



# ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DO SETOR DE AUTOMÓVEIS

**ISADORA CAROLINA ANTONIOLLI**

julho de 2017

# **ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DO SETOR DE AUTOMÓVEIS**

Isadora Carolina Antonioli

**2017**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica – Gestão Industrial





## **ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DO SETOR DE AUTOMÓVEIS**

Isadora Carolina Antonioli  
1160385

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial, realizada sob a orientação da Professora Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira e coorientação do Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira, do Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) de Portugal e do Professor Mestre Neron Alípio Cortes Berghauer da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Medianeira (UTFPR-MD) do Brasil.

**2017**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica – Gestão Industrial





# JÚRI

## **Presidente**

Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)

## **Orientador**

Professora Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)

## **Coorientador**

Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)

## **Arguente**

Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho

Professor Associado com Agregação do Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu forças, me guiou e me acompanhou nessa jornada.

Aos meus pais e a minha irmã, que apesar da saudade, foram amorosos, essenciais, extremamente compreensivos, estavam dispostos a me ouvir em todas as horas, me deram os melhores conselhos para seguir em frente e me mantiveram firme para cumprir com meu objetivo nessa fase.

A minha orientadora Professora Doutora Maria Teresa Pereira e meu coorientador Professor Doutor Luís Carlos Pinto Ferreira de Portugal, que responderam a incansáveis e-mails, me auxiliaram e estiveram sempre dispostos a me ajudar e tirar todas as dúvidas em qualquer situação. Eles que me acompanharam nessa jornada e me forneceram conhecimento, sugestões e conselhos para realizar um trabalho à altura do esperado.

Aos meus coordenadores de curso Professor Mestre Neron Alípio Cortes Berghauser da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Medianeira (UTFPR-MD) do Brasil e ao Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) de Portugal. Eles que acompanharam minha evolução e caminhada durante a realização do programa de Dupla Titulação realizado com o intuito de promover a integração de ambas as universidades e dos cursos de Engenharia de Produção do Brasil e Engenharia Mecânica – Gestão Industrial de Portugal. Uma oportunidade única e enriquecedora, que contribuiu para o meu crescimento pessoal, acadêmico e profissional perante essa nova experiência.

E por fim, a empresa parceira que por meio de uma ótima oportunidade de estágio, me concedeu espaço para trabalhar na equipe e desenvolver minha pesquisa no levantamento dos dados necessários. Essa nova experiência com a ajuda dos colegas de trabalho, me auxiliou a enriquecer meus conhecimentos e me mostrou na prática a aplicação de ferramentas essenciais do dia-a-dia de um engenheiro de produção.



## PALAVRAS CHAVE

Setor Automóvel, Lean Manufacturing, Capacidade Produtiva, Otimização da Produção, Desperdício.

## RESUMO

Com o aumento das exigências do mercado, as empresas precisam reagir de forma rápida e eficiente para corresponder à demanda dos clientes. Porém, mesmo as mais modernas estruturas e tecnologias, não são suficientes para atrair o consumidor. Dessa forma, o objetivo estratégico se concentra em reduzir os desperdícios e ultrapassar os obstáculos por meio da aplicação de métodos que interferem diretamente no aumento da capacidade disponível, da produtividade diária das linhas e da eficiência das máquinas e dos operadores.

Em específico, o seguinte estudo teve como finalidade a análise e otimização do processo de uma linha de produção que fabrica componentes para os sistemas de ar condicionado, nomeada AA6, por meio da aplicação de ferramentas de melhoria para aprimorar o funcionamento geral do sistema. Com base na filosofia *Lean*, a intenção foi analisar o volume de produção e a capacidade produtiva ligado à produtividade. Por meio dessa metodologia, foi exequível identificar os pontos críticos que precisavam ser aperfeiçoados e aplicar métodos para enfatizar a otimização, como o *Standard Work* para padronização das operações e o *Kaizen na* melhoria contínua dos processos.

Após a execução do estudo pode-se concluir que diversas foram as oportunidades de melhorias identificadas que representaram um aumento de 10% na Eficiência Geral do Equipamento (OEE), passando de 72% na 1ª análise para 82% após a implementação das otimizações estabelecidas. Todas essas soluções, por sua vez propiciaram o ajuste dos objetivos de produção, da capacidade produtiva, da eficiência e principalmente da evolução do processo produtivo da linha AA6 durante esta análise.

Com a aplicação das melhorias em cada posto de trabalho, foi possível comparar a redução dos tempos de ciclos, deslocamentos excessivos, movimentações desnecessárias, as não conformidades com os postos de trabalho, problemas de máquina, aceleração do processo e adequação das referências em cada família de produtos, com vista a otimizar o processo. Isso tende a aumentar a probabilidade de cumprimentos das demandas com o cliente e ocasiona satisfação e fidelidade dos consumidores.



**KEYWORDS**

*Automotive Sector, Lean Thinking, Productive Capacity, Production Optimization, Waste.*

**ABSTRACT**

*Due to the increase in market requirements, companies must respond more rapidly and efficiently in order to meet customer demand. However, even the most modern facilities and technologies have fallen short of attracting the consumer. The strategic objective has thus focused on reducing waste and overcome obstacles through the application of methods which directly impact on the increase of available capacity and daily production on lines, as well as that of machine and operator efficiency.*

*More specifically, the purpose of the study at hand was to analyze and optimize the process of air-conditioner line AA6 by means of the implementation of improvement tools to enhance the system's general performance. Drawing on Lean philosophy, the intention was to analyze the volume and capacity of production associated to manufacturing productivity. Through this methodology, one was able to identify the critical points requiring improvement and then proceeded with the implementation of methods to enhance optimization, such as the use of Standard Work to standardize operations, and Kaizen to ensure the continuous improvement of the processes.*

*After executing the study, one was able to conclude that the identification of various opportunities for improvement represented an increase of 10% in Overall Equipment Effectiveness (OEE), from 72% obtained in the first analysis to 82% after the implementation of established optimization procedures. All of these solutions then enabled one to adjust the objectives related to production, productive capacity, efficiency and, above all, the enhancement of the production process on line AA6 during this specific analysis.*

*Due to the implementation of improvements at each work station, one was able to optimize the process by comparing the reduction in cycle times, excessive displacements, unnecessary movements, non-conformities with workstations, machine problems, process speeds and the suitable adjustment of references for each product group. This approach will tend towards increasing the probability of meeting customer demands which will, in turn, lead to customer satisfaction and loyalty.*



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

AA	Designação AA utilizada pela empresa em estudo, para indicar as linha de produção de Ar Condicionado.
A, B, C e D	Designação utilizada pela empresa em estudo, para diferenciar os quatro turnos que operam durante 12 horas/dia.
Cp	Capacidade Produtiva do Processo
DA	Direção Assistida
E	Eficiência
FOS	Folha de Operação <i>Standard</i>
GCC	Gabarito de Controle de Curvatura
GCF	Gabarito de Controle Final
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
LT	<i>Lead Time</i>
MESIC	<i>Manufacturing Engineering Society International Conference</i>
M, T e N	Designação utilizada pela empresa em estudo, para diferenciar os três turnos que operam durante 8 horas/dia.
MTO	<i>Make to Order</i>
N <sub>mín</sub>	Número Mínimo de Estações
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OP	Operador
PIB	Produto Interno Bruto
PIC	Plano Industrial Comercial
POP	Procedimento Operacional Padrão
PPH	Peças Fabricadas por Hora
PREP	Preparação
QRQC	<i>Quick Response to Quality Control</i>
STP	Sistema Toyota de Produção
TC	Tempo de Ciclo
T <sub>i</sub>	Tempo de cada Posto, onde i = 1, 2, ... , n
TPS	Toyota Production System
TT	<i>Takt Time</i>
UTFPR-MD	Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Medianeira
WIP	<i>Work in Progress</i>

### Lista de Símbolos

$\Sigma$	Somatório
%	Porcentagem



## GLOSSÁRIO DE TERMOS

---

Bracket	Componente prensado com uma borracha nos tubos dos sistemas de ar condicionado, que permitem futuro encaixe da peça final no automóvel do cliente.
Flange	Componente embutido nas extremidades do tubo, tem como função unir dois elementos de tubulação para dar suporte na montagem final dos sistemas de ar condicionado de acordo com os requisitos do cliente.
Mousse	Componente colado no tubo, em local especificado de acordo com os requisitos do cliente, para evitar contato direto ou amortecer o contato no futuro encaixe da peça no automóvel do cliente final.
O'Ring	Componente também conhecido como junta tórica, o o'ring ou anel de vedação é utilizado pela empresa em estudo para vedar as extremidades dos sistemas de ar condicionado que são fabricados.

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DA PRODUÇÃO POR TIPO DE PRODUTO	33
FIGURA 2 – DEMANDA DE PRODUTOS POR CLIENTE	34
FIGURA 3 – PRINCÍPIOS <i>LEAN</i> REVISTOS	41
FIGURA 4 – CASA DO TPS	42
FIGURA 5 – MODELO DE UM GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA	44
FIGURA 6 – OS SETE DESPERDÍCIOS DO <i>LEAN THINKING</i>	46
FIGURA 7 – <i>MUDA, MURA E MURI</i>	47
FIGURA 8 – RAMIFICAÇÃO DO OEE	50
FIGURA 9 – ESTRUTURA QRQC	52
FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DA SEQUÊNCIA DE ATIVIDADES DO DESENVOLVIMENTO	55
FIGURA 11 – DISTRIBUIÇÃO DAS LINHAS DE AR CONDICIONADO (AA) E DIREÇÃO ASSISTIDA (DA)	56
FIGURA 12 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DE PRODUÇÃO DA EMPRESA	58
FIGURA 13 – FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSO PRODUTIVO DA LINHA AA6	59
FIGURA 14 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 1 DA FAMÍLIA 1	66
FIGURA 15 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 2 DA FAMÍLIA 1	67
FIGURA 16 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 3 DA FAMÍLIA 1	67
FIGURA 17 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 4 DA FAMÍLIA 1	67
FIGURA 18 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 1 DA FAMÍLIA 2	71
FIGURA 19 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 2 DA FAMÍLIA 2	72
FIGURA 20 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 3 DA FAMÍLIA 2	72
FIGURA 21 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 4 DA FAMÍLIA 2	73
FIGURA 22 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 1 DA FAMÍLIA 3	76
FIGURA 23 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 2 DA FAMÍLIA 3	77
FIGURA 24 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 3 DA FAMÍLIA 3	77
FIGURA 25 – GRÁFICO HOMEM-MÁQUINA PARA O POSTO 4 DA FAMÍLIA 3	78
FIGURA 26 – PERCENTAGEM DO OEE REFENTE À 1ª ANÁLISE COM RELAÇÃO AO OBJETIVO	85
FIGURA 27 – MELHORIA NA ESTANTE <i>KANBAN</i> DOS COMPONENTES DA APARAFUSADORA	91
FIGURA 28 – MELHORIA NO SISTEMA DE COLOCAÇÃO DO MECANISMO DA VÁLVULA NA APARAFUSADORA	91
FIGURA 29 – MELHORIA NO SUPORTE DO ROLO DA <i>MOUSSE</i>	92
FIGURA 30 – MELHORIA COM A INDUSTRIALIZAÇÃO DAS CURVADORAS PARA A FAMÍLIA 1	92
FIGURA 31 – MELHORIA COM A ALTERAÇÃO DA ESTANTE <i>KANBAN</i> DOS TRANSDUTORES	92
FIGURA 32 – MELHORIA COM A RETIFICAÇÃO DO VARÃO ENTRE POSTOS	93
FIGURA 33 – MELHORIA COM A REORGANIZAÇÃO DO <i>LAYOUT</i> E AUMENTO DO ESPAÇO DISPONÍVEL	93
FIGURA 34 – MELHORIA NA ALOCAÇÃO DAS ESTANTES DE CALIBRES	93
FIGURA 35 – MELHORIA NA REDEFINIÇÃO DO <i>SHOPSTOCK</i> DOS CONTENTORES	94
FIGURA 36 – MELHORIA NA REALOCAÇÃO DA ESTANTE DE CALIBRES DA CÉLULA VIZINHA	94
FIGURA 37 – MELHORIA NOS PAINÉIS DE INFORMAÇÃO DA LINHA	94
FIGURA 38 – MELHORIA NA ENTRADA DA LINHA (MUDANÇA DE <i>LAYOUT</i> )	95
FIGURA 39 – MELHORIA NO ACONDICIONAMENTO DAS <i>BRACKETS</i> REJEITADAS	95

---

FIGURA 40 – MELHORIA NA ALTERAÇÃO DA MESA DE <i>BRACKETS</i> 2	95
FIGURA 41 – MELHORIA NO AUMENTO DA MOVIMENTAÇÃO DAS CAIXAS <i>KANBAN</i> NA MESA DE TESTE	96
FIGURA 42 – MELHORIA NO SUPORTE DA CHAVE DINAMOMÉTRICA	96
FIGURA 43 – MELHORIA NA ELABORAÇÃO DAS TAMPAS DAS CAIXAS DE TAMPÕES DA MESA DE TESTE	96
FIGURA 44 – MELHORIA NA PRATELEIRA PARA AS PEQUENAS FERRAMENTAS DE TROCA DA MESA DE TESTE	97
FIGURA 45 – MELHORIA NO LOCAL DA CAIXA DAS GRANDES FERRAMENTAS DE TROCA DE MESA DE TESTE	97
FIGURA 46 – MELHORIA COM A PADRONIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES	97
FIGURA 47 – MELHORIA COM A INSTALAÇÃO DE UM ACELERADOR DE TESTE FINAL DAS PEÇAS	98
FIGURA 48 – MELHORIA NO SUPORTE DA ETIQUETA DE GELO	98
FIGURA 49 – MELHORIA NOS OBSTÁCULOS DA PORTA DA MESA DE TESTE	98
FIGURA 50 – MELHORIA NA MUDANÇA DO LOCAL DO CONTROLE DA VÁLVULA DA MESA DE TESTE	99
FIGURA 51 – MELHORIA NA ALTURA DO VARÃO DO TUBO PEQUENO	99
FIGURA 52 – MELHORIA DO LOCAL PARA COLOCAR O COPO DO LUBRIFICANTE	99
FIGURA 53 – MELHORIA NO SUPORTE PARA ALOCAR AS FERRAMENTAS DE TROCA DA PRENSA	100
FIGURA 54 – PERCENTAGEM DO OEE REFERENTE A 2º ANÁLISE COM RELAÇÃO AO OBJETIVO	117
FIGURA 55 – FLUXO PRODUTIVO DE PRODUÇÃO DA FAMÍLIA 1 PARA QUATRO OPERADORES	120
FIGURA 56 – FLUXO PRODUTIVO DE PRODUÇÃO DA FAMÍLIA 2 PARA QUATRO OPERADORES	121
FIGURA 57 – FLUXO PRODUTIVO DE PRODUÇÃO DA FAMÍLIA 3 PARA QUATRO OPERADORES	121

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – OBJETIVOS DE PRODUÇÃO ANTES DO ESTUDO DA LINHA AA6	61
TABELA 2 – PLANO INDUSTRIAL COMERCIAL (PIC)	62
TABELA 3 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 1 DA FAMÍLIA 1	64
TABELA 4 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 2 DA FAMÍLIA 1	64
TABELA 5 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 3 DA FAMÍLIA 1	64
TABELA 6 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 4 DA FAMÍLIA 1	65
TABELA 7 – TEMPO DE OPERAÇÃO DA FAMÍLIA 1 PARA CADA POSTO DE TRABALHO	65
TABELA 8 – RELAÇÃO DOS OBJETIVOS E DA EFICIÊNCIA DA FAMÍLIA 1	66
TABELA 9 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 1 DA FAMÍLIA 2	69
TABELA 10 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 2 DA FAMÍLIA 2	69
TABELA 11 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 3 DA FAMÍLIA 2	70
TABELA 12 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 4 DA FAMÍLIA 2	70
TABELA 13 – TEMPO DE OPERAÇÃO DA FAMÍLIA 2 PARA CADA POSTO DE TRABALHO	70
TABELA 14 – RELAÇÃO DOS OBJETIVOS E DA EFICIÊNCIA DA FAMÍLIA 2	71
TABELA 15 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 1 DA FAMÍLIA 3	74
TABELA 16 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 2 DA FAMÍLIA 3	74
TABELA 17 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 3 DA FAMÍLIA 3	74
TABELA 18 – RECOLHA DE TEMPOS DO POSTO 4 DA FAMÍLIA 3	75
TABELA 19 – TEMPO DE OPERAÇÃO DA FAMÍLIA 3 PARA CADA POSTO DE TRABALHO	75
TABELA 20 – RELAÇÃO DOS OBJETIVOS E DA EFICIÊNCIA DA FAMÍLIA 3	76
TABELA 21 – CAPACIDADE DA LINHA AA6 A 100% DE EFICIÊNCIA	79
TABELA 22 – CAPACIDADE DA LINHA AA6 A 90% DE EFICIÊNCIA	80
TABELA 23 – ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA LINHA AA6	81
TABELA 24 – CAPACIDADE DA LINHA AA6 COM BASE NA EFICIÊNCIA ATUAL	82
TABELA 25 – OBJETIVOS DA LINHA AA6 APÓS ESTUDO DO TRABALHO	83
TABELA 26 – RECOLHA DOS PARÂMETROS DO OEE DE NOVEMBRO E DEZEMBRO DE 2016	84
TABELA 27 – RECOLHA DOS PARÂMETROS DO OEE DE JANEIRO E FEVEREIRO DE 2017	85
TABELA 28 – COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA ANÁLISE DO POSTO 1 DA FAMÍLIA 1	106
TABELA 29 – COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA ANÁLISE DO POSTO 2 DA FAMÍLIA 1	107
TABELA 30 – COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA ANÁLISE DO POSTO 3 DA FAMÍLIA 1	108
TABELA 31 – COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA ANÁLISE DO POSTO 4 DA FAMÍLIA 1	109
TABELA 32 – COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA ANÁLISE DO POSTO 1 DA FAMÍLIA 2	110
TABELA 33 – COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA ANÁLISE DO POSTO 3 DA FAMÍLIA 2	110
TABELA 34 – COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA ANÁLISE DO POSTO 4 DA FAMÍLIA 2	111
TABELA 35 – COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA ANÁLISE DO POSTO 1 DA FAMÍLIA 3	112
TABELA 36 – COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA ANÁLISE DO POSTO 3 DA FAMÍLIA 3	113
TABELA 37 – COMPARAÇÃO DOS TEMPOS ENTRE A PRIMEIRA E SEGUNDA ANÁLISE DO POSTO 4 DA FAMÍLIA 3	114
TABELA 38 – NOVOS OBJETIVOS DA LINHA AA6, APÓS APLICAÇÃO DO MÉTODO <i>STANDARD WORK</i>	115
TABELA 39 – COMPARATIVO DOS INDICADORES ENTRE A PRIMEIRA E A SEGUNDA ANÁLISE	115
TABELA 40 – RECOLHA DOS PARÂMETROS DO OEE DE MARÇO E ABRIL DE 2017	116

---

TABELA 41 – RECOLHA DOS PARÂMETROS DO OEE DE MAIO DE 2017	116
TABELA 42 – COMPARATIVO DOS PARÂMETROS MÉDIOS DO OEE ENTRE A PRIMEIRA E A SEGUNDA ANÁLISE	117
TABELA 43 – COMPARATIVO DA CAPACIDADE ENTE A PRIMEIRA E A SEGUNDA ANÁLISE	118
TABELA 44 – DIFERENÇA DE DIAS E PERCENTAGEM DE MELHORIA ENTRE A PRIMEIRA E A SEGUNDA ANÁLISE	119
TABELA 45 – DIFERENÇA DAS QUANTIDADES PRODUZIDAS E PERCENTAGENS DE MELHORIA ENTRE A PRIMEIRA E A SEGUNDA ANÁLISE	119
TABELA 46 – SÍNTESE DOS RESULTADOS DA LINHA AA6	122

## ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1 – VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DA CAPACIDADE PRODUTIVA	43
QUADRO 2 – DEFINIÇÃO DOS SETE DESPERDÍCIOS	46
QUADRO 3 – VERTENTES DO OEE	51
QUADRO 4 – DESCRIÇÃO DE CADA ETAPA DO PROCESSO PRODUTIVO	60
QUADRO 5 – ANÁLISE DAS FALHAS MAIS FREQUENTES DA LINHA AA6	86
QUADRO 6 – ASSOCIAÇÃO DOS PROBLEMAS E PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA A LINHA AA6	88
QUADRO 7 – DESCRIÇÃO DO MÉTODO <i>STANDARD WORK</i> EM CADA MÁQUINA DA LINHA AA6	101



## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – TAKT TIME	43
EQUAÇÃO 2 – LEAD TIME	43
EQUAÇÃO 3 – TEMPO DE CICLO	43
EQUAÇÃO 4 – TEMPO TOTAL	43
EQUAÇÃO 5 – NÚMERO MÍNIMO DE ESTAÇÕES (POSTOS)	43
EQUAÇÃO 6 – EFICIÊNCIA GERAL	43
EQUAÇÃO 7 – CAPACIDADE PRODUTIVA DO PROCESSO	43
EQUAÇÃO 8 – EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO	50
EQUAÇÃO 9 – INDICADOR DISPONIBILIDADE	51
EQUAÇÃO 10 – INDICADOR PERFORMANCE	51
EQUAÇÃO 11 – INDICADOR QUALIDADE	51
EQUAÇÃO 12 – CÁLCULO DO TAKT TIME	63



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>29</b>
1.1	ENQUADRAMENTO DO TRABALHO .....	30
1.2	OBJETIVOS DO TRABALHO .....	30
1.3	METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO .....	31
1.4	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	33
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	34
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>39</b>
2.1	LEAN THINKING .....	39
2.2	FERRAMENTAS LEAN .....	41
2.2.1	ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA	43
2.2.2	KAIZEN	45
2.2.3	STANDARD WORK	48
2.3	EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO (OEE) .....	50
2.4	QUICK RESPONSE TO QUALITY CONTROL (QRQC) .....	51
<b>3</b>	<b>ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO AA6</b>	<b>55</b>
3.1	DESCRIÇÃO DO ESTUDO DESENVOLVIDO .....	55
3.2	ESTUDO DE CASO NA LINHA DE AR CONDICIONADO AA6 .....	57
3.2.1	APRESENTAÇÃO GERAL DO PROCESSO PRODUTIVO	58
3.2.2	OBJETIVOS INICIAIS DA LINHA AA6	61
3.2.3	PREVISÃO DA PROCURA DOS CLIENTES	62
3.2.4	FAMÍLIAS DE PRODUTOS	62

3.2.4.1 FAMILIA 1 – AA6	63
3.2.4.2 FAMILIA 2 – AA6	68
3.2.4.3 FAMILIA 3 – ANÁLISE DE TRANSFERÊNCIA DA A11 PARA AA6	73
3.2.5 CAPACIDADE PRODUTIVA	78
3.2.6 OBJETIVOS ATUALIZADOS DA LINHA AA6	83
3.2.7 EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO (OEE)	83
3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS .....	86
3.4 ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA (KAIZEN) .....	88
3.4.1 STANDARDIZAÇÃO DOS POSTOS DA LINHA AA6	100
3.4.2 IMPACTO DAS MELHORIAS IMPLEMENTADAS COM RELAÇÃO AO TEMPO DE OPERAÇÃO	106
3.4.3 NOVOS OBJETIVOS DA LINHA AA6 APÓS APLICAÇÃO DAS MELHORIAS	115
3.4.4 EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO (OEE) APÓS APLICAÇÃO DAS MELHORIAS	116
3.4.5 CAPACIDADE PRODUTIVA DA LINHA AA6 APÓS APLICAÇÃO DE MELHORIAS	118
3.5 FLUXO PRODUTIVO APLICAÇÃO DAS MELHORIAS (KAIZEN) .....	120
3.6 SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A OTIMIZAÇÃO DA LINHA AA6 .....	122
<b>4 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>125</b>
4.1 CONCLUSÃO FINAL.....	125
4.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS .....	127
4.3 CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA DO TRABALHO .....	127
4.4 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	127
5.1 LIVROS, ARTIGOS E DISSERTAÇÕES.....	129
5.2 OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO (INTERNET).....	129
<b>5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO</b>	<b>131</b>
5.1 LIVROS, ARTIGOS E DISSERTAÇÕES.....	131
5.2 OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO (INTERNET) .....	133
<b>6 ANEXOS</b>	<b>137</b>
6.1 ANEXO A – ARTIGO PUBLICADO NO MESIC 2017 .....	137
6.2 ANEXO B – POSTER APRESENTADO NO MESIC 2017 .....	149

# INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO



# 1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento da globalização nos últimos anos, acabou por intensificar a competitividade entre as empresas do mundo inteiro. Dessa forma, Lustosa *et al.* (2013) afirma que para manter a posição perante o mercado consumidor, as indústrias buscam medidas alternativas e estratégias pontuais, que gerem destaque perante as demais concorrentes e alcancem maior parcela de clientes.

Um exemplo desse contexto, são as indústrias automotivas de Portugal, mas especificamente das fabricantes de componentes, que de acordo com a Revista Portugal Global (2016), retratam uma posição importante e crescente para a região, pois contribuem com uma parcela significativa para o PIB (Produto Interno Bruto) do país, devido à grande quantidade de empregos gerados no setor.

Assim em Portugal, são mais de 200 empresas, 42000 operadores e cerca de 84% das exportações por toda a Europa no ano de 2015. Isso se deve a fatores como: a elevada capacidade produtiva, inovação dos procedimentos, qualidade, tempo de entrega e mão de obra qualificada oferecidos pelo país (Revista Portugal Global, 2016).

A partir dessas informações, as empresas tendem a investir mais recursos, com a criação de novos projetos, para elevar ainda mais a competitividade em um setor tão significativo no âmbito dos negócios. Esse fator, para Corrêa e Corrêa (2012), tende a influenciar a necessidade da demanda requerida pelo mercado, bem como a velocidade e a qualidade com qual os produtos devem chegar até ao consumidor.

Com a finalidade de sustentar esse tipo de situação, diversos estudos veem sendo feitos a título de aumentar a capacidade produtiva das linhas de produção dos sistemas puxados. A intenção, conforme Krajewskiet al. (2009), é elevar o número de atividades que agregam valor para as empresas e, em contrapartida, eliminar os desperdícios e obstáculos que possam causar ineficiências à fabricação.

Nesse sentido, uma série de ferramentas podem ser inseridas na dimensão das empresas que querem progredir e elevar a eficiência das linhas de produção para atender melhor os clientes e o mercado consumidor. No seguimento do Sistema Toyota de Produção (Ohno, 2013), um conjunto de métodos foram sendo usados em sistemas puxados, dando origem à filosofia de gestão *Lean Manufacturing*. Esse método apresenta diversos princípios fundamentais, que podem ser utilizados como base para a análise dos desperdícios, com vista a encontrar soluções ótimas para resolver os problemas.

## 1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica - Gestão Industrial, no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), instituição que pertence ao Instituto Politécnico do Porto (IPP).

A aplicação foi feita no processo produtivo de uma indústria que produz componentes para direção assistida e sistemas de ar condicionado para o setor automóvel. A empresa trabalha por um sistema de produção puxado para atender os clientes e fornece produtos para as principais montadoras de veículos na Europa, com um volume de produção mensal que alcança em média 330 mil peças.

Em consequência, o foco do projeto se concentrou no departamento de melhoria contínua e *Quick Response to Quality Control* (QRQC), na análise particular da linha AA6, pertencente à unidade produtiva do ar condicionado. Mediante esse objetivo, um caso de estudo sobre a capacidade, standardização, medição de tempos, aplicação de métodos e ferramentas da melhoria contínua foi realizado para dimensionar o número de peças produzidas (produtividade) e a eficiência da linha AA6.

A dissertação de mestrado foi elaborada com vínculo direto em uma empresa da região do Porto, por meio de um estágio presencial, durante o período de 7 meses (novembro de 2016 a junho de 2017). A base de informações para aplicação das ferramentas e alcance dos resultados foram recolhidos no ambiente produtivo e empresarial, fornecidos pela fábrica.

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo global a análise e melhoria contínua do processo de uma linha de produção que fabrica componentes para os sistemas de ar condicionado, nomeada AA6, por meio da aplicação de ferramentas *Lean*. Para tal, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- a) Ambientação organizacional, na empresa onde o trabalho foi realizado;
- b) Pesquisa de referências bibliográficas que pudessem dar suporte na compreensão e aplicação da metodologia e das ferramentas de análise durante a prática do estudo;
- c) Mapeamento do processo produtivo atual, definição das famílias de produtos semelhantes e especificação das operações que são desenvolvidas em cada posto de trabalho;

- d) Identificação da procura e do volume de produção previsto compatível com a capacidade produtiva da linha AA6 em estudo;
- e) Observação do ambiente produtivo para levantar os principais problemas da linha AA6;
- f) Desenvolvimento de um plano de atividades específico para analisar as reais necessidades de otimizações previstas;
- g) Aplicação das ferramentas de melhoria contínua, como *standard work*, *kaizen* e *lean manufacturing*, para organizar e padronizar as operações do processo produtivo da linha em estudo;
- h) Análise comparativa e apresentação dos resultados obtidos com relação à capacidade produtiva e objetivos durante a realização do estágio, antes e após a otimização do processo produtivo da linha AA6;
- i) Melhoria da Eficiência Geral do Equipamento (OEE) da linha AA6;
- j) Representação do fluxo produtivo final, após as modificações de todas as famílias da linha AA6.

### 1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

O presente trabalho foi classificado como um caso de estudo particular e teve como objeto uma empresa específica que apresenta necessidade real de melhoria. Nesse sentido, uma metodologia de investigação foi delimitada em cinco etapas principais, aplicadas no período compreendido de novembro de 2016 a junho de 2017 (7 meses).

- I Fase – Introdução dos conceitos e apresentação da empresa de estudo.

Etapas de percepção das características relacionados com o setor de componentes de automóveis, bem como da apresentação dos conceitos iniciais referentes ao enquadramento do trabalho, objetivos e direcionamento dos parâmetros para as funções planejadas no intervalo de aplicação do estudo. Em paralelo, foi realizada a ambientação sobre o funcionamento organizacional da empresa. Esse período, auxiliou na aquisição dos conceitos práticos sobre o sistema produtivo e na delimitação das atividades que seriam desenvolvidas no decorrer do estágio, de forma a concentrar os esforços nas tarefas que foram atribuídas.

- II Fase – Revisão bibliográfica das ferramentas de análise, otimização e melhoria contínua do processo e metodologias de aplicação.

Tendo em conta a necessidade de reunir informações e investigar conceitos relacionados com os assuntos apresentados no decorrer do desenvolvimento do trabalho, nessa etapa foi feito o levantamento das referências bibliográficas. O foco principal dessa fase, foi adquirir conhecimento teórico para compreender de forma adequada as ferramentas de melhoria contínua que poderiam ser realmente aplicadas no ambiente produtivo da empresa e metodologias de aplicação.

- III Fase – Mapeamento do processo produtivo atual e identificação das oportunidades de melhoria disponíveis no sistema.

Levantamento inicial das condições atuais do processo produtivo, por meio da construção de fluxogramas, com vista a interpretar as atividades desenvolvidas em cada posto de trabalho. Nessa fase, foi possível identificar as famílias de produtos, de acordo com a semelhança, entre as peças fabricadas pela linha AA6. Por meio do cálculo da capacidade produtiva disponível, efetuado a partir dos volumes de produção previstos no período de quatro meses da demanda de produtos da empresa, estudo dos tempos e métodos, gráfico homem-máquina, delimitação do fluxo produtivo inserido no *layout* da linha, foi possível apontar os pontos mais críticos que poderiam ser otimizados com a aplicação de ferramentas na linha AA6.

- IV Fase – Aplicação das ferramentas de melhoria contínua.

Após a definição das reais necessidades de melhoria, foi possível trabalhar sobre os pontos mais críticos do sistema. Nessa fase, os esforços concentraram-se no estabelecimento dos métodos, baseado na filosofia *Lean*, que foram aplicados no ambiente produtivo (chão de fábrica) para otimização da linha de produção AA6.

- V Fase – Apresentação das conclusões e sugestões de melhoria para o novo sistema.

Por fim, como resultado, foram apontadas na fase de conclusão as observações realizadas no sistema e identificadas as sugestões que podem otimizar o processo da linha estudada. Se implementadas corretamente pela empresa, essas sugestões, podem elevar a capacidade produtiva e a eficiência da linha estudada, o que aumenta a disponibilidade para produzir outras referências advindas das linhas mais sobrecarregadas.

## 1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em estudo, onde o estágio foi realizado, localiza-se em Portugal, próximo à cidade do Porto, na região de Campo-Paredes. O grupo ao qual a fábrica pertence, conta com cerca de 29 mil colaboradores, que atuam nos mais variados ramos, distribuídos por 21 países diferentes. Considerada uma das maiores fábricas do grupo, opera no ramo de componentes automotivos, na produção de sistemas de tubos para ar condicionado e direção assistida. A representatividade de cada setor, dentro do ambiente produtivo, poderá ser vista na Figura 1.

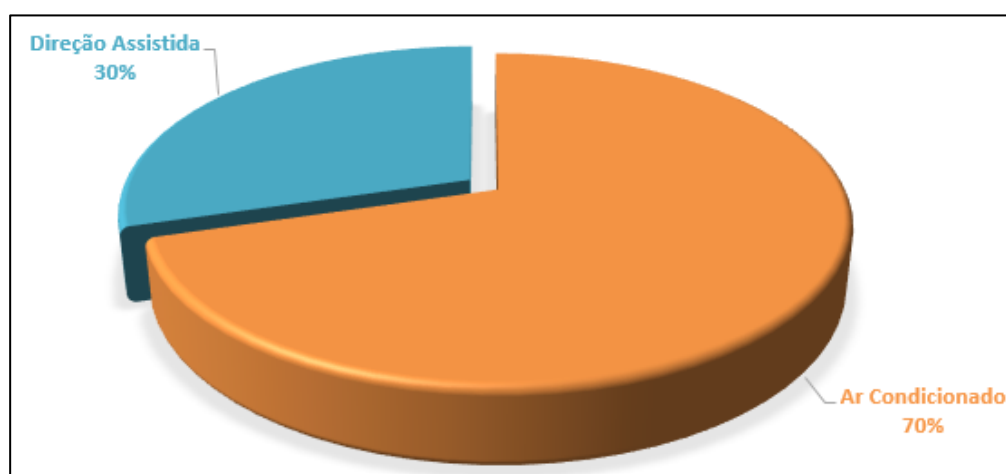


Figura 1 – Distribuição da produção por tipo de produto  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2016).

Com relação ao número de funcionários, esta filiar conta com cerca de 500 pessoas, subdivididas entre os setores de direção, logística, qualidade, contabilidade, recursos humanos, técnicos de informática, engenharia e produção. A empresa foi inicialmente inaugurada em 1998, em um armazém próximo ao local atual. Porém, devido à necessidade de ampliação, em janeiro de 2014 inaugurou-se a nova sede (localização atual), que conta com uma estrutura moderna, novos equipamentos e uma linha de produção totalmente sincronizada com as necessidades de produção para atender ao mercado consumidor.

É importante salientar que no final de 2016, foi iniciada uma nova reforma para aumentar o espaço das células produtivas. Isso possibilita segmentar a fábrica por tipo de produto. De um lado estarão instaladas toda a estrutura e linhas de produção do ar condicionado e do outro as linhas de produção de direção assistida.

Além disso, é possível considerar, por meio do gráfico da Figura 2, o elevado volume de produção que a empresa possui atualmente, discriminado por tipo de cliente que atende. Essas quantidades são produzidas pelos colaboradores da linha de produção que representam mais de 50% do número total de colaboradores da empresa.

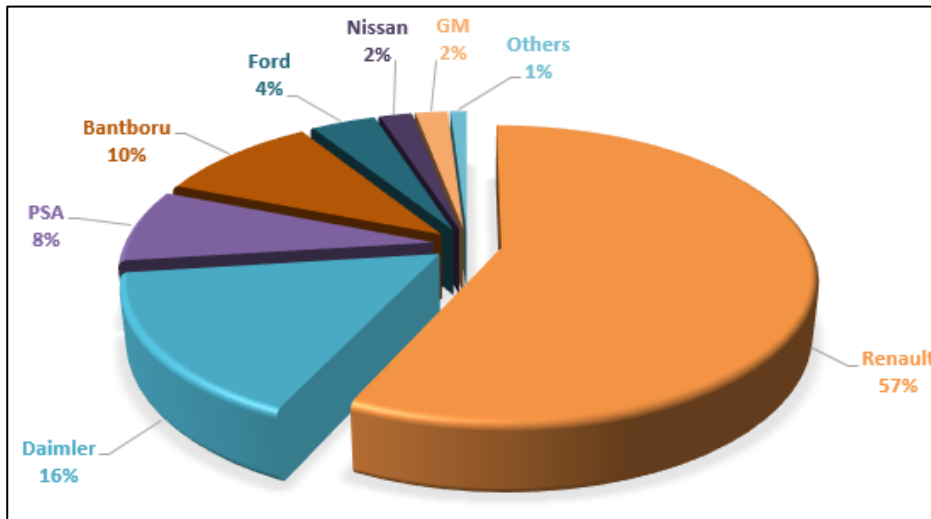


Figura 2 – Demanda de produtos por cliente  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2016).

A empresa em estudo, opera em contínuo, 24 horas por dia, durante 7 dias por semana. Em relação às horas trabalhadas, normalmente as linhas operam em três turnos de 8 horas por dia, durante 5 dias por semana. Porém, para atender a demanda prevista, algumas linhas do processo necessitam trabalhar em dois turnos de 12h, durante 7 dias por semana. O número de equipas que trabalham 8h/dia são divididas em três (M, T e N), já nas linhas que operam a 12h/dia, o total é de quatro equipas (A, B, C e D).

Dessa forma, a empresa parceira está presente no mercado de componentes de automóveis há quase 20 anos e é bastante conhecida devido ao moderno sistema integrado nas linhas de produção. Isso inclui também a alta flexibilidade na fabricação dos componentes e elevada qualidade nos produtos que oferta, devido ao alto nível de inspeção realizado nas linhas, posto a posto.

Com praticamente oito tipos de marcas distintas, a empresa conta com um armazém que comporta aproximadamente cinco dias de estoque. Isso auxilia o sistema logístico integrado a organizar as entregas que estão distribuídas em quase toda a região da Europa, de forma rápida e responsável, sem comprometer os pedidos exigidos pelos clientes.

## 1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O primeiro capítulo, titulado como introdução, é contemplado com uma pequena apresentação do tema, seguido do enquadramento ao qual o trabalho foi inserido. Nessa fase, foram definidos os objetivos que pretendem ser alcançados, a metodologia utilizada na pesquisa, estabelecida de tal forma a sequenciar as etapas de desenvolvimento e a estrutura da tese.

