP, 2007.

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. **Criando Fluxo Contínuo**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2008.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda**. Brookline: Lean Enterprise Institute, 2003.

SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J. A. **The integration of Six Sigma and Lean management**. International Journal of Lean Six Sigma, 2010.

SANDERS, D.; HILD, C. R. **A discussion of strategies for six sigma implementation**. Quality Engineering, 2000.

SELLITOA, Miguel Afonso; BORCHARDTB, Miriam; PEREIRA, Giancarlo Medeiros. **Presença dos princípios da mentalidade enxuta e como introduzi-los nas práticas de gestão das empresas de transporte coletivo de Porto Alegre**. Porto Alegre: Produção, 2010.

SENO, J. P. Um safári da estratégia no cerrado mineiro: concepções da estratégia em micro, pequenas e médias empresas. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, Santa Catarina, v. 7, n. 3, dezembro 2014.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Bookman, 2005.

SHINGO, Shigeo. **Kaizen e a arte do pensamento criativo: o mecanismo do pensamento científico**. Porto Alegre: Bookman. 2010.

SILVA, Alessandro Lucas; RENTES, Antonio Freitas. **Um modelo de projeto de layout para ambientes job shop com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta**. São Paulo: UNICAMP, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002

SNEE, R. D. **Lean Six Sigma – getting better all the time**. International Journal of Lean Six Sigma, 2010.

SCHULZ, Jean. **Cultura Lean**. Bookman, 2015

SUFRAMA. **Anais eletrônicos**. Manaus, 2017. Disponível em: < suframa.gov.br>. Acesso em 10 fevereiro, 2017.

SYNTETOS, A. A.; BOYLAN, J. E. **On the bias of intermittent demand estimates**. International journal production economics, 2001.

TEIXEIRA, Fernando Cesar Rodrigues. **Avaliação de métodos de séries temporais aplicados na previsão de demanda de peças de reposição : uma aplicação em dados de uma empresa automobilística**. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção). São Paulo: UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA, 2014.

TRAD, Samir; MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Seis Sigma: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação**. Curitiba: ANAPD, 2009.

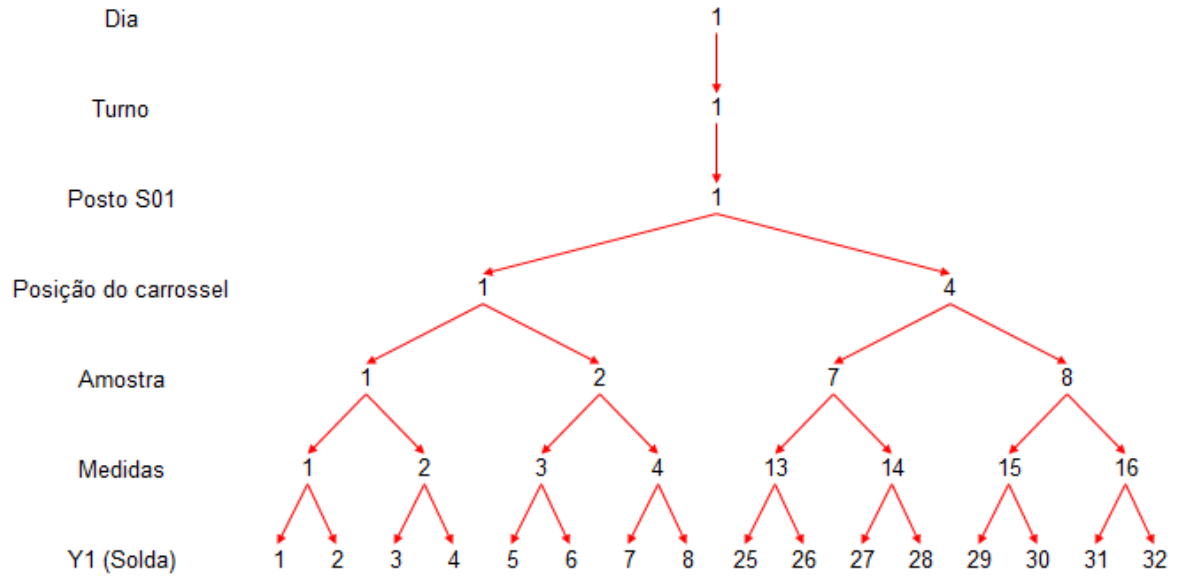
Tzu, S. **A arte da guerra**. Tradução de André Bueno. São Paulo: Jardim Editorial, 2010.

WERKEMA, C. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. Rio de Janeiro: CAMPUS, 2012.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas Lean Thinking**. Ed. Campos, 2004.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. Ed. Campos, 1992.

ANEXO B- ÁRVORE DE AMOSTRAGEM



ANEXO C- BANCO DE DADOS PARA ÁRVORE DE AMOSTRAGEM – ANTES DA MODIFICAÇÃO

Legenda para o Y1(Solda):
Total de pontos soldados(100%): 12
Nenhum ponto soldado: zero

FACTORS						ANSWER
Dia	Turno	Posto S01	Posição no dispositivo	Amostra	Medidas	Y1 (Solda)
1	1	1	1	1	1	12
1	1	1	1	1	1	12
1	1	1	1	1	2	0
1	1	1	1	1	2	0
1	1	1	1	2	3	12
1	1	1	1	2	3	12
1	1	1	1	2	4	4
1	1	1	1	2	4	4
1	1	1	2	3	5	6
1	1	1	2	3	5	6
1	1	1	2	3	6	7
1	1	1	2	3	6	7
1	1	1	2	4	7	9
1	1	1	2	4	7	9
1	1	1	2	4	8	10
1	1	1	2	4	8	10
1	1	1	3	5	9	5
1	1	1	3	5	9	5
1	1	1	3	5	10	0
1	1	1	3	5	10	0
1	1	1	3	6	11	6
1	1	1	3	6	11	6
1	1	1	3	6	12	0
1	1	1	3	6	12	0
1	1	1	4	7	13	5
1	1	1	4	7	13	5
1	1	1	4	7	14	8
1	1	1	4	7	14	8
1	1	1	4	8	15	12
1	1	1	4	8	15	12
1	1	1	4	8	16	8
1	1	1	4	8	16	8

ANEXO D- BANCO DE DADOS PARA ÁRVORE DE AMOSTRAGEM – DEPOIS DA MODIFICAÇÃO

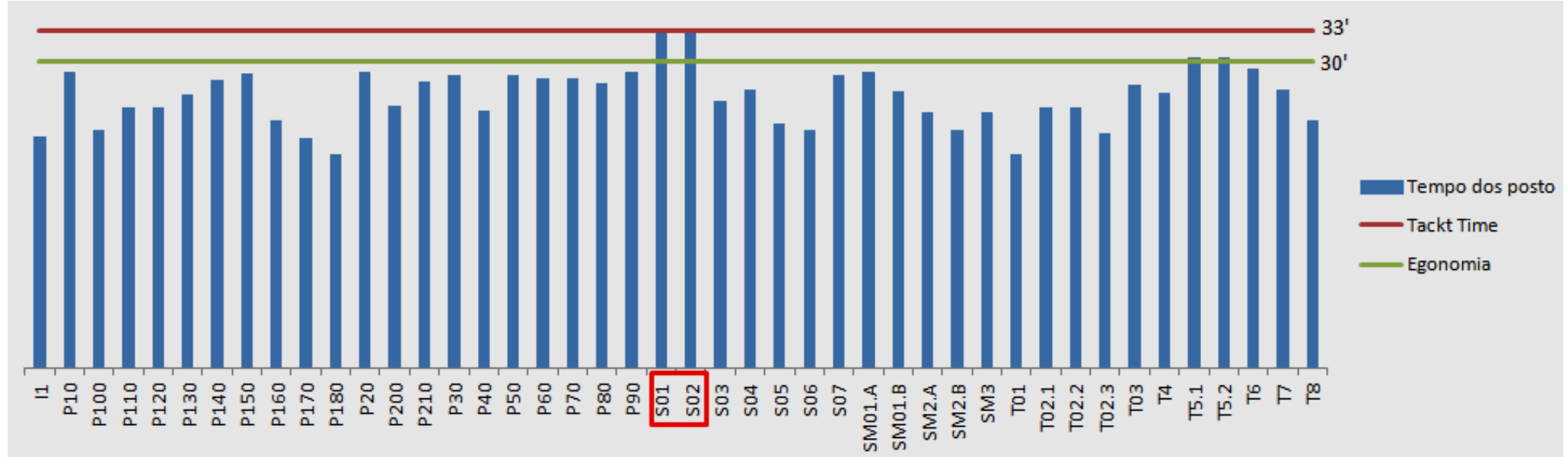
Legenda para o Y1(Solda):
Total de pontos soldados(100%): 12
Nenhum ponto soldado: zero

FACTORS						ANSWER
Dia	Turno	Posto S01	Posição no carrossel	Amostra	Medidas	Y1 (Solda)
1	1	1	1	1	1	12
1	1	1	1	1	1	12
1	1	1	1	1	2	8
1	1	1	1	1	2	6
1	1	1	1	2	3	12
1	1	1	1	2	3	12
1	1	1	1	2	4	6
1	1	1	1	2	4	12
1	1	1	2	3	5	12
1	1	1	2	3	5	8
1	1	1	2	3	6	6
1	1	1	2	3	6	12
1	1	1	2	4	7	12
1	1	1	2	4	7	12
1	1	1	2	4	8	6
1	1	1	2	4	8	12
1	1	1	3	5	9	12
1	1	1	3	5	9	12
1	1	1	3	5	10	8
1	1	1	3	5	10	12
1	1	1	3	6	11	12
1	1	1	3	6	11	12
1	1	1	3	6	12	12
1	1	1	3	6	12	6
1	1	1	4	7	13	12
1	1	1	4	7	13	8
1	1	1	4	7	14	12
1	1	1	4	7	14	8
1	1	1	4	8	15	12
1	1	1	4	8	15	12
1	1	1	4	8	16	6
1	1	1	4	8	16	12