A revisão bibliográfica pertencente ao segundo capítulo, é descrita por meio de referências necessárias para a compreensão, contextualização, entendimento e desenvolvimento do trabalho. Essas informações são necessárias para assegurar os dados recolhidos no ambiente produtivo e servem como base para a realização do projeto.

O terceiro capítulo é constituído pelo desenvolvimento, parte que fornece sustentação às atividades produzidas na tese. Essa etapa é representada por meio da sequência de tarefas, delimitadas pela metodologia que integra a aplicação de ferramentas da melhoria contínua no sistema de produção da empresa.

Por fim, o quarto e último capítulo revela as considerações finais e conclusões encontradas com relação a toda extensão das fases do trabalho elaborado. Nessa etapa, são apontadas sugestões de melhoria para otimizar o processo e possíveis aplicações futuras, que podem ser desenvolvidas em conjunto com a fábrica parceira.



# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 LEAN THINKING

2.2 FERRAMENTAS LEAN

2.2.1 ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA

2.2.2 KAIZEN

2.2.3 STANDARD WORK

2.3 EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO (OEE)

2.4 QUICK RESPONSE TO QUALITY CONTROL (QRQC)



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica de uma dissertação de mestrado, é fundamental conter um embasamento científico adequado aos conceitos usados na aplicação. Nesse sentido, este capítulo descreve algumas concepções, definições e perspectivas de autores reconhecidos no ambiente acadêmico, para fundamentar as práticas do estudo.

### 2.1 LEAN THINKING

A expressão *Lean Thinking*, ou conforme tradução em português para *Pensamento Lean*, é conhecida por Womack e Jones (1996), como uma extensão do Sistema Toyota de Produção (STP), originado por Ohno (2013). O termo é definido por Guimarães e Araújo (2011), como uma ferramenta que associa práticas de melhoria contínua nos processos, na eliminação dos desperdícios e na geração de valor do ponto de vista do cliente.

De acordo com o panorama do *Lean Institute Brasil* (2016), essas atividades devem contar com o envolvimento de todos os colaboradores na atuação de troca de informações e identificação das situações a melhorar no ambiente produtivo. Para Ohno (2013), a inserção dessa metodologia no dia a dia das empresas visa solucionar problemas de forma mais rápida e eficiente.

Pela concepção de Pinto (2008), o *Pensamento Lean* pode ser descrito como uma metodologia de gestão, que pode ser aplicada em qualquer tipo de estrutura. O conceito tem por objetivo envolver toda a equipe organizacional, em busca de apontar os problemas do ambiente e apresentar soluções rápidas, para assim gerar maior aproveitamento do processo produtivo.

No contexto empresarial, grande parte das companhias estão a inserir a ferramenta *Lean* em suas práticas como meio de gerenciar os processos de forma mais adequada e na busca de alcançar melhores resultados. O propósito dessa iniciativa precisa ser nitidamente definido com relação às reais necessidades do processo, para então ser aplicado da forma mais conveniente (*Lean Institute Brasil*, 2016).

Em conformidade com Guimarães e Araújo (2011), as particularidades do *Lean*, visam a ferramenta dedicar seus esforços para eliminar os desperdícios com maior frequência, influência e que sejam mais custosos para a empresa. Esse mecanismo vem sendo executado com êxito, há muitos anos, no ramo dos tecidos, calçado, farmacêutico, metalúrgico e automóvel.

Considerada uma das fundamentais características nas organizações, o ambiente produtivo é o núcleo de funcionamento de uma empresa de fabricação. Por isso, é preciso que os responsáveis tenham controle em tempo real do que está sendo feito em

cada linha e como o processo está a se desenrolar para que, quando qualquer medida precise ser tomada, as equipes estejam preparadas (Peinado *et al.*, 2007).

Com intenção de auxiliar na organização e na tomada de decisão do ambiente produtivo das empresas, Womack e Jones (1996), criaram então os cinco princípios do Pensamento *Lean* baseados na exclusão das atividades que não agregam valor para o sistema ou que são consideradas desperdícios dentro do processo. Dessa forma, têm-se que considerar inicialmente a concepção de valor do ponto de vista do cliente. Com isso, os processos que agregam valor na transformação do produto são identificados, desde a matéria-prima até ao produto final. Por meio da classificação das atividades mais importantes, é possível traçar o fluxo de produção de forma estável e contínua. Um sistema puxado permite fabricar somente o que foi encomendado pelo cliente, isso evita grandes quantidades de estoque final ou em curso de fabrico. Por fim, tem-se o conceito de perfeição, o qual busca pela constante melhoria do sistema em termos de evitar que os desperdícios atrapalhem o funcionamento das linhas no ambiente produtivo.

Jackson (2006), Spear e Bowen (1999), ainda acrescentam a esses princípios a importância de padronizar as atividades, para que o trabalho obedeça a uma sequência, sempre que executado. A relação entre cliente e fornecedor, bem como o fluxo produtivo, precisa ser simples e direto. E por fim, é primordial realizar um acompanhamento com os colaboradores, para que todos apliquem os métodos inseridos no contexto organizacional de forma eficaz.

Mesmo sendo classificado como um conceito antigo, Pinto (2009), afirma que a ferramenta *Lean* tem passado por adaptações. Com isso, novas definições baseadas na responsabilidade ambiental e na pegada ecológica estão sendo inseridas na sua cultura para adequar às novas realidades de mercado e aos valores priorizados pelos consumidores.

Nesse contexto, a Comunidade *Lean Thinking* (2009) adiciona duas novas definições aos princípios revistos do *Lean*. O primeiro está relacionado com a integração de uma cadeia de valor específica para cada *stakeholder*. O cuidado principal nessa etapa, foca no atendimento das necessidades do cliente final. Porém, para assegurar sucesso organizacional, é preciso considerar os interesses de todos os envolvidos no processo para criação de valor no sistema. O segundo parâmetro inserido, envolve a constante inovação dos produtos e serviços ofertados pela empresa. Nessa fase, não basta apenas concentrar os esforços em eliminar os desperdícios, mais sim em inovar ou criar novos compostos para atender às constantes exigências do mercado consumidor.

Na Figura 3, foram representados de forma a facilitar a visualização e compreensão, as sete vertentes do *Lean*, entre elas as duas novas em laranja e as cinco antigas em verde. Esses princípios foram criados no sentido de elevar o desempenho organizacional das empresas que aplicam essa prática na rotina do seu sistema.

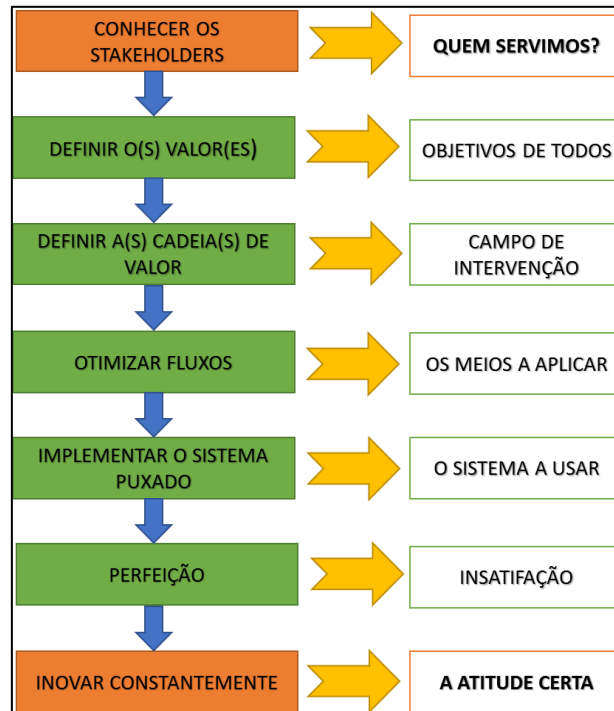


Figura 3 – Princípios *Lean* Revistos  
 Fonte: Adaptado de Comunidade *Lean Thinking* (2009).

Como pode ser observado pela relação de conceitos apresentados na Figura 3, a filosofia *Lean*, concentra-se em maximizar o valor por meio da eliminação dos desperdícios ou falhas do sistema. Para Liker (2005), o envolvimento de todos os colaboradores do processo é fundamental, para interceder e sugerir possíveis melhorias que otimizem cada vez mais o sistema.

Dessa maneira, um conjunto de ferramentas foi criado para auxiliar na gestão estratégica das empresas. Porém, somente conhecer essas técnicas não é aceitável para uma completa implementação das particularidades no sistema. Pinto (2009), afirma que, inicialmente, é preciso explorar adequadamente as áreas de aplicação, para adaptar os métodos de forma a atender aos requisitos em cada situação particular.

## 2.2 FERRAMENTAS LEAN

Para iniciar o estudo sobre o TPS, é usual resumir os métodos por meio da representação da Casa do TPS. De acordo com Womack e Jones (2004), pode-se afirmar que essas ferramentas foram utilizadas como base para formular a estrutura dos conceitos do *Lean Thinking*.

Dessa forma, Goforth (2007) classificou as ferramentas da Casa do TPS em grupos fundamentais. O autor reconhece que o foco da estrutura é atender em primeiro lugar às necessidades do cliente, pela oferta de produtos e serviços de qualidade, tempo de

entrega reduzido e custos acessíveis. Já a base integra os valores da filosofia Toyota de Produção por meio do nivelamento, estabilidade, padronização e gestão visual dos processos. Os pilares pertencentes à Casa *Lean*, se dividem em *Just in Time*, definido pela redução de stocks, fabricação das peças conforme pedido do cliente, comprometimento em atender as especificações dos produtos e operações e em *Jidoka*, que relaciona a qualidade na fonte, pela concentração das medidas de esforço em reduzir os desperdícios, aplicar métodos de melhoria contínua nos processos e motivar os funcionários (Fonseca, 2014).

Para Pinto (2009), a construção do sistema TPS tem por objetivo aproximar os colaboradores e ferramentas que podem ser utilizadas no ambiente produtivo, para propor melhorias e aumentar o desempenho e eficiência da produção. Com isso, a Figura 4 foi elaborada, com o objetivo de representar a distribuição das ferramentas dentro de cada estrutura da Casa do TPS.



Figura 4 – Casa do TPS

Fonte: Adaptado de Pinto (2009) e Liker (2005).

Nesse sentido, para facilitar a compreensão e esclarecer as funções desempenhadas em cada uma das ferramentas pertencentes à Casa do TPS, os próximos tópicos foram criados para descrever as características particulares e possíveis aplicações no contexto organizacional.

Somente as técnicas/ferramentas utilizadas no contexto da empresa em estudo foram descritas nas próximas seções 2.2.1, 2.2.2 e 2.2.3. Das quais se têm: o estudo da capacidade produtiva, que inclui a medição dos tempos e verificação dos métodos de operação, a melhoria contínua dos processos com o *kaizen* e o *standard work* na criação dos padrões nos postos de trabalho da linha.

### 2.2.1 ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA

Para fazer a análise completa da capacidade produtiva de uma linha de produção é preciso inicialmente estudar e compreender a sequência de operações, tempos de fabricação e métodos utilizados para elaborar as peças. Dessa forma, Moreira (2011) afirma que é possível equilibrar os postos de trabalho, para atribuir maior eficiência aos operadores no desenvolvimento da linha.

Para compreender a sequência de operações, é preciso observar o ambiente produtivo e entrevistar os operadores que trabalham com o processo. Já para medir os tempos e analisar os métodos de produção, existem três maneiras básicas para Giage (2005). A primeira dá-se pela comparação de tempos anteriores, a segunda pelo histórico *standard* previamente definido para a linha e, o último por cronometragem direta.

Considerado o método mais utilizado pelas empresas, Pinto (2009) afirma que a cronometragem dos tempos é mais adequada quando o processo de análise é iniciado. Dessa forma, os parâmetros utilizados para descrever o estudo do trabalho, se concentram na definição do ritmo de trabalho do operador, no tempo total necessário para produzir uma unidade do produto, no tempo de ciclo definido pelo tempo do percurso mais longo da linha (gargalo), no estabelecimento do número mínimo de estações para distribuir as atividades e, por fim, na eficiência da separação dos postos da linha. Esses conceitos e respectivas Equações (1), (2), (3), (4), (5), (6) e (7) foram descritos de forma detalhada no Quadro 1.

Quadro 1 – Variáveis utilizadas para o cálculo da capacidade produtiva

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO	FÓRMULA
Takt Time (Segundos)	Define o ritmo de produção.	$TT = \frac{(\text{Tempo Efetivo de Trabalho} - \text{Paradas}) \times 60}{\text{Volume Médio Diário}} \quad (1)$
Lead Time (Dias)	Período desde a chegada da matéria prima até a expedição do produto final.	$LT = (\text{Dia de expedição do produto} - \text{dia da chegada da matéria prima}) \quad (2)$
Tempo de Ciclo (Segundos)	Representado pela estação que demora mais tempo para ser executada na linha (gargalo).	$TC = \text{Tempo do posto com maior tempo de execução (gargalo)} \quad (3)$
Tempo Total (Segundos)	Somatório dos tempos de todas as estações de trabalho envolvidas no processo.	$\text{Tempo Total} = \sum Ti \quad (4)$ ( $Ti = \text{Tempo de cada posto, onde } i = 1, 2, \dots, n$ )
Número mínimo de estações (Postos)	Estabelece a quantidade mínima necessária de postos de trabalho para atender o tempo e a demanda total disponível.	$Nmín = \left( \frac{\sum Ti}{TC} \right) \quad (5)$
Eficiência (%)	Relaciona o rendimento da linha, bem como o equilíbrio entre os postos de trabalho.	$E = \left( \frac{\sum Ti}{N * TC} \right) \quad (6)$
Capacidade Produtiva do Processo (Dias)	Calcula o volume de produção disponível da linha para atender os pedidos.	$Cp = \frac{(\text{Volume de pedidos mensal}) * 3600}{\text{Dias trabalhado por mês}} \quad (7)$

Fonte: Schroeder (2007); Vollmann (2005); Fonseca (2014); Roldão (2014).

Após reunir os dados necessários para dividir os postos da linha, têm-se a descrição das operações e a relação do tempo de trabalho manual realizado pelo operador, representado pela linha preta completamente preenchida. O tempo de funcionamento de cada máquina para produzir um tubo foi delineado no gráfico pelo tracejado de linhas intercaladas com espaçamento. Para Ávila (2006) esses pontos são correlacionados em conjunto pelo gráfico homem-máquina, conforme representado na Figura 5.

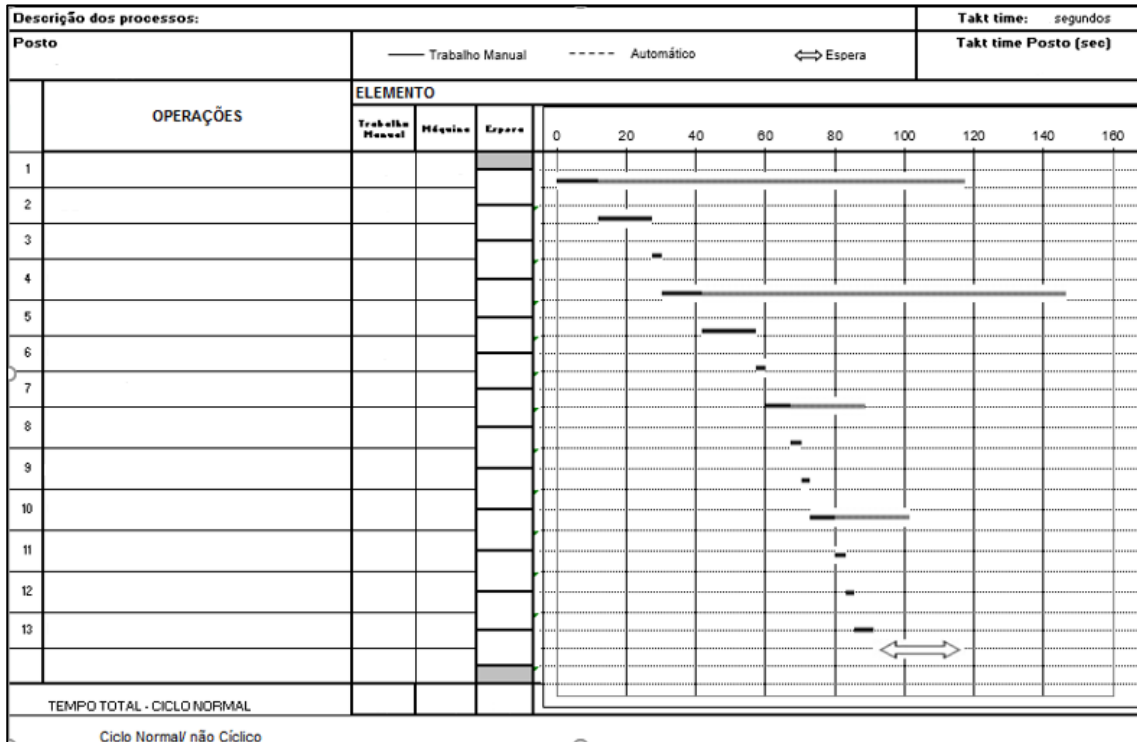


Figura 5 – Modelo de um gráfico homem-máquina  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2016).

Nota-se pela Figura 5, que quando o tempo de máquina é superior ao tempo total das operações, o colaborador precisa esperar que o ciclo da máquina seja finalizado, para só então iniciar a transformação de uma nova peça. Essa operação é representada no gráfico homem-máquina por uma seta de duas pontas.

Por fim, Stevenson (2001), completa que a capacidade produtiva, tem referência com a carga ou volume total relativamente à disponibilidade que os operadores podem suportar para fabricar os produtos.

Para Gaither e Frasier (2001), a empresa precisa estabelecer um planejamento de produção realista com a capacidade disponível das linhas. O autor afirma que, para isso, é preciso levar em conta os períodos de *setup*, de paradas não previstas que as máquinas podem causar, bem como dos intervalos, deslocamentos e abastecimento da linha.

### 2.2.2 KAIZEN

Por volta dos anos 50, no Japão, surgiu a definição *kaizen*, inserida nos conceitos de melhoria contínua. De acordo com Imai (1997), essa filosofia é a chave para avaliar os problemas e aplicar soluções no sistema de produção puxado. Isso implica a maximização da eficiência organizacional e a realização de melhorias rápidas, simples e de baixo custo.

Para Liker (2005), a função da ferramenta *kaizen*, está na tradução da melhoria como benefício consistente para o sistema. A aplicação das eficientes habilidades impostas na resolução dos problemas dessa filosofia só é possível por meio da integração do trabalho conjunto que envolve todos os colaboradores da empresa. Dessa forma a melhoria contínua é atribuída aos processos pela identificação dos gargalos e desperdícios presentes nas linhas de produção.

De acordo com Slack et al. (2009), os gargalos ou postos de trabalho mais lentos, são pontos que restringem a capacidade produtiva da linha de produção onde estão inseridos. Isso quer dizer que, o tempo de operação de uma atividade crítica equivale ao tempo necessário para fabricação de uma peça.

Os obstáculos impostos pelas operações críticas, comprimem o fluxo do processo produtivo. Dessa forma, Krajewski et al. (2009), afirmam que é fundamental manter atenção redobrada nesses postos, para evitar paradas desnecessárias ou criação de estoques elevados entre as atividades. No sentido de acelerar a execução das tarefas mais lentas, é preciso planejar de forma consistente os *setups* das máquinas e das trocas de peças, para que eles sejam muito rápidos.