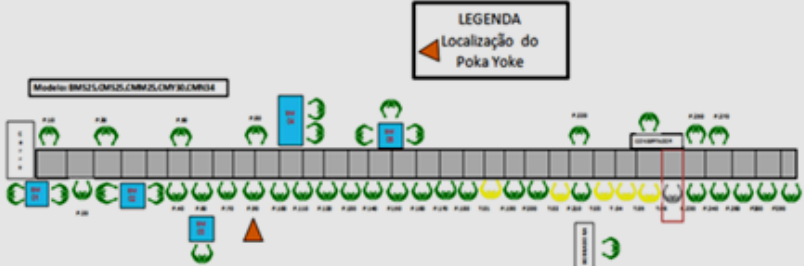
ANEXO E- FOLHA DE CROANÁLISE

		FOLHA DE CRONOMETRAGEM																	DATA:	FOLHA: 1/1	
POSTO	OPERAÇÃO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TTR	X	FR	TB	EF	TN	TOL	TP	CB	DESCRIÇÃO
		BALANCEAMENTO ANTES																	33		
1	PEGAR EVAPORADOR DO PALETE	4,5	3,7	4,2	2,6	3,8	4,6	2,6	3,2	4,0	6,3	39,4	3,9	1	3,9	90%	3,5	10%	3,90	33	PRODUTO : Rack Evaporador/Condensador
2	POSICIONAR TUBO ENTRADA NO EVAPORADOR	6,4	30,1	6,9	4,6	7,6	5,7	6,1	6,0	5,3	6,6	145,3	15	1	15	90%	13,1	10%	14,38	33	MODELO : 10
3	ACENDER MAÇARICO	2,9	2,7	2,0	2,9	2,8	2,4	2,3	2,0	2,1	2,0	24,0	2,4	1	2,4	90%	2,2	10%	2,38	33	CLIENTE : Consul
4	POSICIONAR TUBO DE SAIDA NO EVAPORADOR	9,4	5,5	6,1	6,9	5,6	7,7	6,3	3,3	4,2	8,6	63,5	6,3	1	6,3	90%	5,7	10%	6,28	33	MÁQUINA : Linha 1
5	POSICIONAR MAÇARICO NO ECONOMIZADOR	1,7	2,4	1,7	1,6	1,7	1,8	1,7	1,7	2,1	2,0	18,3	1,8	1	1,8	90%	1,6	10%	1,81	33	SITUAÇÃO ATUAL
6	SOLDAR 3 PONTOS DO TUBO DE ENTRADA	11,1	9,1	10,9	8,2	8,5	9,9	11,6	9,6	9,4	8,0	96,2	9,6	1	9,6	90%	8,7	10%	9,52	33	TEMPO PADRÃO 47,9
7	SOLDAR 3 PONTOS DO TUBO DE SAIDA	9,4	9,9	10,0	10,5	9,2	10,5	9,5	9,4	9,6	9,5	97,5	9,7	1	9,7	90%	8,8	10%	9,65	33	MÃO-DE-OBRA 1,0
8																			0,00	33	PROD. HORA 75
9																			0,00	33	PROD. TURNO 601
10																			0,00	33	PROD. DIA 601
11																			47,92	33	SITUAÇÃO PROPOSTA
		BALANCEAMENTO ATUAL																	33		
1	PEGAR EVAPORADOR DO PALETE	4,5	3,7	4,2	2,6	3,8	4,6	2,6	3,2	4,0	6,3	39,4	3,9	1	3,9	90%	3,5	10%	3,90	33,00	*Soldador se ausenta do Posto 113seg / Operador 31,40 / Auxiliar **Tubo de Saida com leve grau de dificuldade no momento do encaixe. ***Sugestão: produzir com uma frente entre 16 a 20 evaporadores ****Retirar o encaixe e pontos de solda do TUBO DE ENTRADA.
2	ACENDER MAÇARICO	2,9	2,7	2,0	2,9	2,8	2,4	2,3	2,0	2,1	2,0	24,0	2,4	1	2,4	90%	2,2	10%	2,38	33,00	
3	POSICIONAR TUBO DE SAIDA	9,4	5,5	6,1	6,9	5,6	7,7	6,3	3,3	4,2	8,6	63,5	6,3	1	6,3	90%	5,7	10%	6,28	33,00	
4	POSICIONAR MAÇARICO NO ECONOMIZADOR	1,7	2,4	1,7	1,6	1,7	1,8	1,7	1,7	2,1	2,0	18,3	1,8	1	1,8	90%	1,6	10%	1,81	33,00	
5	SOLDAR 3 PONTOS DO TUBO DE SAIDA	9,4	9,9	10,0	10,5	9,2	10,5	9,5	9,4	9,6	9,5	97,5	9,7	1	9,7	90%	8,8	10%	9,65	33,00	
																				33,00	
																				33,00	
																				33,00	