Cox III e Spencer (2008), definem a tarefa crítica, como fator de cumprimento das atividades do posto de trabalho, para atender à demanda prevista. O objetivo é otimizar esse tipo de operação a título de melhorar o tempo de processamento do sistema. Esses gargalos produtivos, definem o ritmo de funcionamento e do fluxo de produção das linhas, ou seja, essas operações precisam trabalhar de forma contínua, no máximo da capacidade disponível e com a maior eficiência possível. Nesse sentido, para auxiliar a execução das funções do posto crítico, é preciso que as atividades que antecedem e procedem essa tarefa sejam também otimizadas, para, quando necessário, escoar o processo produtivo de forma mais rápida.

Mesmo após a otimização de uma atividade crítica no sistema produtivo, é possível que outros obstáculos apareçam (Goldratt e Cox, 2002). A sugestão é reduzir o número de tarefas no gargalo do processo e equilibrar o fluxo, de tal forma que os tempos de operação de cada posto sejam iguais ou muito próximos. Assim, o sistema trabalha sobre eficiência elevada pois as funções estão melhor sincronizadas.

Dessa forma, dentro da evolução dos princípios de criação da filosofia *Lean*, Ohno (2013) identificou uma série de desperdícios (Figura 6). Essas variáveis devem ser avaliadas no processo de melhoria contínua do sistema de produção, geralmente conhecido como *kaizen*.



Figura 6 – Os sete desperdícios do *Lean Thinking*  
Fonte: Guimarães e Araújo (2011).

Para integrar os pontos apresentados na Figura 6, estão descritos no Quadro 2 os sete tipos de desperdícios, de acordo com as definições de Tubino (2009) Slack et al. (2009), Shingo (1996).

Quadro 2 – Definição dos sete desperdícios

NÚMERO	DESPERDÍCIO	DEFINIÇÃO
1	Excesso de produção	Produção maior do que o valor requerido ou fabricação dos produtos de forma antecipada.
2	Stock	Matéria-prima ou produto acabado que excede a necessidade atual do processo. Requer elevado espaço físico para armazenamento o que acaba por elevar o custo de transporte dentro do ambiente produtivo.
3	Transporte	Elevado deslocamento de recursos, materiais, produtos, ferramentas e pessoas entre os processos até à área de armazenagem.
4	Espera	Períodos longos de parada no processo, devido a <i>setup</i> , <i>lead time</i> , ineficiência das máquinas ou falta de treinamento dos colaboradores.
5	Movimentações	Grande circulação de pessoas no ambiente produtivo. Fator causado devido à falta de um eficiente estudo do trabalho, que garante uma menor quantidade de movimentações nos postos de trabalho e entre as operações. Necessidade de padronização das tarefas.
6	Processamento	Erros no processamento da matéria-prima. Postos de trabalho com operações desnecessárias. Sobrecarga dos operadores ou máquinas. Falta de conhecimento ou treinamento dos colaboradores. <i>Setups</i> incorretos.
7	Defeitos	Ausência de inspeção, o que resulta em produtos não padronizados. Baixa qualidade do processo e do processamento.

Fonte: Adaptado de Tubino (2009) Slack et al. (2009), Shingo (1996); Pinto (2009).

Como pode ser observado pelo Quadro 2, o termo *Lean*, apresenta uma fundamentação muito direcionada na identificação das dificuldades que possam interferir ou dos obstáculos que rodeiam o sistema. Devido às fortes características manifestadas, essa metodologia pode beneficiar de forma vantajosa os locais onde é aplicada, pela elevada flexibilidade de mão de obra, estruturas padronizadas para resolver os problemas de forma rápida e com auxílio de todos os níveis da organização, fortes parcerias com os fornecedores e elevada sintonia com os clientes (Pinto, 2008).

As ocorrências relacionadas com perdas ou desarmonia nos processos das empresas que trabalham sobre os parâmetros do STP, são resumidos pela Citisystem (2016) em três princípios tradicionais de desperdícios: o *mura*, *muri* e *muda*. Uma representação visual desse conjunto pode ser observada na Figura 7.

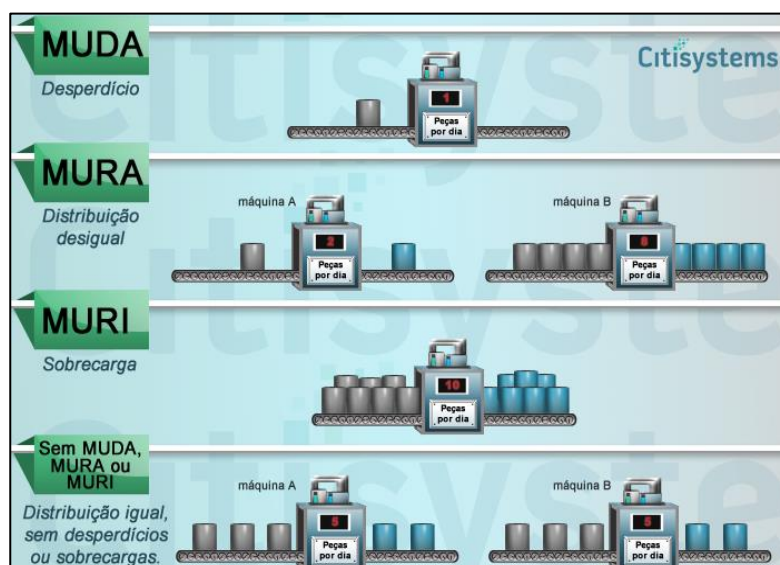


Figura 7 – Muda, mura e muri  
Fonte: Citisystems (2016)

De acordo com a Figura 7, a definição de *muda*, engloba os desperdícios descritos no Quadro 2, que devem ser rapidamente eliminados ou reduzidos pela equipe de melhoria contínua pois não agregam valor no contexto produtivo. Já a *mura*, associa a falta de harmonia nos processos, devido ao desequilíbrio entre os ritmos de produção da sequência de operações estabelecida na fabricação dos componentes. Por fim, o *muri*, indica a elevada carga ou instabilidade de um determinado posto em relação às demais tarefas realizadas no setor, muitas vezes pela falta de um bom planejamento e distribuição adequada do ciclo de atividades (CITEVE, 2012).

Tanto a filosofia *Lean* quanto as aplicações do *kaizen*, estão fundamentadas em inserir a melhoria contínua dentro das atividades industriais. Para Gilmore (1990), toda ou qualquer alteração que possa ser feita para contribuir para o bom funcionamento de um posto de trabalho ou do ambiente produtivo, deve, ajudar, de forma permanente, na análise do desempenho real de cada atividade.

Dessa maneira, Jorgensen *et al.* (2006), descreve por fim, a melhoria contínua como um modelo de planejamento, considerando o sistema de produção como uma extensão da organização. Com isso, pode-se afirmar que esse conceito serve de base para a aplicação da metodologia *kaizen* dentro do sistema de produção das empresas. A intenção é contar com total apoio dos colaboradores na identificação dos problemas que podem ser resolvidos de forma rápida e que não angariam elevados custos para a empresa. Os fatores mais importantes nesse contexto, envolvem analisar os reais impactos de mudança que as aplicações podem ocasionar no sistema como motivar os funcionários por meio da implementação das sugestões e incentivar novas propostas de melhoria no ambiente produtivo.

### 2.2.3 STANDARD WORK

A metodologia do *standard work* para Imai (1997), envolve a padronização da sequência e execução das atividades em cada posto de trabalho. Isso garante que os procedimentos sejam realizados sempre da mesma maneira, adequada a operação onde a tarefa está sendo desenvolvida.

Para que as atividades sejam padronizadas, é preciso realizar inicialmente o balanceamento de linha, que se refere à distribuição de todas as operações envolvidas na produção pelos postos de trabalho, de forma a manter o tempo disponível em cada setor equilibrado com um fluxo produtivo suave, para atender à demanda. Dessa forma, as tarefas devem ser divididas igualmente em cada área, para conservar a sincronia entre os operários (Moreira, 2011).

O objetivo principal de aplicar essa proposta, para Corrêa e Corrêa (2012), é configurar as atividades disponíveis de tal forma a minimizar os tempos de produção ao longo da linha, o que muitas vezes modifica a disposição do arranjo físico e elimina possíveis obstáculos, devido à análise de interferências do processo.

Martins (2012) relaciona a disposição das máquinas, equipamentos e a movimentação de pessoas com o *standard work* e o balanceamento da linha, pois, quando atrelado à organização do espaço, facilita o fluxo entre eles. Um sistema de produção precisa respeitar a sequência das atividades de fabricação, executadas de forma harmônica em todas as etapas que antecedem e procedem o setor ou posto de trabalho.

A perda de balanceamento representa o tempo desperdiçado na alocação desproporcional das tarefas de um produto ou serviço e mede a eficácia das atividades desenvolvidas na linha (Slack *et al.*, 2009).

Para Moreira (2011), a fabricação de uma determinada unidade de produto é medida por meio da soma dos tempos de cada etapa englobada, onde a produção é dividida em

operações no decorrer da linha de montagem pelos postos de trabalho, função essa que pode ser exercida por uma ou mais pessoas.

Nesse contexto, o Kaizen Insitute (2013), define como *standard* a mais simples, clara, fácil e segura forma de se alcançar, assegurar e manter os níveis de qualidade no processo de produção, e prevenir os problemas de controle e variabilidade.

As vantagens desse método de *standardização*, podem ser facilmente identificadas devido à elevada previsibilidade, redução dos custos envolvidos, aumento da prevenção e diminuição dos desvios, que quanto menores, geram menos imprevistos e são mais fáceis de controlar. Para Gomes (2007), isso pode contribuir diretamente para a melhoria contínua do ambiente e do processo produtivo.

Para classificar o trabalho *standard*, Pinto (2009) estabeleceu três elementos base:

- a) Tempo de ciclo: que indica o período despendido para fabricar uma peça, ou seja, representa a soma total dos tempos de cada operação para finalizar um produto na linha de produção ou na célula de fabricação.
- b) Sequência de trabalho: tem como objetivo organizar as atividades de forma continua, a título de definir as etapas que precisam ser obedecidas em ordem pelos operadores, para atender ao padrão das operações.
- c) Nível WIP (*Work in Progress*): refere-se à quantidade máxima de peças em estoque entre as operações de diferentes postos de trabalho. Pode ser considerado um ponto de encontro entre dois postos de trabalho, onde um deixa a peça finalizada do seu posto e outro pega a mesma para iniciar a próxima operação.

Outro ponto que deve ser considerado nessa etapa, para Norami *et al.* (2010) está relacionado com o Procedimento Operacional Padrão (POP), que relaciona a definição das atividades do *standard work* dentro da linha de produção, de forma a definir a alocação dos postos de trabalho, de acordo com a operação, quantidade de operadores e tempo de produção.

Nessa fase, é preciso formalmente documentar e treinar o modo como os operadores devem executar e obedecer à sequência do processo. De acordo com Giage (2005), o objetivo é, por meio da comunicação entre os postos de trabalho, garantir que as ferramentas, máquinas, equipamentos, operações, fluxos produtivos, e pessoas respeitem a ordem de execução das tarefas na fabricação de uma peça.

O POP é delimitado pela descrição de todas as atividades essenciais e sequências, que devem ser claramente executadas pelos operadores para garantir o máximo nível de padronização. Esse documento pode conter a descrição do processo, *layout*, tempo de operação e a definição do fluxo produtivo. Um documento, que contém informação

visual, facilita a compreensão dos colaboradores no posicionamento e na execução do processo (Kaizen Institute, 2013).

O *standard work* é considerada uma das vertentes mais significativas do *Lean Thinking*. Por isso, ambas as metodologias vêm sendo muito utilizadas no ramo da fabricação de componentes para automóveis. Para Pinto (2009), o setor ganha destaque, devido à elevada qualidade dos produtos, pela uniformização dos processos e aplicações da melhoria contínua.

### 2.3 EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO (OEE)

A Eficiência Geral do Equipamento (OEE) tem como função identificar a raiz do problema, inserida dentro de cada situação onde há ocorrência de perdas ou desperdícios, sejam em máquinas, pessoas ou equipamentos. Para eliminar completamente as falhas existentes, é preciso definir, por meio da criação de um plano de ação, práticas para agir na resolução dos problemas de forma eficaz (Pinto, 2009).

Whitepaper (2010) afirma que a implementação do OEE não tende a modificar os sistemas existentes na empresa. A aplicação dessa metodologia tende a auxiliar na observação dos resultados obtidos, de modo mais claro e fácil na hora de detectar os defeitos que geram mais desperdícios.

Nesse sentido, Santos (2007) demonstra como identificar as três principais vertentes da eficiência, que este indicador aborda por meio da Equação (8) geral:

$$OEE = DISPONIBILIDADE \times PERFORMANCE \times QUALIDADE \quad (8)$$

De forma mais abrangente e detalhada, o autor ainda apresenta a ramificação dos três principais indicadores, conforme a Figura 8, que envolvem as perdas que possivelmente podem ser encontradas no processo.

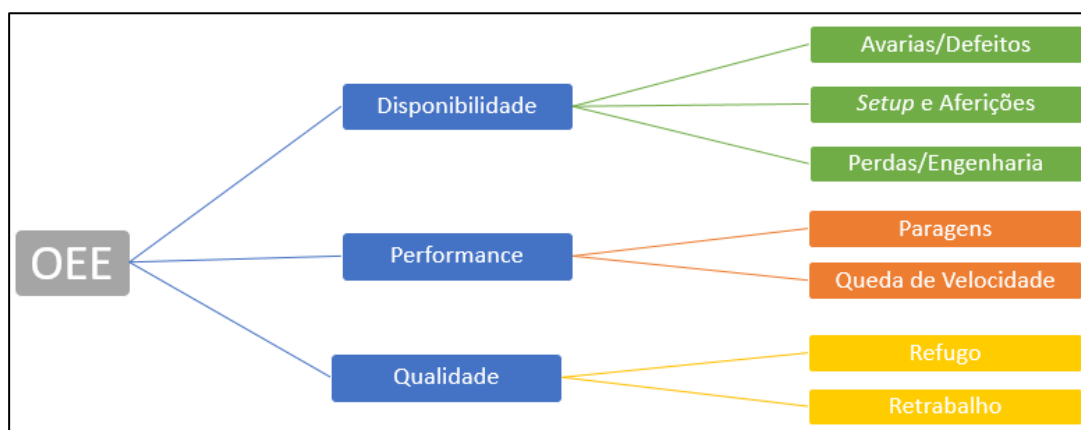


Figura 8 – Ramificação do OEE  
Fonte: Adaptado de Santos (2007).

Dessa forma, após identificar as suas funcionalidades, cada uma das particularidades foi descrita no Quadro 3, pela representação das variáveis do OEE, com suas respectivas Equações de aplicação (9), (10) e (11).

Quadro 3 – Vertentes do OEE

INDICADOR	DESCRIÇÃO	FÓRMULA
<b>DISPONIBILIDADE</b>	Apresenta o percentual do tempo em que o equipamento está trabalhando (tempo medido) pelo total disponível para ser utilizado (tempo planejado).	$\text{DISPONIBILIDADE (\%)} = \frac{\text{Tempo de Produção Medido}}{\text{Tempo de Produção Planejado}} \quad (9)$
<b>PERFORMANCE</b>	Demonstra uma relação percentual entre a velocidade real da linha (produtividade real) com a velocidade teórica dos postos de trabalho (produtividade teórica).	$\text{EFICIÊNCIA (\%)} = \frac{\text{Tempo Produção Teórico}}{\text{Tempo de Produção Medido}} \quad (10)$
<b>QUALIDADE</b>	O nível de qualidade é medido entre a quantidade total de produção, deduzida das perdas devido a retrabalho de peças defeituosas.	$\text{QUALIDADE (\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas} - \text{Rejeitadas}}{\text{Total de Peças Produzidas}} \quad (11)$

Fonte: Adaptado de Santos (2007).

Por fim, Nakajima (1989) e Silva (2010) afirmam que, para se obter uma OEE ótima, é preciso que o índice atinja pelo menos os 85%. Isso só é possível caso a disponibilidade seja de aproximadamente 90%, performance de 95% e os níveis da qualidade de 99%. Esse valor pode auxiliar na definição da real capacidade disponível para atender à procura dos consumidores. Por envolver diversas áreas da empresa, as equipas devem trabalhar juntas, para elevar essa percentagem e trazer melhores resultados.

## 2.4 QUICK RESPONSE TO QUALITY CONTROL (QRQC)

O *Quick Response Quality Control (QRQC)*, Resposta Rápida para Controle de Qualidade, é uma adaptação europeia do *Jidoka*, considerada por Ohno (2013) como um dos pilares do STP. O objetivo dessa metodologia, para Gonzalez e Martins (2007), é realizar uma análise para medir os indicadores de desempenho dos recursos humanos, qualidade, logística, segurança e produção da empresa. Com isso, é possível verificar quais os parâmetros que estão fora do intervalo, identificar os problemas no sistema produtivo, combater os desvios e direcionar um responsável para atuar diretamente na solução, de forma rápida.

A equipe de QRQC envolve vários setores da empresa. Inicialmente, os operadores são responsáveis por identificar os principais problemas ocorridos durante o dia e relatar para o monitor responsável da linha de produção. O monitor e o encarregado, juntos, fazem o *gemba walk*, que, conforme Imai (1997), é uma forma de verificar o local e como

o inconveniente ocorreu. Caso a situação não seja resolvida, as informações relevantes são repassadas para a equipe do QRQC tomar as devidas providências, solucionar o acontecido e manter a aplicação das ações de melhoria contínua.

A vantagem desse método, para Costa (2013), é que ocorre uma integração, troca de informações e conhecimento entre operadores, monitores, encarregados, responsáveis da linha, fornecedores e clientes internos. Esse conjunto de pessoas busca identificar os problemas e sugerir soluções de forma rápida, para não afetar o tempo de entrega e a qualidade do produto final.

Dessa forma, para encontrar a real causa de cada problema (causa raiz), o setor de melhoria contínua e de QRQC, se apoiam nas ferramentas *Lean* para dar sustentação aos resultados, conforme representado na Figura 9.

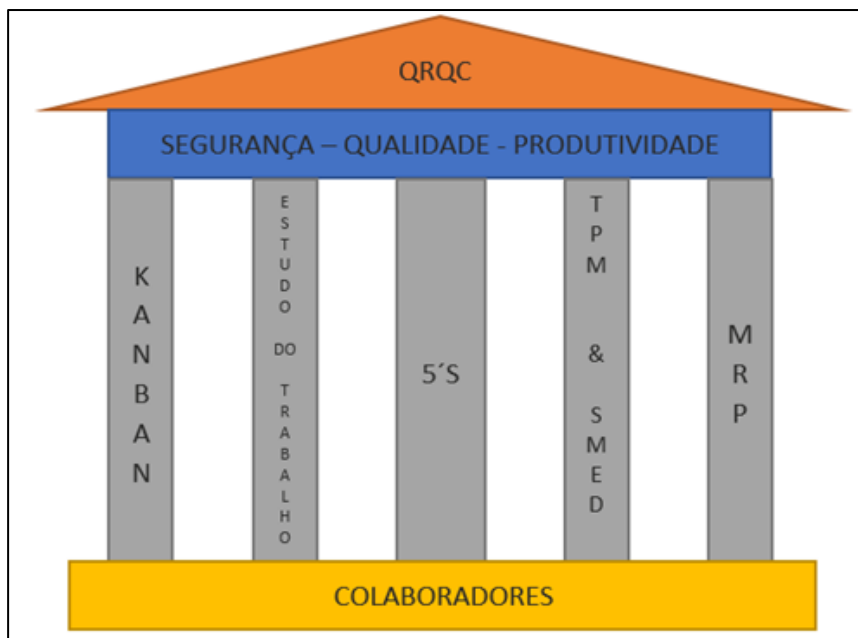


Figura 9 – Estrutura QRQC

Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2016).

Por meio da integração das ferramentas *Lean* no processo de identificação dos problemas pelo QRQC, é possível realizar o direcionamento correto e definir prazos para encerrar a análise das ações. Um formulário padrão, de fácil preenchimento, é utilizado em todo o processo de abertura e fechamento do problema. Após preenchido o documento, precisa ser arquivado junto a todas as informações recolhidas e às ações definidas para solucionar o incidente e evitar sua reincidência (Rocha *et al.*, 2012).

A gestão visual do problema, bem como a definição de prazos de execução, são características importantes para a aplicação dessa metodologia, que é muito utilizada em fábricas de automóveis, para promover ações imediatas de melhoria e evitar que o processo fique parado por muito tempo, ou que retorne a acontecer.

# ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO AA6

- 3.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DESENVOLVIDO
- 3.2 ESTUDO DE CASO NA LINHA DE AR CONDICIONADO AA6
- 3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS
- 3.4 ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA  
(KAIZEN)
- 3.5 FLUXO PRODUTIVO APLICAÇÃO DAS MELHORIAS (KAIZEN)
- 3.6 SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A OTIMIZAÇÃO DA  
LINHA AA6



### 3 ANÁLISE E OTIMIZAÇÃO DA LINHA DE PRODUÇÃO AA6

Antes mesmo de iniciar qualquer aplicação para análise e correção dos problemas encarados pela empresa foi muito importante em observar o comportamento do sistema produtivo. Dessa forma, nessa sessão foram abordados pontos relevantes do estudo de caso que foi desenvolvido a título de observar o processo, atualizar as documentações e calcular a capacidade da linha AA6. O resultado possibilitou identificar se havia disponibilidade do sistema para suportar a inserção de duas novas referências (peças) que eram produzidas na linha AA11 da fábrica. A partir da recolha de informações, os dados foram reunidos e as ferramentas *Lean* foram sendo aplicadas para verificar as características do processo, os obstáculos e as oportunidades de melhoria para aumentar a produtividade e a eficiência da linha.

Para organizar melhor a sequência de etapas que serão realizadas no decorrer do estudo, a Figura 10 foi elaborada com intuito de descrever a evolução do processo de desenvolvimento das atividades.

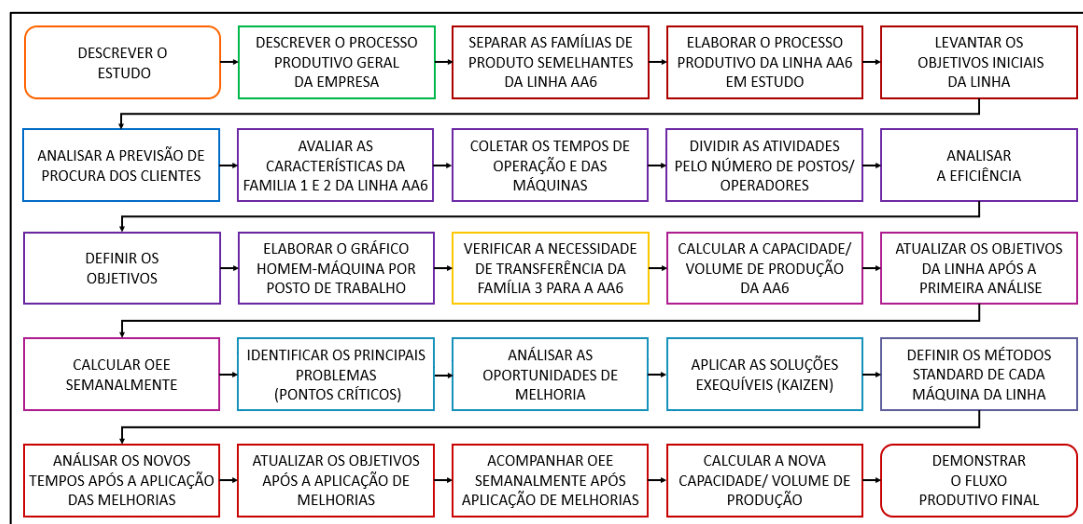


Figura 10 – Fluxograma da sequência de atividades do desenvolvimento  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2016).

O fluxograma da Figura 10 tem como função principal facilitar a compreensão das fases do estudo prático que foram seguidas para se alcançar os resultados.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DESENVOLVIDO

Para dar início às atividades, identificar os problemas e os obstáculos enfrentados pela organização, foi preciso realizar uma espécie de treinamento, por meio de formações e observações com o apoio dos colaboradores. Esse exercício permitiu compreender o funcionamento da fábrica, setores, sistemas e principalmente o processo produtivo.

Dessa forma, tem-se, de acordo com o esboço da Figura 11, a atual disposição do *layout* das linhas de produção, distribuídas no ambiente da fábrica em estudo.

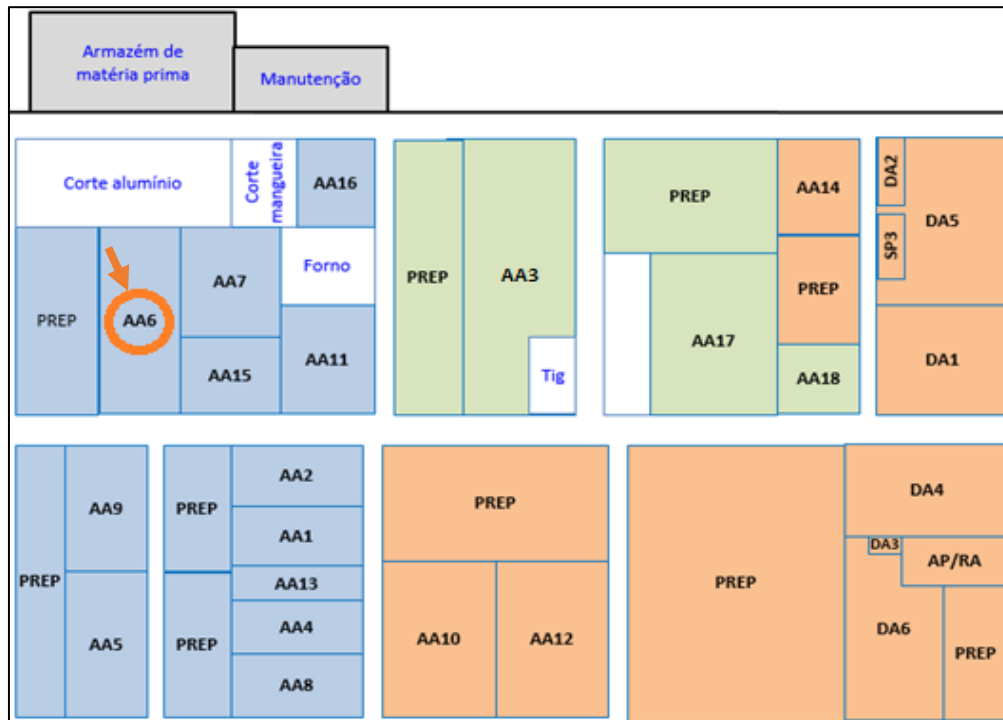


Figura 11 – Distribuição das linhas de Ar condicionado (AA) e Direção Assistida (DA)  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2016).

A título de facilitar a organização do ambiente produtivo, as áreas da Figura 11 foram classificadas em preparação dos tubos para as linhas de produção (PREP), linhas pertencentes à produção de sistemas de ar condicionado (AA) e linhas alocadas à produção de direções assistidas (DA). As cores separam os três setores produtivos independentes, que são comandados por equipas distintas na empresa.

Como o estágio foi realizado na área da melhoria contínua do setor produtivo durante o período de sete meses, os colaboradores auxiliaram nas atividades em um primeiro momento para direcionar adequadamente as funções que seriam desempenhadas. Nessa etapa, foi possível conhecer as características e a rotina diária da empresa.

Após a familiarização com a organização, foi possível estabelecer o objetivo principal do projeto, que se concentra na aplicação da melhoria contínua, por meio da utilização das ferramentas *Lean*. De acordo com a Figura 9, a linha AA6, pertencente ao ar condicionado, recebeu certo destaque, o que significa que a aplicação do estudo e as práticas do trabalho foram desenvolvidas particularmente nessa linha.

De acordo com o diretor da empresa, essa é uma categoria que precisava ser avaliada cuidadosamente. Para isso, o objetivo designado foi calcular se a linha AA6 tinha capacidade suficiente para inserir novas referências, que sobrecarregavam outras linhas.

Nesse sentido, surgiu a oportunidade de examinar o espaço produtivo de forma completa e verificar quais eram as reais necessidades de otimização, de acordo com os requisitos exigidos pela direção da fábrica.

Para isso, foram efetuados cálculos e verificações da capacidade e dos volumes previstos da linha AA6. De acordo com os resultados, surgiu a oportunidade de transferência da fabricação de duas das peças (referências) antes pertencente à linha AA11, para uma nova família de produtos na linha AA6.

Na sequência do estudo, foram definidas ações relacionadas com o cálculo da capacidade produtiva atual da linha, número de operadores necessários, *takt time*, tempo de ciclo e medição dos tempos de operação e das máquinas do processo. Com a recolha dessas informações, foi possível identificar o posto *bottleneck* da linha e aplicar sugestões de melhoria para redução do mesmo, com base na metodologia *kaizen*.

Posteriormente, foi necessário estabelecer um padrão (standardização) dos postos, balancear as funções de trabalho e construir uma Folha de Operação *Standard* (FOS) com as informações recolhidas na linha AA6. Nesse documento, foi inserida a descrição de todo o processo produtivo, objetivos da linha, tempos, pontos chaves, demarcação do *layout* e do fluxo realizado pelo operador. A proposta foi determinar um modelo único para realizar as atividades do processo, da maneira mais eficiente e proveitosa.

Por fim, uma análise comparativa da capacidade produtiva da linha foi efetuada, bem como da sua eficiência para produção de todas as peças e referências demandadas pelo cliente. O indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), ou como conhecido em português, Eficiência Geral de Equipamento foi utilizado para medir a eficiência global da linha AA6.

Um sistema produtivo padronizado facilita a criação de ações corretivas e da implementação da melhoria contínua, baseadas nas ferramentas *Lean*, para qualquer obstáculo presente na linha. Isso contribui diretamente para o cumprimento das entregas para o mercado consumidor e satisfação dos pedidos do cliente, sem comprometer a eficiência e a capacidade disponível previamente estabelecida.

### 3.2 ESTUDO DE CASO NA LINHA DE AR CONDICIONADO AA6

A linha escolhida para aplicação particular das atividades, como já referido, foi uma linha do ar condicionado, nomeada AA6. Esse setor produtivo conta atualmente com duas famílias de produto. Ambas as famílias possuem características semelhantes entre si e foram analisadas de forma particular. Uma terceira família de produtos foi inserida no estudo de forma paralela, para verificar se a atual linha AA6 tem capacidade disponível

para suportar a transferências de duas referências da linha AA11, que representam a família 3 de produtos.

Os conjuntos de referências foram criados de acordo com as características equivalentes dentro do processo produtivo. Nesse contexto, a família 1 ficou com três tipos de referências e a família 2 com quatro. Também é preciso considerar no contexto da aplicação as duas referências que representam a família 3.

No próximo tópico será apresentada a descrição geral das etapas pertencentes ao processo e fluxo produtivo da linha AA6, bem como das principais características e particularidades das três famílias de produtos que são fabricadas nesse setor.

### 3.2.1 APRESENTAÇÃO GERAL DO PROCESSO PRODUTIVO

Antes mesmo de descrever as etapas do processo produtivo da linha AA6 em estudo, é preciso classificar de forma geral, os tipos de processo disponíveis na fábrica, de acordo com a procura do cliente. Dessa forma, tem-se:

- Em série: Quando o pedido é frequente, ou seja, tem-se produção contínua das peças.
- MTO (*Make to Order*): Quando a procura é mais pontual, ou seja, só precisa ser fabricado quando solicitado pelo cliente.
- Recâmbios: Produtos que já saíram da linha ou que não são mais fabricados, porém, ocasionalmente, o cliente precisa fazer esse pedido, para realizar uma troca ou substituir uma peça antiga.

Para facilitar a investigação do estudo, é preciso primeiramente observar e compreender a sequência de etapas desempenhadas para fabricação dos tubos flexíveis de ar condicionado para os automóveis. O processo geral, que engloba todos as fases de produção, é configurado o fluxograma da Figura 12.

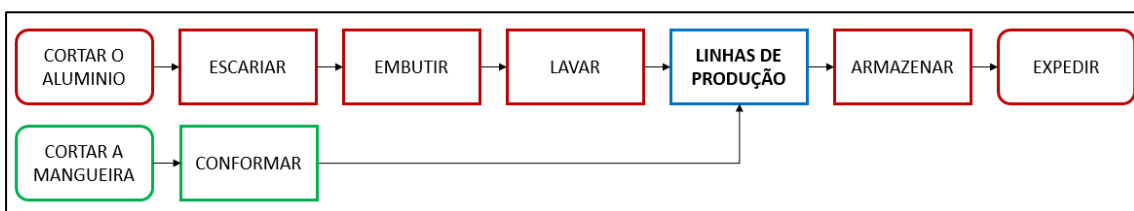


Figura 12 – Fluxograma das etapas de produção da empresa  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

De acordo com as operações descritas na Figura 12, tem-se que após a chegada da matéria prima advinda dos fornecedores, o processo de fabricação inicia com o corte do comprimento dos tubos de alumínio, do diâmetro estipulado para esse produto, bem

como das mangueiras. Posteriormente, ocorre a escariação das extremidades do tubo de alumínio, a embutição dos casquilhos e flanges e a lavagem do material.

A mangueira, após cortada, é colocada em gabaritos específicos conforme o tipo de peça requisitado por cada linha e conformado em fornos com temperaturas que chegam a aproximadamente 170°C. Posterior a esse processo, as mangueiras já conformadas são encaminhadas diretamente para cada linha de produção.

O processo das linhas de produção é particular e específico, de acordo os tipos de peças e referências que são produzidas em cada uma. Após o processo de transformação nas células de fabricação, as peças são armazenadas em local adequado, organizadas conforme a ordem de pedidos e aguardam a expedição para o consumidor final.

Relativamente à linha em estudo, tem-se que a AA6, normalmente mantém seu plano de programação de atividades em série. Porém, quando necessário, trabalha nos outros modelos de produção, para atender os pedidos dos clientes. Mesmo assim, apresenta uma grande variedade de máquinas que compõe o seu *layout*, conforme Figura 13, que representa o fluxograma geral da linha e das particularidades de cada família de processos.

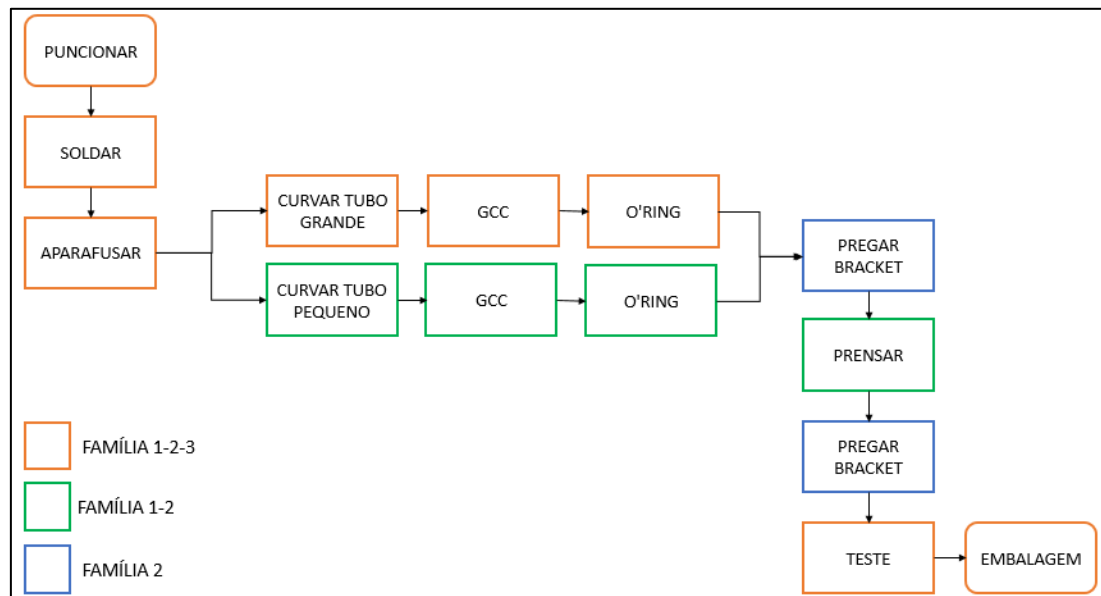


Figura 13 – Fluxograma geral do processo produtivo da linha AA6

Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

De acordo com a Figura 13, tem-se, portanto, as máquinas puncionadora, solda por indução, aparafusadora, curvadoras, mesas de *brackets* e prensa. A título de controlar as especificações das peças que são enviadas para o cliente, os calibres ou Gabarito de Controle de Curvatura (GCC) são utilizados após a saída dos tubos de cada curvadora. A título de verificar a peça interiormente, ocorre a realização de testes de fuga. O Gabarito de Controle Final (GCF) é empregado para validar a primeira peça, no início da produção de cada nova referência.

As operações representadas pela cor laranja são realizadas em todas as famílias de produtos da linha AA6, o que inclui as referências da família 3, advindas da linha AA11 e que estão em processo de teste. Já as de cor verde são particulares da família 1 e 2, e as de cor azul somente são executadas na fabricação das peças da família 2, que possui o maior número de processos envolvidos (ver Figura 13).

De modo geral, o Quadro 4 foi elaborado para descrever de forma clara e objetiva todos os processos de operação desempenhados pelos colaboradores da linha AA6. Inicialmente, é preciso esclarecer que as linhas de produção são as principais parcelas de montagem dos componentes, porém, estão englobadas em um processo ainda maior que envolve todas as operações da fábrica. Por isso, pode-se afirmar que após a chegada do material que vem do corte e da lavagem, a linha de montagem da AA6, obedece ao seguinte fluxo produtivo, descrito no Quadro 4.

Quadro 4 – Descrição de cada etapa do processo produtivo

PROCESSO	DESCRIÇÃO	FAMÍLIAS
Puncionar	Fazer um furo para inserir a válvula e o pressostato.	1-2-3
Soldar	Ambos os componentes que foram puncionados agora são soldados separadamente por meio do processo de solda por indução.	1-2-3
Aparafusar	Aparafusar o mecanismo da válvula, dentro da válvula da peça.	1-2-3
Curvar Tubo Grande	Curvar os tubos grandes em duas curvadoras de acordo com a referência da peça.	1-2-3
Curvar Tubo Pequeno	Curvar os tubos pequenos em uma curvadora de acordo com a referência da peça.	1-2
GCC GCC + Fita GCC + Fita + <i>Mousse</i>	Verificar as peças nos calibres (GCC e GCF), para garantir a geometria do produto final. Adicionar fita adesiva para demarcar local e <i>mousse</i> para proteção da superfície. Isso é realizado devido às especificações e exigência do cliente para facilitar o posicionamento e encaixe das peças no momento da montagem dos tubos nos carros.	1-2-3 1 3
O'Ring	Colocar os o' rings que servem para vedar as duas extremidades da peça e impedir fugas do interior.	1-2-3
Pregar <i>Bracket</i>	Pregar os <i>brackets</i> que dão suporte à peça e futuro encaixe na instalação dos automóveis. A primeira máquina do processo coloca três brackets e a segunda máquina coloca apenas um.	2
Prensar	Entre os dois processos de pregar o <i>bracket</i> ocorre a prensagem. Primeiro do tubo pequeno com a mangueira e depois desse conjunto com o tubo grande.	1-2
Teste	Verificar a peça, pela análise da válvula, teste de fuga na cabine e controle final. Nessa etapa também são colocados os tampões nas extremidades e na válvula que leva o mecanismo da válvula e a etiqueta para identificar a referência e hora que cada peça foi fabricada.	1-2-3
Embalagem	Os produtos são organizados em caixas e enviadas para o armazém.	1-2-3

Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

O Quadro 4 foi criado com o objetivo de esclarecer qual a função específica de cada operação dentro do processo produtivo de fabricação. A definição das famílias de produtos foi inserida para identificar em quais famílias cada operação é executada.