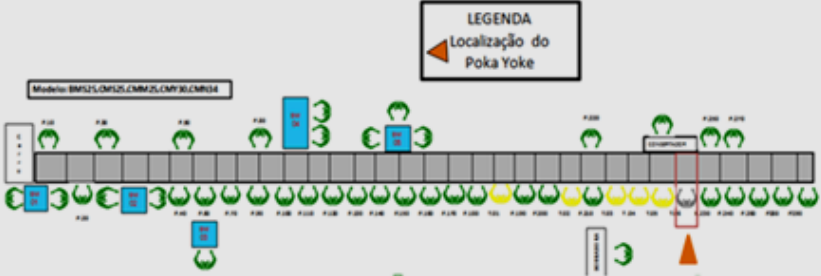
ANEXO F- GBO



ANEXO H- FICHA POKA YOKE - FRENTE

<p>IMAGEM</p> 	<p>FUNÇÃO</p> <p>Alinhar a Porta de forma que a mesma fique na altura e distância axata no painel</p>	<p>LAYOUT DA LINHA/CÉLU</p> 			
<p>POKAYOKÉ</p> <p>Alinhador da Porta</p> <p>NÍVEL</p> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="181 746 324 834"> <p>1</p> <p>Interrupção: O processo é parado até o erro ser corrigido</p> </td> <td data-bbox="331 746 474 834"> <p>2</p> <p>Controle: previne que defeitos continuem no processo</p> </td> <td data-bbox="481 746 607 834"> <p>3</p> <p>Aviso: sinaliza que defeitos ou erros ocorrem</p> </td> </tr> </table> <p>No. do CHASSI: 15.3</p> <p>DATA DE CRIAÇÃO: 19/06/2013</p> <p>LOCALIZAÇÃO (veja layout atrás)</p>	<p>1</p> <p>Interrupção: O processo é parado até o erro ser corrigido</p>		<p>2</p> <p>Controle: previne que defeitos continuem no processo</p>	<p>3</p> <p>Aviso: sinaliza que defeitos ou erros ocorrem</p>	<p>O QUE FAZER EM CASO DE FALHA</p> <p>Solicitar o backup para o facilitador. O dispositivo deverar ser encaminhado para ferramentaria, onde será feito reparos e depois ser encaminhado para calibração antes de voltar para o processo.</p>
<p>1</p> <p>Interrupção: O processo é parado até o erro ser corrigido</p>	<p>2</p> <p>Controle: previne que defeitos continuem no processo</p>	<p>3</p> <p>Aviso: sinaliza que defeitos ou erros ocorrem</p>			
<p>STP TEAM: Projeto jidoka</p>		<p>WPS TEAM: Projeto jidoka</p>			

ANEXO I- FICHA POKA YOKE - VERSO

<p>IMAGEM</p> 	<p>FUNÇÃO</p> <p>Alinhar a Porta de forma que a mesma fique na altura e distância axata no painel</p>	<p>LAYOUT DA LINHA/CÉLU</p> 
<p>POKAYOKÉ</p> <p>Alinhador da Porta</p> <p>NÍVEL</p> <p>1. Interrompe o processo e alerta o operador 2. Controla o processo e alerta o operador 3. Alerta o operador de uma falha no processo</p> <p>No. do CHASSI: 15.4</p> <p>DATA DE CRIAÇÃO: 17/06/2013</p> <p>LOCALIZAÇÃO (veja layout atrás)</p>	<p>O QUE FAZER EM CASO DE FALHA</p> <p>Solicitar o backup para o facilitador. O dispositivo dever ser encaminhado para ferramentaria, onde será feito reparos e depois ser encaminhado para calibração antes de voltar para o processo.</p>	<p>APLICÁVEL AD(S) MODELO (</p> <p>Salvador/ Caruaru/ Cmpl Dark Night</p>
<p>WPS TEAM: Projeto jidoka</p>		<p>WPS TEAM: Projeto jidoka</p>