Apesar do número diversificado de postos de trabalho, nem todas as operações são executadas em todas as famílias de produto. Cada família possui suas particularidades e características, as quais serão descritas de forma mais detalhada no tópico 3.2.4 do desenvolvimento da dissertação.

### 3.2.2 OBJETIVOS INICIAIS DA LINHA AA6

Com relação aos objetivos da linha em estudo AA6, nenhum estudo prévio tinha sido realizado após a atualização dos tipos de peças. Devido ao interesse inerente de inserir novas referências no contexto, advindas de outra linha, surgiu a necessidade de renovar e recalcular os objetivos, a partir de uma análise mais aprofundada.

A Tabela 1, foi criada para representar os objetivos de produção por turno e por hora, estabelecidos para cada família de produtos e distribuídos entre o número de operadores.

Tabela 1 – Objetivos de produção antes do estudo da linha AA6

c	LINHA	REFERÊNCIA	NÚMERO DE OPERADORES	OBJETIVO DE PEÇAS POR TURNO (11 h)	OBJETIVO DE PEÇAS POR HORA
1	AA6	1-2-3	3	385	35
			4	517	47
			5	572	52
2	AA6	4-5-6-7	3	385	35
			4	517	47
			5	638	58
3	A11	8-9	2	517	47
			3	737	67
			4	924	84

O objetivo geral exigido, baseado nos dados da Tabela 1, é atualizado mensalmente ou quinzenalmente, de acordo com a demanda do cliente. Como exemplo, temos que o objetivo diário estabelecido para o mês de outubro foi de 700 peças por dia, para novembro de 650 e dezembro 800, todos esses meses foram verificados antes do início das análises de previsão da procura dos clientes. O número de componentes é distribuído entre dois turnos de 12 horas por dia, pelas quatro equipas diferentes, com paradas de 1 hora para os intervalos. Isso totaliza 11 horas por dia de trabalho em cada turno.

Esses objetivos atendem à demanda prevista, porém, ainda não consideram a inserção das quantidades das duas referências da linha AA11, ou seja, teoricamente somente os objetivos da linha AA6 são atendidos dentro desse intervalo. Isso quer dizer, portanto, que a linha tem capacidade disponível para produzir o número de peças pertencentes às suas duas famílias de referências.

### 3.2.3 PREVISÃO DA PROCURA DOS CLIENTES

Para dar início à recolha de dados, após analisar os atuais objetivos da linha, foi preciso reunir informações pertencentes à zona de *picking* da empresa. Esses valores foram fornecidos pelo setor logístico da produção no dia 02 de janeiro de 2017. Dessa forma, foi possível estipular os valores da Tabela 2, com uma previsão média de venda do número de pedidos de todas as peças, de acordo com a procura do cliente, referentes aos quatro primeiros meses do ano.

Tabela 2 – Plano Industrial Comercial (PIC)

LINHA	REFERÊNCIA	JAN	FEV	MAR	ABR	TOTAL	MÉDIA	FAMÍLIAS
AA6	1	0	140	140	43	1653	137,8	1
AA6	2	0	0	70	70			
AA6	3	140	308	462	280			
AA6	4	10500	12492	14148	12120	65423	4088,9	2
AA6	5	180	324	396	360			
AA6	6	3470	3746	4174	2244			
AA6	7	96	288	432	453			
AA11 - AA6	8	11502	8802	12906	12870	61681	7710,1	3
AA11 - AA6	9	4716	3762	3613	3510			
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>30604</b>	<b>29862</b>	<b>36341</b>	<b>31950</b>	<b>128757</b>	<b>11936,8</b>	<b>3</b>

A quantidade de peças disponível na Tabela 2 referente ao Plano Industrial Comercial (PIC) da empresa, foram posteriormente utilizadas para o cálculo efetivo da capacidade produtiva da linha AA6. Os valores apresentados serviram como média da procura mensal necessária, que precisa ser produzida para atender os pedidos.

Dessa forma, pelos dados observados na Tabela 2, pode-se concluir que a partir da soma das médias de cada família de produtos, o volume de produção mensal deve ser de aproximadamente 11937 peças. Como a linha trabalha em turnos de 12 horas por dia durante 7 dias por semana, o volume de produção total do mês é dividido por 30 dias, para obter a produção diária. Essa quantidade indica o volume necessário para alcançar os objetivos estipulados para a linha e gira em torno de 568 peças por dia, das quais podem sofrer variações.

### 3.2.4 FAMÍLIAS DE PRODUTOS

Nessa seção, foram apresentadas e descritas de forma detalhada as duas famílias já pertencentes à linha AA6, e a possível transferência da terceira família de produtos da linha AA11 para a AA6.

### 3.2.4.1 FAMILIA 1 – AA6

A primeira família de produtos definidos para a linha AA6, conta com três tipos de referências semelhantes entre si. Essa família foi criada com os Make to Order (MTO) pertencentes à linha AA6, ou seja, aquelas peças que possuem pedidos mais pontuais vindos do cliente e que não têm um volume de produção muito elevado, de acordo com o PIC (Tabela 2). A característica que diferencia essa família é que todas as peças levam uma fita adesiva no tubo para demarcar um ponto específico, de acordo com o requisito do cliente final.

Nesse sentido, tem-se que os postos designados para produzir essas referências são puncionar e soldar por indução a válvula e o suporte do pressostato ao tubo, aparafusar o mecanismo dentro da válvula, curvar os tubos grandes, conferir no GCC, colar fita adesiva em local demarcado, curvar tubos pequenos e conferir no GCC. Unir o tubo grande e o tubo pequeno por meio de uma mangueira no processo de prensar e, por fim, fazer o teste de fuga na cabine da linha.

Para calcular o *takt time* (TT), (ver Equação 12), foi preciso reunir o tempo efetivo de trabalho que é de 24 horas por dia e reduzir as paradas dos dois turnos de 12 horas que trabalham na linha AA6. Por isso, foram consideradas todas as refeições, pausas e limpezas que ocorrem durante esse intervalo, que resultou em 120 minutos entre os dois turnos. Outra variável a ser considerada foi o volume médio diário, que foi obtido pelo PIC da empresa e que estima a média de produção em três meses.

$$TT = \frac{(\text{Tempo Efetivo de Trabalho-Paradas}) \times 60}{\text{Volume Médio Diário}} \quad (12)$$

$$TT = \frac{((24 \times 60) - 15 - 30 - 15 - 15 - 30 - 15) \times 60}{\left(\frac{11937}{21}\right)}$$

$$TT = 139,3 \text{ segundos}$$

O resultado do TT, representa a necessidade média do cliente. Por isso, pode-se afirmar que para esse caso, quando a linha trabalha em turnos de 12 horas, o ritmo de produção deve ser de 139,3 segundos para atender a demanda do cliente.

Com relação ao número de operadores, o padrão da linha é de quatro pessoas. Porém, de acordo com os objetivos, essa quantidade pode alternar entre dois, três, quatro e até cinco colaboradores que são distribuídos para trabalharem nas diferentes funções na linha de produção. A definição do número de funcionários pode variar de acordo com a necessidade dos clientes e os pedidos feitos para expedição.

Dessa forma, na sequência do estudo, foi representado por meio da Tabela 3, Tabela 4, Tabela 5 e Tabela 6, as operações, tempos de máquinas e tempos de operação em dez ciclos, recolhidos para a família 1 com base nos turnos A, B, C e D de quatro operadores.

Tabela 3 – Recolha de tempos do posto 1 da família 1

FAMÍLIA 1 - Operador 1		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Puncionar	-	25,5	25,7	25,5	25,6	25,7	25,5	25,7
		25,5	25,8	25,9	25,8	25,8		
Soldar Válvula	42,8	10,4	10,2	10,4	10,4	10,5	10,4	10,4
		10,4	10,4	10,4	10,5	10,4		
Soldar Pressostato	36,2	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,4
		10,4	10,6	10,3	10,5	10,3		
Aparafusadora	4,3	11,4	11,8	11,6	11,7	11,8	11,4	11,5
		11,4	11,1	11,2	11,4	11,4		
DESLOCAMENTO	-	3,0	3,1	2,8	2,9	3,0	2,9	2,9
		3,1	2,9	2,9	2,9	3,0		
<b>SOMA</b>	<b>83,2</b>						<b>60,5</b>	<b>60,8</b>

Tabela 4 – Recolha de tempos do posto 2 da família 1

FAMÍLIA 1 - Operador 2		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Curvadora Grande	91,8	13,4	13,3	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
		13,6	13,6	13,7	13,9	13,9		
GCC + Fita	-	41,8	41,4	41,7	41,8	41,9	41,9	41,8
		41,9	41,8	41,9	41,9	41,9		
O'Ring	-	2,3	2,4	2,4	2,3	2,7	2,4	2,4
		2,3	2,4	2,5	2,5	2,4		
DESLOCAMENTO	-	3,6	3,7	3,6	3,9	3,8	3,7	3,7
		3,7	3,7	3,6	3,6	3,7		
<b>ESPERA = Maior Tempo de Máquina – Moda</b>					<b>91,8 - 41,9 - 2,4 - 3,7 = 43,8</b>			
<b>SOMA</b>	<b>91,8</b>						<b>105,5</b>	<b>105,5</b>

Tabela 5 – Recolha de tempos do posto 3 da família 1

FAMÍLIA 1 - Operador 3		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Curvadora Pequena	28,5	6,7	7,0	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
		6,9	6,9	6,8	6,9	6,8		
GCC + Fita	-	3,0	3,1	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0
		3,0	3,0	2,9	3,0	3,0		
O'Ring	-	2,3	2,4	2,4	2,3	2,3	2,4	2,4
		2,4	2,4	2,5	2,5	2,4		
Prensa 1	3,3	12,4	12,5	12,7	12,6	12,4	12,6	12,6
		12,3	12,8	12,9	12,6	12,6		
Prensa 2	3,3	15,7	15,4	15,4	15,5	15,8	15,8	15,7
		15,7	15,8	15,8	15,6	15,9		
DESLOCAMENTO	-	4,8	4,9	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9
		4,8	4,9	4,9	4,9	4,8		
<b>SOMA</b>	<b>35,2</b>						<b>45,6</b>	<b>45,3</b>

Tabela 6 – Recolha de tempos do posto 4 da família 1

FAMÍLIA 1 - Operador 4		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Aperto do Pressostato	-	5,3	5,3	5,4	5,3	5,6	5,5	5,5
		5,5	5,5	5,6	5,5	5,8		
Mesa de Teste	34,6	26,4	26,6	26,9	26,4	26,8	26,6	26,6
		26,7	26,6	26,5	26,6	26,7		
Tampões + Etiquetas	-	25,7	26,1	26,6	25,9	26,5	25,7	26,0
		25,5	26,1	25,5	25,8	25,7		
EMBALAGEM	-	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
		1,5	1,3	1,4	1,4	1,3		
<b>ESPERA = Maior Tempo de Máquina – Moda</b>					<b>34,6 – 5,5 – 25,7 – 1,4 = 2,0</b>			
<b>SOMA</b>	<b>34,6</b>						<b>61,2</b>	<b>61,4</b>

Os tempos das outras quantidades de operadores (três e cinco) foram distribuídos de acordo com os tempos tirados para o padrão de quatro colaboradores da linha. Porém, esses valores não foram representados nessa dissertação, pois a diferença básica está na distribuição das funções e o tempo de deslocamento necessário para comprimir todas as operações.

A partir dos tempos recolhidos para a família 1 (ver Tabela 3), foi possível verificar pela Tabela 7, o tempo de ciclo de cada operador e a percentagem de equilibrado pertencente à alocação das atividades em cada posto de trabalho.

Tabela 7 – Tempo de operação da família 1 para cada posto de trabalho

POSTO/OPERADOR	POSTO 1	POSTO 2	POSTO 3	POSTO 4
	1 OP	2 OP	3 OP	4 OP
Tempo de operação cíclico (Segundos)	60,5	105,4	45,6	61,2
Tempo de operação não cíclico (Segundos)	1,5	1,5	1,5	1,5
Tempo Total (Segundos)	62,0	106,9	47,1	62,7
% de Equilibrado	65%			

De acordo com as informações apresentadas na Tabela 7, pode ser observado que o posto 2 é considerado o atual *bottleneck* da linha, devido ao seu tempo de operação definir o tempo total necessário para se produzir uma peça. Com relação ao tempo de operação não cíclico, esse valor leva em conta o abastecimento da linha em cada posto de trabalho.

Já a percentagem do equilibrado dos postos, foi calculada por meio da soma do tempo total de todos os operadores, dividido pelo número de operadores (4) e dividido novamente pelo maior tempo de ciclo entre os operadores, no caso, 106,9 segundos do posto 2.

De acordo com os requisitos da empresa, os operadores não conseguem trabalhar a 100% da eficiência. Dessa forma, o limite estabelecido como objetivo que deve ser alcançado pelas linhas, gira em torno dos 90%. Esse valor adiciona 10% do valor total (100%) e leva em conta as paradas não programadas durante o circuito de operação. A Tabela 8 representa portanto o tempo de ciclo total e os objetivos de produção por turno, hora e por operador da família 1, quando trabalha a 100%, 95%, 90% e 85%.

Tabela 8 – Relação dos objetivos e da eficiência da família 1

OBJETIVO DE ACORDO COM A EFICIÊNCIA	100%	95%	90%	85%
Tempo de Ciclo Total (Segundos)	106,9	112,2	117,6	122,9
Produção/Hora (Peças)	34	32	31	29
Produção/Turno (Peças)	269	257	341	234
Peças/Operário/Hora (Peças)	8,4	8,0	7,7	7,3

Pela Tabela 8 pode-se concluir que, se os operadores trabalharem a uma eficiência de 90%, é possível produzir em média 31 peças por hora, 341 peças por turno de 12 h e cerca de 7,7 peças por hora, por operário.

Na sequência, foram demonstrados por meio dos gráficos homem-máquina, a divisão dos postos de trabalho por operador e os tempos de máquina e de cada operação. Tem-se a Figura 14, Figura 15, Figura 16 e Figura 17, que indicam respectivamente as tarefas designadas para cada posto de trabalho.

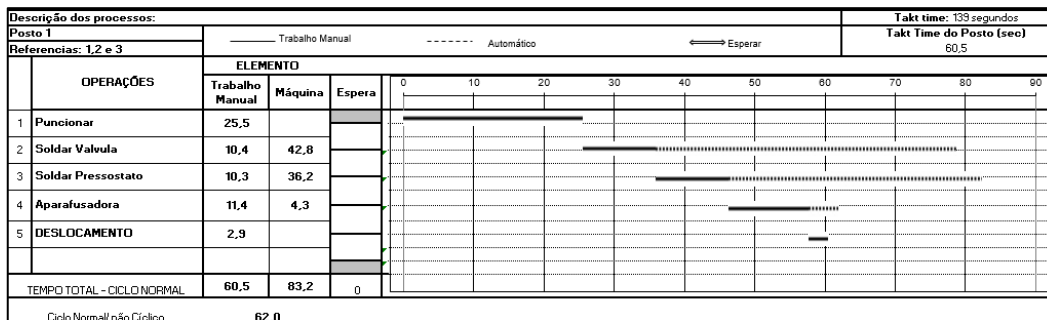


Figura 14 – Gráfico homem-máquina para o posto 1 da família 1  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

A Figura 14, apresenta na sua estrutura as operações do posto 1. Nesse modelo, foram incluídos os tempos necessários para realizar o trabalho manual de cada operação, representado pelo traço mais escuro e o tempo de máquina, indicado pelo tracejado e feito sem intervenção do operador. Como pode ser observado, o primeiro posto não possui nenhum tempo de espera, ou seja, realiza suas atividades de forma sequencial, sem precisar esperar que um processo automático (ou da máquina) precise ser finalizado. O *takt time* de 139 segundos permanece inalterado, independentemente do posto de trabalho. Porém, o tempo total para realizar todas as atividades do posto 1 é de 60,5 segundos.

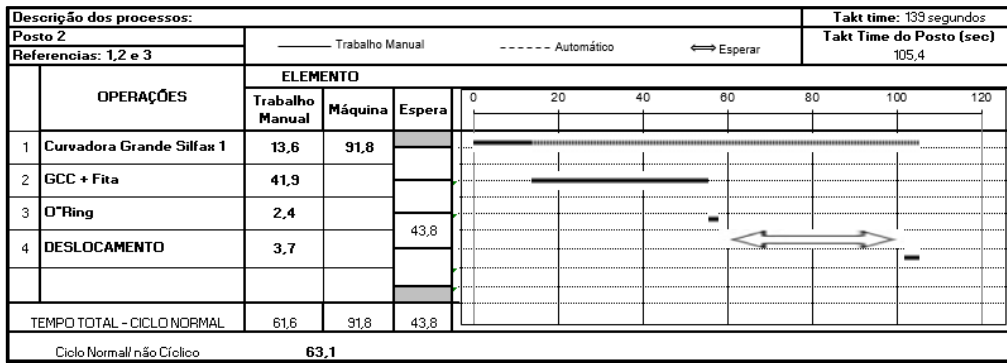


Figura 15 – Gráfico homem-máquina para o posto 2 da família 1  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Para as atividades do posto 2, tem-se a representação da Figura 15. O procedimento de identificação das linhas e o valor do TT, permanecem os mesmos. Porém, numa primeira análise observa-se que as operações da família 1, designadas para o posto 2 de trabalho, eram feitas fora da linha AA6. Esse fato pode ser explicado, pois as curvadoras não estavam industrializadas e não curvavam esse tipo de peça, ou seja, era preciso utilizar uma outra linha disponível apenas para realizar esse conjunto de operações para atender os pedidos do cliente. Com isso, o tempo de espera, mesmo com a realização de outras operações, resultou em 43,8 segundos, pois o tempo necessário para curvar um tubo é muito maior que o tempo para realizar as outras atividades.

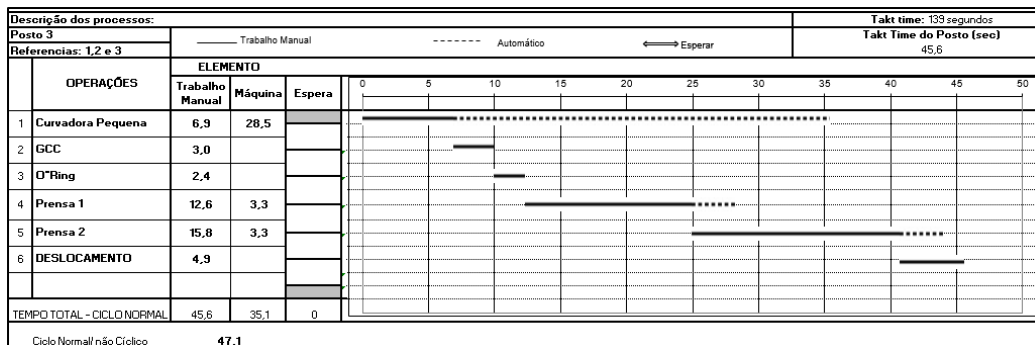


Figura 16 – Gráfico homem-máquina para o posto 3 da família 1  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

No caso da distribuição das atividades do posto 3 (Figura 16), o TT do posto manteve-se em 139 segundos, não existindo espera entre as operações, e o TC totalizou 45,6 segundos.

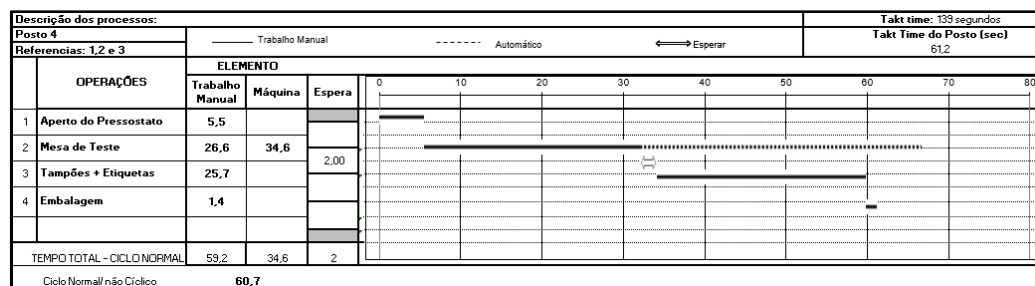


Figura 17 – Gráfico homem-máquina para o posto 4 da família 1  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Por fim, o posto 4 possui tempo de ciclo total de 61,2 segundos e foi modelado de acordo com as características da Figura 17. Para a família 1 de produtos, esse posto é o único que apresenta, mesmo que baixo, um tempo de espera de 2 segundos. Esse tempo é tão reduzido que pode ser praticamente diluído no decorrer das operações do processo ligadas a esse posto, e não interfere diretamente na produtividade e eficiência da linha.

Com isso, o gráfico homem-máquina permitiu ordenar de forma mais conveniente e simplificada a distribuição de todas as atividades necessárias para produzir uma peça da família 1 de produtos da AA6, entre os operadores disponíveis.

O fluxo de produção entre os operadores e a linha AA6, foi representado no final das análises, quando todas as alterações já haviam sido definidas e implementadas. A intenção foi padronizar (*standardizar*) esse circuito, para que o fluxo utilizado fosse o mais otimizado e adequado possível para o trabalho e desenvolvimento das atividades pelos operadores.

#### 3.2.4.2 FAMÍLIA 2 – AA6

Com relação à família 2 de produtos da linha AA6, o número de referências semelhantes é quatro. Essa família pode ser considerada uma das mais importantes da linha, devido à frequência de produção necessária para alcançar os objetivos. O aspecto particular que difere essa família das restantes é a presença das duas máquinas de pregar *brackets*, que fazem parte do processo de construção das peças.

Dessa forma, os processos necessários para elaborar as referências dessa família se dividem em puncionar e soldar por indução a válvula e o suporte do pressostato ao tubo, aparafusar o mecanismo na válvula, curvar tubos grandes e pequenos e averiguar no GCC. Unir o tubo grande e o tubo pequeno por meio de uma mangueira no processo de prensar e, por fim, fazer o teste de fuga na cabine da linha.

Como já afirmado anteriormente, o TT de 139,3 segundos que dita o ritmo de produção, continua igual para todas as famílias e postos de trabalho, assim como o número de operadores que pode variar em três, quatro e cinco, com padrão pré-definido de quatro.

Nesse sentido, a Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12 foram elaboradas com a medição de dez ciclos, que engloba os tempos manuais de operação e das máquinas do processo, para a família 2 de produtos da linha AA6, com quatro operadores.

Tabela 9 – Recolha de tempos do posto 1 da família 2

FAMÍLIA 2 - Operador 1		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Puncionar	-	25,3	25,3	25,6	25,1	25,5	25,7	25,5
		25,7	25,1	25,7	26,0	25,7		
Soldar Válvula	42,8	10,2	10,6	10,4	10,1	10,4	10,4	10,3
		10,4	10,3	10,2	10,3	10,4		
Soldar Pressostato	36,2	10,4	10,0	10,0	10,1	10,0	10,4	10,2
		10,3	10,4	10,6	10,2	10,5		
Aparafusadora	4,3	11,8	11,9	11,2	10,9	11,7	11,8	11,5
		11,7	11,9	11,8	11,5	10,9		
DESLOCAMENTO	-	2,9	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9
		2,9	3,0	2,9	2,9	3,0		
<b>SOMA</b>	<b>83,2</b>						<b>61,2</b>	<b>60,5</b>

Tabela 10 – Recolha de tempos do posto 2 da família 2

FAMÍLIA 2 - Operador 2		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Curvadora Grande 1	105,5	12,0	11,7	11,5	11,9	11,9	11,9	11,7
		11,5	11,7	11,9	11,4	11,5		
GCC	-	15,5	15,5	15,6	15,3	15,6	15,5	15,4
		15,2	15,3	15,5	15,2	15,3		
O'Ring	-	2,9	2,5	2,8	2,4	2,5	2,8	2,7
		2,8	2,9	2,7	2,4	2,8		
Curvadora Grande 2	104,5	11,5	11,7	11,4	11,2	11,7	11,7	11,6
		11,7	11,8	11,6	11,7	11,6		
GCC	-	15,5	15,5	15,6	15,3	15,6	15,5	15,4
		15,2	15,3	15,5	15,2	15,5		
O'Ring	-	2,2	2,5	2,8	2,4	2,5	2,8	2,6
		2,8	2,9	2,7	2,8	2,8		
Curvadora Pequena	21,6	6,9	7,1	7,0	6,9	7,0	6,9	7,0
		7,0	6,9	7,1	6,9	6,9		
GCC	-	3,2	3,2	3,2	3,1	3,0	3,2	3,2
		3,2	3,3	3,3	3,2	3,0		
O'Ring	-	2,6	2,6	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6
		2,7	2,6	2,4	2,4	2,5		
Curvadora Pequena	21,6	6,9	7,1	7,0	6,9	7,0	6,9	7,0
		7,0	6,9	7,1	6,9	6,9		
GCC	-	3,2	3,2	3,2	3,1	3,0	3,2	3,2
		3,2	3,3	3,3	3,2	3,0		
O'Ring	-	2,6	2,6	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6
		2,7	2,6	2,4	2,4	2,5		
DESLOCAMENTO	-	5,3	5,4	5,5	5,3	5,4	5,4	5,4
		5,4	5,4	5,5	5,6	5,4		
<b>ESPERA =</b>								
<b>Maior Tempo de Máquina – Moda</b>		<b>105,5 - 15,5 - 2,8 - 11,7 - 15,5 - 2,8 - 6,9 - 3,2 - 2,6 - 6,9 - 3,2 - 2,6 - 5,4 = 26,4</b>						
<b>SOMA</b>	<b>253,2</b>						<b>117,4</b>	<b>116,7</b>
<b>DUAS PEÇAS POR CICLO (SOMA/2)</b>							<b>58,7</b>	<b>58,3</b>

Tabela 11– Recolha de tempos do posto 3 da família 2

FAMÍLIA 2 - Operador 3		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Mesa de Bracket 1	8,5	24,4	24,3	24,8	24,5	24,4	24,4	24,5
		24,3	24,4	24,4	24,5	24,6		
Prensa 1	3,3	15,6	15,4	15,5	15,6	15,5	15,5	15,5
		15,5	15,5	15,4	15,5	15,7		
Prensa 2	3,3	18,6	18,8	18,6	18,7	18,6	18,6	18,6
		18,3	18,5	18,7	18,4	18,5		
DESLOCAMENTO	-	2,3	2,4	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4
		2,3	2,4	2,6	2,4	2,5		
<b>SOMA</b>	<b>15,1</b>						<b>60,9</b>	<b>61,0</b>

Tabela 12 – Recolha de tempos do posto 4 da família 2

FAMÍLIA 2 - Operador 4		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Mesa de Bracket 2	2,8	16,7	16,7	16,8	16,7	16,7	16,7	16,7
		16,8	16,6	16,5	16,6	16,8		
Aperto do Pressostato	-	7,0	6,7	7,0	6,8	6,7	6,8	6,8
		6,8	6,8	6,9	6,8	6,9		
Mesa de Teste	34,6	19,4	19,5	19,6	19,4	19,4	19,4	19,4
		19,4	19,6	19,4	19,3	19,4		
Tampões + Etiquetas	-	18,8	18,8	18,7	18,8	18,9	18,8	18,8
		18,6	18,8	18,9	18,6	18,7		
EMBALAGEM	-	1,8	1,9	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8
		1,8	1,8	1,8	1,7	1,9		
DESLOCAMENTO	-	2,7	2,6	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7
		2,8	2,7	2,8	2,6	2,6		
<b>SOMA</b>	<b>37,4</b>						<b>66,2</b>	<b>66,2</b>

Assim como na família 1, os tempos referentes a três e cinco operadores, foram distribuídos de acordo com o tempo padrão recolhido para quatro colaboradores. O tempo do ciclo de operação da família 2 e a percentagem de equilibrado da ordenação das atividades, foram estruturados na Tabela 13.

Tabela 13 – Tempo de operação da família 2 para cada posto de trabalho

POSTO/OPERADOR	POSTO 1 1 OP	POSTO 2 2 OP	POSTO 3 3 OP	POSTO 4 4 OP
Tempo de operação cíclico (Segundos)	61,2	58,7	60,9	66,2
Tempo de operação não cíclico (Segundos)	1,5	1,5	1,5	1,5
Tempo Total (Segundos)	62,7	60,2	62,4	67,7
% de Equilibrado				<b>93%</b>

Com os dados expostos na Tabela 13, nota-se que o Posto 4, por possuir o maior tempo de operação, 67,7 segundos, para fabricar uma peça, é classificado como o *bottleneck* da linha. De acordo com a distribuição das atividades entre os quatro colaboradores, tem-se um equilibrado de 93%, ou seja, as tarefas possuem tempos próximos. Isso evita que os operadores fiquem à espera do posto anterior ou posterior, durante o processo de produção na linha.

Na Tabela 14, foram representados os objetivos para as eficiências de 100%, 95%, 90% e 85%, para definir os tempos de ciclo e quantidade de peças produzidas por turno, por hora e por operário da família 2. Nesse caso, tem-se novamente que o objetivo utilizado como padrão pela empresa, gira em torno dos 90% da eficiência.

Tabela 14 – Relação dos objetivos e da eficiência da família 2

OBJETIVO DE ACORDO COM A EFICIÊNCIA	100%	95%	90%	85%
Tempo de ciclo (Segundos)	67,7	71,1	74,5	77,9
Produção/Hora (Peças)	53	51	48	46
Produção/Turno (Peças)	425	405	528	370
Peças/Operário/Hora (Peças)	13,3	12,7	12,1	11,6

De acordo com os valores da Tabela 14, nota-se que quando os colaboradores trabalham a uma eficiência de 90%, a produção gira em torno de 48 peças por hora, 528 peças por turno e 12,1 peças por hora por operário. O turno considerado para as análises são dois turnos de 12 h por dia.

Os gráficos homem-máquina com a disposição de cada posto de trabalho por colaborador da linha, bem como os tempos de máquina e de operação de cada atividade, foram representados pelas Figura 18, Figura 19, Figura 20 e Figura 21.

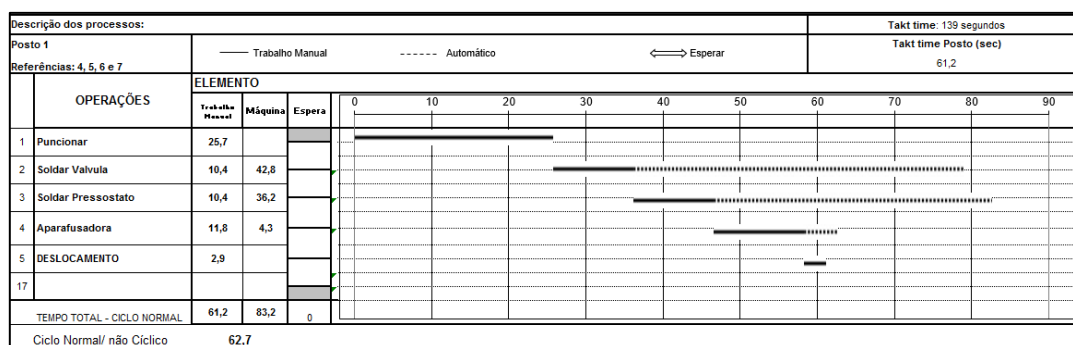


Figura 18 – Gráfico homem-máquina para o posto 1 da família 2

Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

A Figura 18, representa o gráfico homem-máquina do primeiro posto da família 2. O TT continua no valor de 139 segundos. Nessa distribuição, não existe tempo de espera do operador e o TC do posto fechou em 61,2 segundos.

Já a Figura 19, indica o gráfico homem-máquina do posto 2 da família 1, com TT de 139 segundos. Nesse caso, para o conjunto de referências da família 2, o TC precisou ser dividido por dois, pois com duas curvadoras em funcionamento ao final do ciclo, o operador entrega duas peças ao invés de uma. Isso corresponde a um tempo final de operação de 58,7 segundos.

Outro fator importante que deve ser considerado para esse posto é que, apesar de existirem duas curvadoras, que foram inseridas no processo para acelerar o tempo de produção, o tempo de espera é relativamente elevado. São 26,4 segundos necessários, que o operador fica à espera para a curvadora completar o ciclo.

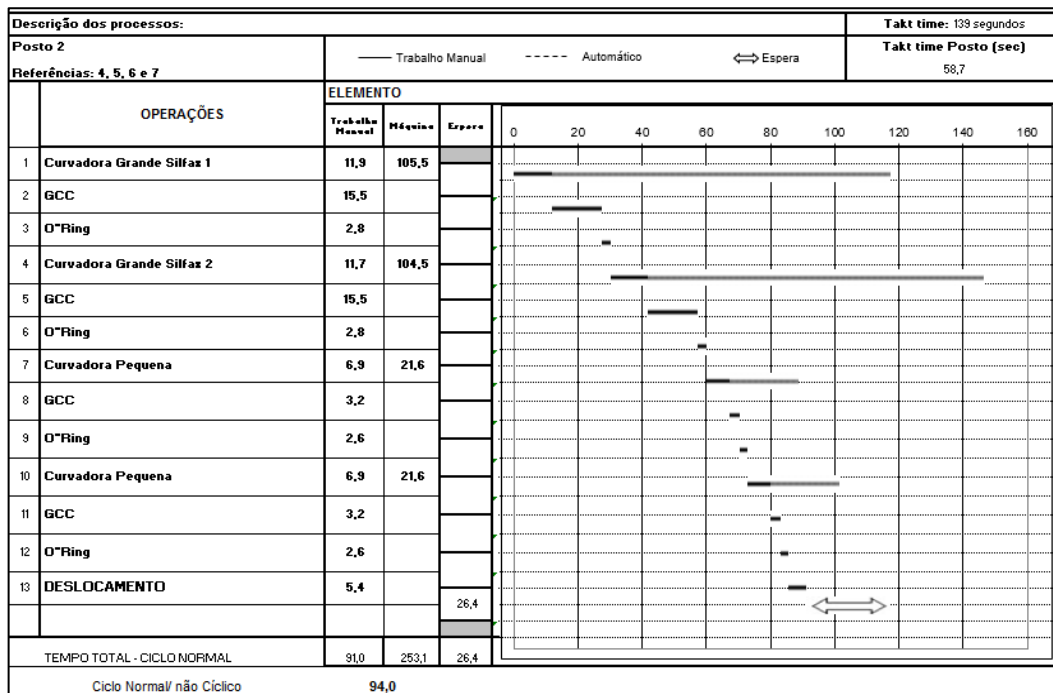


Figura 19 – Gráfico homem-máquina para o posto 2 da família 2  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

As atividades do posto 3, da família 2, foram descritas pela Figura 20. O tempo de ciclo fechou em 60,9 segundos. O TT é de 139 segundos e o posto, por não apresentar tempo de espera, consegue finalizar suas operações de forma sequencial.

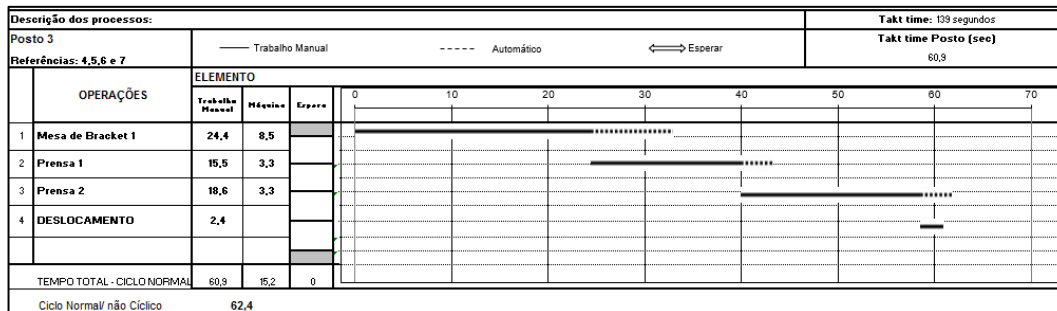


Figura 20 – Gráfico homem-máquina para o posto 3 da família 2  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Por fim, tem-se a apresentação das funções desempenhadas pelo último posto da família 2, por meio da Figura 21. Como não existe tempo de espera, o tempo de ciclo é de 66,2 segundos e o TT permaneceu em 139 segundos.

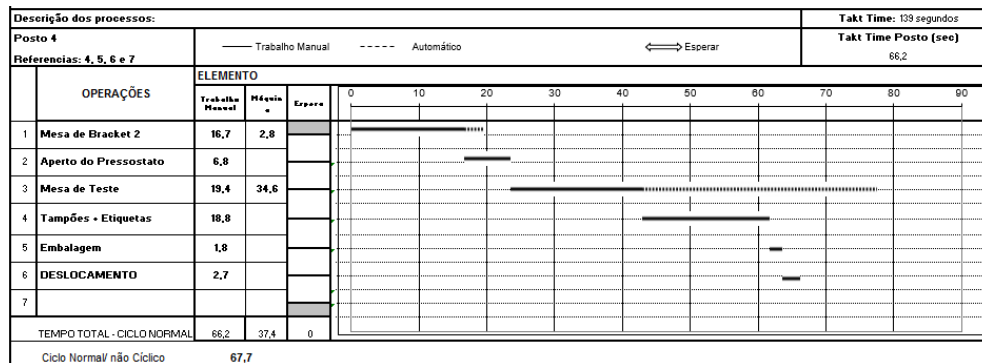


Figura 21 – Gráfico homem-máquina para o posto 4 da família 2

Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Devido à intenção de padronizar as atividades desenvolvidas no circuito de produção da linha AA6, o fluxo realizado pelo operador, bem como o *layout* do ambiente, foram representados após análise dos problemas e implementação das alterações definidas para o local de trabalho.

### 3.2.4.3 FAMILIA 3 – ANÁLISE DE TRANSFERÊNCIA DA A11 PARA AA6

A família 3 de produtos foi criada para analisar as referências de transferência em estudo para a linha AA6. Por esse motivo, e pela semelhança entre as peças, a quantidade foi definida em duas. Essa família apresenta características mais distintas das outras famílias já pertencentes à linha. Dentre elas está a quantidade reduzida de máquinas necessárias para produzir as peças e as proteções e marcações feitas com a *mousse* e a fita adesiva para demarcar o tubo, quando verificado no GCC.