ANEXO J- DADOS UNIFICADOS – PLANILHA BASE PARA CÁLCULOS DE PRODUTIVIDADE

Linha	D	Mês	Ano	DAT	Modelo	No. Produtos Real (p1)	Padrão Programado (p3)	Descrição da Ocorrência	H. Produtiva (h1)	H. Disponível (h2)	Paradas (l)	Variáveis (l)	H. Ganhas com Produtividade	Defeitos por Hora	ORIGEM	Processo	Descrição do Problema
LIT1	4	Jan	2016	04M1Q2016	OC097DEBNA	10	99	Falha de Comunicação	0,91	1,00		0,19	0,00	7	MAN.MONTAGEM	CA	Equipamento em Manutenção
LIT1	4	Jan	2016	04M1Q2016	OC097DEBNA	100	99		1,01	1,00			0,01	5		CA	
LIT1	4	Jan	2016	04M1Q2016	OC097DEBNA	0	0	Parte	0,00	0,17			0,00	0	SESH	CA	Evento Programado
LIT1	4	Jan	2016	04M1Q2016	OC097DEBNA	91	92		0,92	0,93			0,09	3		CA	
LIT1	4	Jan	2016	04M1Q2016	OC097DEBNA	100	99		1,01	1,00			0,01	3		CA	
LIT1	4	Jan	2016	04M1Q2016	OC097DEBNA	100	99		1,01	1,00			0,01	3		CA	
LIT1	4	Jan	2016	04M1Q2016	OC097DEBNA	100	99		1,01	1,00			0,01	2		CA	
LIT1	4	Jan	2016	04M1Q2016	OC097DEBNA	100	99		1,01	1,00			0,01	3		CA	
LIT1	4	Jan	2016	04M1Q2016	OC097DEBNA	100	99		1,01	1,00			0,01	3		CA	
LIT1	4	Jan	2016	04M1Q2016	OC097DEBNA	14	99		0,65	1,00			0,00	2		CA	
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	90	99	Falha de Comunicação	0,91	1,00		0,09	0,00	7	MAN.MONTAGEM	CA	Equipamento em Manutenção
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	90	99	Não Atende	0,91	1,00		0,19	0,00	19	AUD.QUALIDADE	CA	Material não Conforme
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	0	0	Parte	0,00	0,17			0,00	0	SESH	CA	Evento Programado
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	70	92	Com Roberto	0,71	0,93		0,12	0,00	19	AUD.QUALIDADE	CA	Material não Conforme
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	90	92		0,91	0,93			0,00	2		CA	
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	0	0	Set-up	0,00	0,17			0,00	0		CA	
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	110	99		1,11	1,00			0,11	3	PCPMSEB	CA	Evento Programado
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	90	99	Não Atende	0,91	1,00		0,09	0,00	7	AUD.QUALIDADE	CA	Material não Conforme
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	90	99	Empenado	0,91	1,00		0,09	0,00	7	AUD.QUALIDADE	CA	Material não Conforme
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	100	99		1,01	1,00			0,01	3		CA	
LIT1	5	Jan	2016	05M1Q2016	OC097DEBNA	90	99		0,94	1,00			0,00	2		CA	
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	0	0	Redução de mão de obra	0,00	1,00			0,00	0	RH	CA	Evento Programado
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	90	99		1,00	1,00			0,00	5		CA	
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	90	99		1,00	1,00			0,00	3		CA	
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	0	0	Parte	0,00	0,17			0,00	0	SESH	CA	Evento Programado
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	70	75		0,70	0,93			0,00	3		CA	
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	100	99		1,11	1,00			0,11	5		CA	
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	100	99		1,11	1,00			0,11	5		CA	
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	100	99		1,11	1,00			0,11	7		CA	
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	26	23		0,29	0,25			0,04	1		CA	
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	0	0	Set-up	0,00	0,17			0,00	0		CA	
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	50	52		0,65	0,99			0,06	5	PCPMSEB	CA	Evento Programado
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	16	60		1,07	0,75			0,32	3		CA	
LIT1	6	Jan	2016	06M1Q2016	OC097DEBNA	0	0	Revisão	0,00	0,25			0,00	0	PCPMSEB	CA	Evento Programado
LIT1	7	Jan	2016	07M1Q2016	OC097DEBNA	90	99	Não Atende	0,99	1,00		0,11	0,00	0	AUD.QUALIDADE	CA	Material não Conforme
LIT1	7	Jan	2016	07M1Q2016	OC097DEBNA	90	99	Não Atende	0,99	1,00		0,11	0,00	0	AUD.QUALIDADE	CA	Material não Conforme
LIT1	7	Jan	2016	07M1Q2016	OC097DEBNA	44	45	Não Atende	0,49	0,50		0,01	0,00	6	AUD.QUALIDADE	CA	Material não Conforme
LIT1	7	Jan	2016	07M1Q2016	OC097DEBNA	0	0	Set-up	0,00	0,17			0,00	0	PCPMSEB	CA	Evento Programado
LIT1	7	Jan	2016	07M1Q2016	OC097DEBNA	33	39		0,37	0,33			0,04	3		CA	
LIT1	7	Jan	2016	07M1Q2016	OC097DEBNA	0	0	Parte	0,00	0,17			0,00	0	SESH	CA	Evento Programado

ANEXO K- FIT – FOLHA DE INSTRUÇÃO DE TRABALHO

FOLHA DE INSTRUÇÃO DE TRABALHO																
UGB	Tempos		SKU / Máquinas / Outros	Descrição das atividades	Projeto	Plataforma	Posto	Célula	Nº Pag							
	MONTAGEM RAC	Padrão									Real					
Legendas			Proteções individuais e coletivas	Ferramentas necessárias	Dispositivos necessários / outro	Procedimento de alerta										
	Qualidade		Atenção		Sequencia das atividades		Observar FIS do processo para mais ir detalhes sobre EPIs		0	0		Esta atividade deve ser executada somente por operador habilitado nessa FIT (ver verso)				
Nº Atividades:			Tempos:		Nº Atividades:		Tempos:		Nº Atividades:		Tempos:		Nº Atividades:		Tempos:	
Responsável:			Engenheiro Industrial		Engenheiro de Qualidade		Coordenador:									
Nome:			Nome:		Nome:		Nome:									
Ass:			Ass:		Ass:		Ass:									

ANEXO L- CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

ID	Nome	Duração	Início	Término	Pred	Qtr 1, 2016			Qtr 2, 2016			Qtr 3, 2016			Qtr 4, 2016		
						Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	<input type="checkbox"/> Projeto de Dissertação do Mestrado	233 dias?	01/02/16 08:00	21/12/16 17:00		[Barra de projeto]											
2	<input type="checkbox"/> Etapa 1: Preparação	224 dias?	01/02/16 08:00	08/12/16 17:00		[Barra de etapa]											
3	<input type="checkbox"/> Escolha do tema	1 dia?	01/02/16 08:00	01/02/16 17:00		[Barra de tarefa]											
4	<input type="checkbox"/> Aceite do orientador	3 dias?	01/02/16 08:00	03/02/16 17:00	3	[Barra de tarefa]											
5	<input type="checkbox"/> Consenso cronograma do projeto	3 dias?	06/02/16 08:00	10/02/16 17:00	4	[Barra de tarefa]											
6	<input type="checkbox"/> Aceite do orientador, protocolo e cronograma definido	1 dia?	11/02/16 08:00	11/02/16 17:00	5	[Barra de tarefa]											
7	<input type="checkbox"/> Etapa 2: Qualificação	168 dias?	12/02/16 08:00	04/10/16 17:00		[Barra de etapa]											
8	<input type="checkbox"/> Introdução	20 dias?	12/02/16 08:00	10/03/16 17:00		[Barra de etapa]											
9	<input type="checkbox"/> Contextualização	20 dias?	12/02/16 08:00	10/03/16 17:00	6	[Barra de tarefa]											
10	<input type="checkbox"/> Objetivos: geral e específicos	10 dias?	15/02/16 08:00	26/02/16 17:00	9	[Barra de tarefa]											
11	<input type="checkbox"/> Justificativa	10 dias?	16/02/16 08:00	29/02/16 17:00	10	[Barra de tarefa]											
12	<input type="checkbox"/> Delimitação do estudo	10 dias?	17/02/16 08:00	01/03/16 17:00	11	[Barra de tarefa]											
13	<input type="checkbox"/> Estrutura do trabalho	11 dias?	18/02/16 08:00	03/03/16 17:00		[Barra de etapa]											
14	<input type="checkbox"/> Metodologia	10 dias?	18/02/16 08:00	02/03/16 17:00	12	[Barra de tarefa]											
15	<input type="checkbox"/> Fundamentação	10 dias?	19/02/16 08:00	03/03/16 17:00	14	[Barra de tarefa]											
16	<input type="checkbox"/> Revisão da literatura	10 dias?	19/02/16 08:00	03/03/16 17:00		[Barra de etapa]											
17	<input type="checkbox"/> Pesquisa bibliográfica/redação	10 dias?	19/02/16 08:00	03/03/16 17:00	14; 15	[Barra de tarefa]											
18	<input type="checkbox"/> Metodologia	100 dias?	04/03/16 08:00	21/07/16 17:00		[Barra de etapa]											
19	<input type="checkbox"/> Fundamentação	30 dias?	04/03/16 08:00	14/04/16 17:00	17	[Barra de tarefa]											
20	<input type="checkbox"/> Procedimentos	20 dias?	15/04/16 08:00	12/05/16 17:00	19	[Barra de tarefa]											
21	<input type="checkbox"/> Coleta de dados	10 dias?	13/05/16 08:00	26/05/16 17:00	20	[Barra de tarefa]											
22	<input type="checkbox"/> Tratamento dos dados	15 dias?	27/05/16 08:00	16/06/16 17:00	21	[Barra de tarefa]											
23	<input type="checkbox"/> Validação dos resultados	20 dias?	17/06/16 08:00	14/07/16 17:00	22	[Barra de tarefa]											
24	<input type="checkbox"/> Atualização do cronograma	5 dias?	15/07/16 08:00	21/07/16 17:00	23	[Barra de tarefa]											
25	<input type="checkbox"/> FINALIZAÇÃO	53 dias?	22/07/16 08:00	04/10/16 17:00		[Barra de etapa]											
26	<input type="checkbox"/> Revisão e ajustes	4 dias?	22/07/16 08:00	27/07/16 17:00	24	[Barra de tarefa]											
27	<input type="checkbox"/> Impressão e encadernação em 3 vias	1 dia?	28/07/16 08:00	28/07/16 17:00	26	[Barra de tarefa]											
28	<input type="checkbox"/> Entrega	1 dia?	08/09/16 08:00	08/09/16 17:00	27	[Barra de tarefa]											
29	<input type="checkbox"/> Montagem da apresentação	3 dias?	09/09/16 08:00	13/09/16 17:00	28	[Barra de tarefa]											
30	<input type="checkbox"/> Ensaio	2 dias?	14/09/16 08:00	15/09/16 17:00	29	[Barra de tarefa]											
31	<input type="checkbox"/> Período de defesa	12 dias?	16/09/16 08:00	03/10/16 17:00	30	[Barra de tarefa]											
32	<input type="checkbox"/> Aprovação	1 dia?	04/10/16 08:00	04/10/16 17:00	31	[Barra de tarefa]											

ANEXO M- CRONOGRAMA DE ATIVIDADES (CONTINUAÇÃO...)

ID	Nome	Duração	Início	Término	Pred	Qtr 1, 2016			Qtr 2, 2016			Qtr 3, 2016			Qtr 4, 2016		
						Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
33	Etapa 3: Dissertação	40 dias?	05/10/16 08:00	29/11/16 17:00													
34	Correções e atualizações	2 dias?	05/10/16 08:00	06/10/16 17:00	32												
35	Elementos textuais	33 dias?	07/10/16 08:00	22/11/16 17:00													
36	Pesquisa	33 dias?	07/10/16 08:00	22/11/16 17:00													
37	Coleta dos dados	5 dias?	07/10/16 08:00	13/10/16 17:00	34												
38	Organização dos dados	5 dias?	14/10/16 08:00	20/10/16 17:00	37												
39	Resultados (análise e discussão)	5 dias?	21/10/16 08:00	27/10/16 17:00	38												
40	Considerações Finais	10 dias?	28/10/16 08:00	10/11/16 17:00	39												
41	Conclusões	6 dias?	11/11/16 08:00	18/11/16 17:00	40												
42	Limitações da pesquisa	1 dia?	21/11/16 08:00	21/11/16 17:00	41												
43	Sugestão de novas pesquisas	1 dia?	22/11/16 08:00	22/11/16 17:00	42												
44	Elementos pós-textuais	5 dias?	23/11/16 08:00	29/11/16 17:00													
45	Referências	1 dia?	23/11/16 08:00	23/11/16 17:00	43												
46	Anexos e apêndices	1 dia?	24/11/16 08:00	24/11/16 17:00	45												
47	Ensaio	1 dia?	25/11/16 08:00	25/11/16 17:00	46												
48	Período de defesa	1 dia?	28/11/16 08:00	28/11/16 17:00	47												
49	Aprovação	1 dia?	29/11/16 08:00	29/11/16 17:00	48												
50	Etapa 4: Defesa	7 dias?	30/11/16 08:00	08/12/16 17:00													
51	Revisão e ajustes	1 dia?	30/11/16 08:00	30/11/16 17:00	49												
52	Impressão e encadernação em 3 vias	2 dias?	01/12/16 08:00	02/12/16 17:00	51												
53	Entrega / pedido de defesa	1 dia?	05/12/16 08:00	05/12/16 17:00	52												
54	Montagem da apresentação	3 dias?	06/12/16 08:00	08/12/16 17:00	53												
55	Etapa 4: Certificação de Mestre	9 dias?	09/12/16 08:00	21/12/16 17:00													
56	Revisão e ajustes	2 dias?	09/12/16 08:00	12/12/16 17:00	54												
57	Aprovação final	1 dia?	13/12/16 08:00	13/12/16 17:00	56												
58	Impressão e encadernação oficial	1 dia?	14/12/16 08:00	14/12/16 17:00	57												
59	Entrega (impressa e digital)	4 dias?	15/12/16 08:00	20/12/16 17:00	58												
60	Título de mestre	1 dia?	21/12/16 08:00	21/12/16 17:00	59												

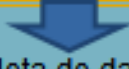
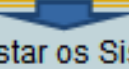
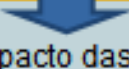
Observação: Ao longo do processo, caso necessário, o cronograma poderá ser revisto em comum acordo com o professor orientador.

ANEXO N- JIDOKA (APLICAÇÃO PRÁTICA)





- **Poka Yoke**
- São Sistemas a Prova de Erros capazes de evitar que um defeito, um erro, ou acidente aconteça, ou de detectar a falha, e impedir que estas passem para o processo seguinte.



ANEXO O- MÉTODO SEIS SIGMA PARA COLETA DE DADOS

Atividades	Ferramentas
Decidi entre as alternativas de coletar novos dados ou usar os dados já existentes na empresa.	*Avaliação do Sistema de Medição/ Inspeção (MSE)
	
Identificar a forma de estratificação para o problema.	* Estratificação
	
Planejar a coleta de dados.	*Plano para Coleta de Dados *Folha de Verificação *Amostragem
	
Preparar e testar os Sistemas de Medição/Inspeção	*Avaliação do Sistema de Medição/ Inspeção (MSE)
	
Coletar dados.	*Plano para Coleta de Dados *Folha de Verificação *Amostragem
	
Analisar o impacto das várias partes do problema e identificar os problemas prioritários.	*Estratificação *Diagrama de Pareto
	
Estudar as variações dos problemas prioritários identificados.	* Gráfico Sequência *Carta de Controle * Análise de Séries Temporais *Histograma *Boxplot *Índice de Capacidade *Métrica do Seis Sigma *Análise Multivariada

ANEXO P- ALGUMAS FERRAMENTAS SEIS SIGMA PARA ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Atividades	Ferramentas
Analisar o processo gerador do problema prioritário(Process Door).	<ul style="list-style-type: none"> *Fluxograma *Mapa de Processo *Mapa de Produto *Análise do Tempo de Ciclo *FMEA *FTA
	
Analisar dados gerador do problema prioritário(Data Door).	<ul style="list-style-type: none"> *Avaliação do Sistema de Medição/ Inspeção (MSE) *Histograma *Boxplot *Estratificação *Diagrama de Dispersão *Cartas "Multi-Van"
	
Identificar e organizar as causas potenciais do problema prioritário.	<ul style="list-style-type: none"> *Brainstormig *Diagrama de Causa e Efeito *Diagrama de Afinidades *Diagrama de Relações
	
Priorizar as causas potenciais do problema prioritário.	<ul style="list-style-type: none"> *Diagrama de Matriz *Matriz de Priorização
	
Quantificar a importância das causas potenciais prioritárias (determinar as causas fundamentais).	<ul style="list-style-type: none"> *Avaliação do Sistema de Medição/ Inspeção (MSE) *Carta de Controle *Diagrama de Dispersão *Análise de Regressão *Teste de Hipóteses *Análise de Variância *Planejamento de Experimentos *Análise de Tempos de Falhas *Testes de Vida Acelerados

ANEXO Q- BUSINESS CASE

025 - 16		Projeto	
		1º ano	Demais anos
. Impacto Total do Projeto - R\$	(+) Better / (-) Worse	R\$ 145.131	R\$ 92.277
. Benefícios de Receita, Margem ou Outros		R\$ 0	R\$ 0
. Créditos e Incentivos / Despesas com Impostos		R\$ 0	R\$ 0
. Impacto de Custo	(+) Better / (-) Worse	R\$ 150.256	R\$ 104.577
. Conversão		R\$ 150.256	R\$ 104.577
. Outras Despesas do Projeto / Saving	(+) Better / (-) Worse	R\$ 0	R\$ 0
. Investimento Previsto Total		R\$ 123.000	R\$ 0
. Investimento		R\$ 123.000	R\$ 0
. Depreciação Incremental / ano		R\$ 5.125	R\$ 12.300
. Indicadores Econômicos			
. NPV			R\$ 241.029
. Payback			0,64 anos
. IRR			32%
. ROIC			86,9%

ANEXO R- DETALHES DO INVESTIMENTO

Detalhes do investimento do projeto: itens, equipamentos or serviços para ser adquiridos						
Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Total (R\$)	Fornecedores	Fornecedor atual	Número do evento #
Serviço de automação de novos postos	1.0	28.605,00	28.605,00	Lógica, LC, Kanto, D2	Lógica	215040
Adequação da Linha de Montagem	1.0	25.000,00	25.000,00	Lógica, LC, Kanto, D2	LC	222222
Pallets	20	3.800,00	38.000,00	Lógica, LC, Kanto, D2	Kanto	341278
Carrossel	2.0	23.000,00	46.000,00	Lógica, LC, Kanto, D2	Kanto	357331