Com isso, os recursos para fabricar as referências dessa família, que apresenta um comprimento de tubo relativamente menor, quando comparado com as outras famílias são, puncionar e soldar por indução a válvula e o suporte do pressostato ao tubo, aparafusar o mecanismo na válvula, curvar os tubos grandes e averiguar a 100% no GCC, e fazer o teste de fugas na cabine da linha.

A família 3, permanece com o mesmo TT das outras famílias da linha AA6, com 139,3 segundos. Porém, com relação ao número de operadores a variação agora é entre dois, três e quatro colaboradores. O padrão da linha se mantém em quatro, mesmo para as referências fabricadas nessa família. Dessa forma, os tempos recolhidos nos dez ciclos, que inclui os tempos de máquina, do processo e das operações manuais, foram detalhados na Tabela 15, Tabela 16, Tabela 17 e Tabela 18 que representa a família 3 de produtos com quatro operadores.

Tabela 15 – Recolha de tempos do posto 1 da família 3

FAMÍLIA 3 - Operador 1		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Puncionar	-	25,4	25,6	25,7	25,8	25,7	25,7	25,7
		25,7	25,6	25,6	25,7	25,8		
Soldar Válvula	42,8	10,1	10,1	10,2	10,2	10,3	10,2	10,2
		10,4	10,3	10,2	10,4	10,2		
DESLOCAMENTO	-	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0
		1,9	2,0	1,8	2,1	2,0		
<b>ESPERA = Maior Tempo de Máquina – Moda</b>						<b>42,8 - 25,7 - 2,0 = 15,1</b>		
<b>SOMA</b>	<b>42,8</b>						<b>53,0</b>	<b>53,0</b>

Tabela 16 – Recolha de tempos do posto 2 da família 3

FAMÍLIA 3 - Operador 2		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Soldar Pressostato	36,2	10,8	10,8	10,7	10,8	10,7	10,8	10,8
		10,7	10,8	10,9	10,8	11,0		
Aparafusadora	4,3	19,3	19,4	19,5	19,2	19,3	19,4	19,4
		19,2	19,6	19,4	19,4	19,6		
DESLOCAMENTO	-	1,8	2,0	1,9	2,0	1,9	2,0	2,0
		2,0	2,1	2,0	2,1	2,0		
<b>ESPERA = Maior Tempo de Máquina – Moda</b>						<b>36,2 - 19,4 - 2,0 = 14,8</b>		
<b>SOMA</b>	<b>40,5</b>						<b>47,0</b>	<b>46,9</b>

Tabela 17 – Recolha de tempos do posto 3 da família 3

FAMÍLIA 3 - Operador 3		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Curvadora Grande 1	69,7	10,8	10,7	10,7	10,7	10,6	10,7	10,7
		10,6	10,7	10,9	10,7	10,7		
GCC + Mouse + Fita	-	26,9	26,9	26,8	26,7	26,7	26,8	26,8
		26,6	26,8	26,8	26,6	26,8		
O'Ring	-	3,4	3,4	3,3	3,5	3,4	3,4	3,4
		3,3	3,4	3,4	3,5	3,3		
Curvadora Grande 2	89,4	10,7	10,7	10,6	10,8	10,7	10,7	10,7
		10,6	10,7	10,7	10,8	10,9		
GCC + Mouse + Fita	-	26,9	26,9	26,8	26,7	26,7	26,8	26,8
		26,6	26,8	26,8	26,6	26,8		
O'Ring	-	3,4	3,4	3,3	3,5	3,4	3,4	3,4
		3,3	3,4	3,4	3,5	3,3		
DESLOCAMENTO	-	5,9	5,8	5,9	5,9	5,8	5,9	5,9
		6,0	5,9	5,9	6,0	6,0		
<b>ESPERA = Maior Tempo de Máquina – Moda</b>						<b>69,7 - 26,8 - 3,4 - 10,7 - 26,8 - 3,4 - 5,9 = 12,4</b>		
<b>SOMA</b>	<b>159,1</b>						<b>100,1</b>	<b>100,0</b>
<b>DUAS PEÇAS POR CICLO (SOMA/2)</b>							<b>50,05</b>	<b>50,0</b>

Tabela 18 – Recolha de tempos do posto 4 da família 3

FAMILIA 3 - Operador 4		Ciclos (Segundos)					AA6	
Operações	Tempo de Máquina (Segundos)	1	2	3	4	5	Moda (Segundos)	Média (Segundos)
		6	7	8	9	10		
Aperto do Pressostato	-	7,6	7,7	7,6	7,5	7,6	7,6	7,5
		7,6	7,4	7,4	7,7	7,5		
Mesa de Teste	31,7	17,6	17,7	17,5	17,8	17,8	17,8	17,8
		17,8	17,9	17,8	17,9	17,7		
Tampões + Etiquetas (2)	-	16,9	16,9	16,8	16,7	16,9	16,9	16,8
		16,7	16,8	16,9	16,8	16,9		
EMBALAGEM	-	1,3	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,4
		1,4	1,5	1,4	1,4	1,3		
DESLOCAMENTO	-	3,9	4,0	4,0	4,1	4,0	4,1	4,0
		4,0	4,1	4,1	4,0	3,9		
<b>ESPERA = Maior Tempo de Máquina – Moda</b>					<b>31,7 - 7,6 - 16,9 - 1,4 - 4,1 = 1,7</b>			
<b>SOMA</b>	<b>31,7</b>						<b>49,5</b>	<b>49,3</b>

Em particular para a família 3, por possuir uma quantidade de operações reduzidas na fabricação de uma peça, foi preferível variar os postos, entre dois e três operadores na linha. Isso tende a elevar a eficiência em vista de que com cinco operadores o tempo de espera seria muito elevada. A estrutura de tempos do processo para dois ou três operadores, foram atribuídos de acordo com os tempos recolhidos para o padrão da linha de quatro colaboradores. Em consequência disso, na Tabela 19, foram organizados os tempos de ciclo e a percentagem de equilibrado com relação à distribuição das tarefas em cada posto da família 3.

Tabela 19 - Tempo de operação da família 3 para cada posto de trabalho

POSTO/OPERADOR	POSTO 1 1 OP	POSTO 2 2 OP	POSTO 3 3 OP	POSTO 4 4 OP
Tempo de operação cíclico (Segundos)	53,0	47,0	50,05	49,5
Tempo de operação não cíclico (Segundos)	1,5	1,5	1,5	1,5
Tempo Total (Segundos)	54,5	48,5	51,55	51,0
% de Equilibrado	<b>94%</b>			

O posto 1, entre os quatro operadores da família 3, foi classificado como gargalo, de acordo com a Tabela 19, por apresentar o maior tempo de operação. São cerca de 54,5 segundos para fabricar uma peça na linha AA6, para essa família de referências. O equilibrado de tempo entre as atividades dos postos fechou em 94%. Essa percentagem representa a distribuição das funções entre os operadores.

Os objetivos para as eficiências de 100%, 95%, 90% e 85%, foram definidos pela Tabela 20 e descreve os tempos de ciclo e as quantidades de peças produzidas em cada turno, por hora e por operário da família 3. A percentagem padrão utilizada para avaliar a eficiência dessa família, assim como das outras, foi de 90%.

Tabela 20 – Relação dos objetivos e da eficiência da família 3

<b>OBJETIVO DE ACORDO COM A EFICIÊNCIA</b>	<b>100%</b>	<b>95%</b>	<b>90%</b>	<b>85%</b>
Tempo de ciclo (Segundos)	54,5	57,2	60,0	62,7
Produção/Hora (Peças)	66	63	60	57
Produção/Turno (Peças)	528	503	660	459
Peças/Operário/Hora (Peças)	16,5	15,7	15,0	14,4

Os objetivos, de acordo com a eficiência de 90%, foram calculados conforme indicado na Tabela 20. Essa percentagem define um tempo de ciclo de 60 segundos, com uma produção de 60 peças por hora e de 660 peças por turno. O número de peças fabricadas por cada operador por hora é de 15 peças, para fechar o objetivo estipulado. Nessa família de produtos, a análise foi feita para turnos de 12 h, pois a linha AA6, trabalha com quatro equipas (A, B, C e D), que realizam turnos alternados de 12 h por dia.

Para finalizar o estudo inicial, nas Figura 22, Figura 23, Figura 24 e Figura 25, foram elaborados os gráficos homem-máquina, com base na distribuição dos postos de trabalho para cada operador da linha AA6 da família 3. Nessa etapa, também foram inseridos os tempos de máquina, de operação de cada atividade (trabalho manual) e as esperas.

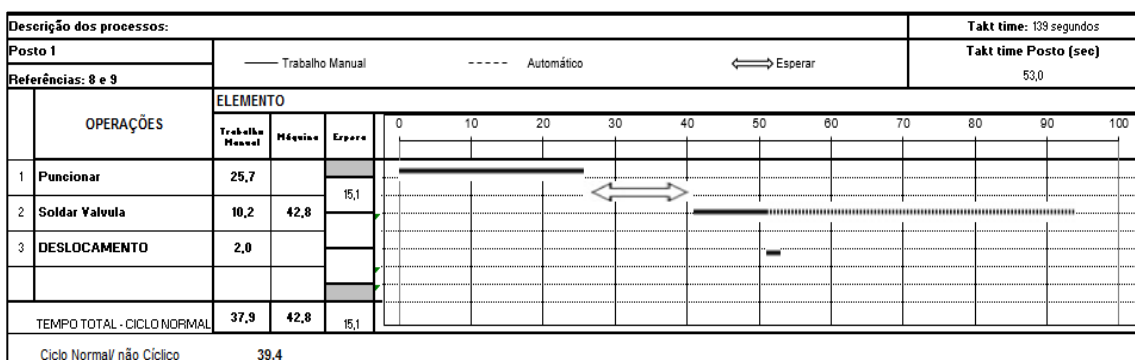


Figura 22 – Gráfico homem-máquina para o posto 1 da família 3  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

O posto 1 da família 3, conforme Figura 22, apresenta um TT de 139 segundos e um tempo total de operação de 53 segundos. Isso se deve ao fato do tempo de espera do posto ser de 15,1 segundos. Esse valor é somado ao TC e resulta no tempo total despedido para concluir uma peça nesse posto.

Em princípio, para esse caso, a espera não pode ser evitada, pois esse tempo de espera ocorre devido ao tempo necessário para soldar a válvula ser maior do que o tempo de operação das outras funções atribuídas ao posto. Outro fator é que a quantidade de atividades, ao ser dividida pelos quatro colaborado é muito pequena e o número de funções em cada posto é reduzida.

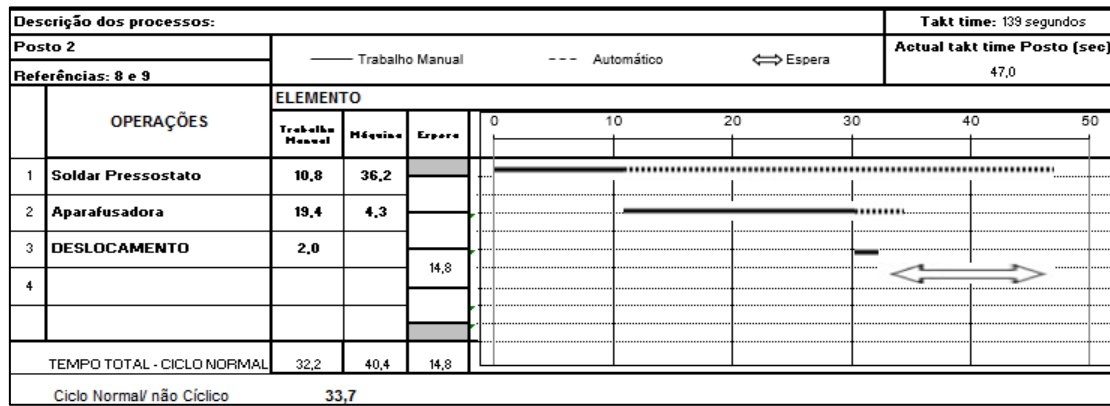


Figura 23 – Gráfico homem-máquina para o posto 2 da família 3  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Na Figura 23 tem-se a representação das funções direcionadas para o posto 2. O TT é de 139 segundos, o tempo de espera é de 14,8 segundos devido ao tempo de funcionamento das máquinas, o que acaba por totalizar um tempo de ciclo de 47 segundos.

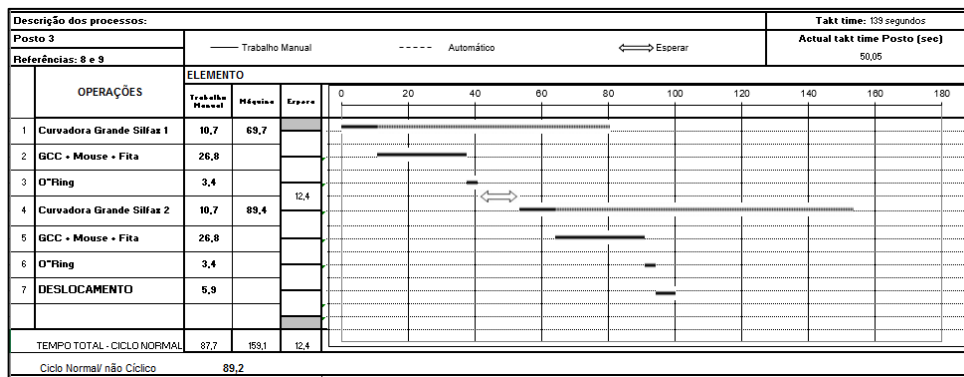


Figura 24 – Gráfico homem-máquina para o posto 3 da família 3  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

As operações designadas para o posto 3 da família 3 de referências da linha, está descrito na Figura 24. Nesse caso, tem-se um ritmo de produção de 139 segundos e mesmo com duas curvadoras, apresenta um tempo de espera de 12,4 segundos.

O fato do processo de curvar ser lento, pois o diâmetro do tubo é muito fino e o comprimento é elevado, tem-se que, por exemplo, para essa referência, o tempo de máquina para curvar uma peça é de quase 90 segundos. Esse parâmetro fez com que a empresa adquirisse mais uma curvadora, para a linha AA6, para assim acelerar o tempo de ciclo do processo e produzir duas peças ao final do ciclo, ao invés de uma.

Nesse sentido, foi preciso duplicar todas as atividades pertencentes a esse posto de operação, para que o tempo de ciclo fosse equivalente. Posteriormente, o tempo total foi dividido por dois. Essa divisão se deve ao fato de, ao fim de cada ciclo, o operador poder entregar duas peças.

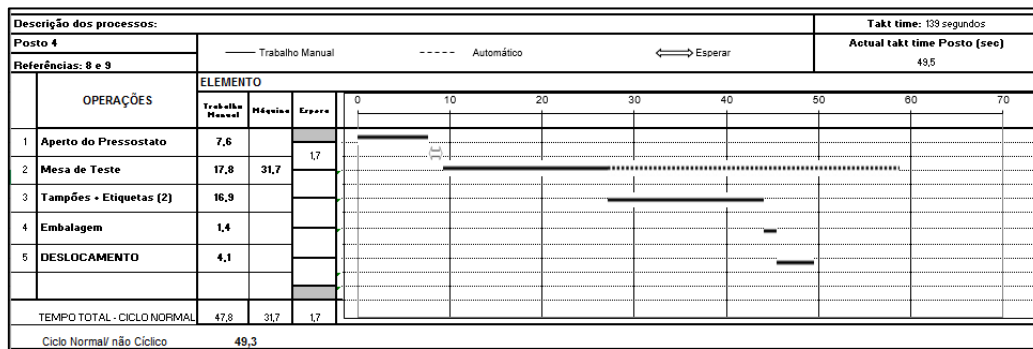


Figura 25 – Gráfico homem-máquina para o posto 4 da família 3  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Por fim na Figura 25, foi representado através da divisão das atividades, o gráfico homem máquina designado ao posto 4 da família 3 de produtos da linha AA6. Nesse ultimo exemplo, temos um TT de 139 segundos e um tempo de espera de 1,7 segundos, que é praticamente diluído durante a execução das outras atividades designadas para o posto.

Após o levantamento de todas as informações necessárias, a primeira etapa de recolha de tempos foi finalizada. A partir disso, foi possível realizar os cálculos da presente capacidade da linha e, em paralelo, verificar os dados relativos às referências que estão no estudo de transferência.

A intenção principal nesse primeiro momento, foi verificar o estado em que a linha AA6 estava, no inicio da análise do estudo. Posteriormente, esses dados serviram como base comparativa dos ganhos obtidos com as melhorias aplicadas no processo.

### 3.2.5 CAPACIDADE PRODUTIVA

Nessa fase de desenvolvimento foi preciso analisar, a partir dos tempos de ciclo e das previsões de produção definidas pelo PIC, a capacidade total disponível na linha de produção da AA6. O intuito era verificar, de acordo com os objetivos estabelecidos para cada referência, o número de peças necessárias que deveriam ser produzidas para atender à demanda prevista dos dados logísticos.

Para dar inicio aos cálculos da capacidade, tem-se por meio dos valores retratados no *picking* (Tabela 2), a interpretação dos quatro primeiros meses. Dessas informações, o pior cenário do período foi utilizado como base, para avaliar a produção, caso a capacidade estivesse no valor máximo (ver quantidade por mês, na Tabela 21).

Os dados utilizados no TC são respectivos ao tempo total de operação para fabricar uma peça quando os operadores trabalham a uma eficiência de 100%. Esses valores podem ser observados na Tabela 21, em segundos e em horas, os quais correspondem ao tempo mensal necessário para produzir cada uma das referências.

Nota-se que a quantidade de operadores (OP), varia conforme as famílias de produtos, nesse contexto tem-se 3, 4 e 5 operadores para as famílias 1 e 2 e 2, 3 e 4 operadores para a família 3.

Tabela 21 – Capacidade da linha AA6 a 100% de eficiência

Referências	Quantidade mês (Pior cenário em 4 meses)	Tempo de ciclo (100%) (Segundos)			(Qtd mês x Tempo de ciclo)/3600 = Tempo Mês (100%) - Horas		
		3 OP	4 OP	5 OP	3 OP	4 OP	5 OP
1	140	168,1	117,6	115,1	6,5	4,6	4,5
2	70	168,1	117,6	115,1	3,3	2,3	2,2
3	462	168,1	117,6	115,1	21,6	15,1	14,8
4	14148	109,8	74,5	73,8	431,5	292,8	290,0
5	396	109,8	74,5	73,8	12,1	8,2	8,1
6	4174	109,8	74,5	73,8	127,3	86,4	85,6
7	453	109,8	74,5	73,8	13,8	9,4	9,3
<b>Soma</b>	19843	943,5	650,8	640,5	616,1	418,7	414,5
<b>Média 30 dias</b>	661,4				20,5	14,0	13,8
		<b>3 OP</b>	<b>4 OP</b>	<b>2 OP</b>	<b>3 OP</b>	<b>4 OP</b>	<b>2 OP</b>
8	12906	65,5	60,0	87,4	234,9	215,0	313,4
9	4716	65,5	60,0	87,4	85,8	78,6	114,5
<b>Soma</b>	17622	131,0	119,9	174,9	320,7	293,6	428,0
<b>Média 30 dias</b>	587,4				10,7	9,8	14,3
<b>Dias necessários de produção no mês</b>					<b>31,2</b>	<b>23,8</b>	<b>28,1</b>
<b>Objetivo mensal</b>	37465						
<b>Objetivo diário</b>	1249						

Pela verificação dos dados da Tabela 21, a quantidade padrão considerada é de geralmente quatro operadores. Tem-se, portanto, nesse contexto, que o número de dias necessários para atender à produção mensal é de aproximadamente 14 dias para produzir 662 peças da linha AA6 e 9,8 dias para produzir 588 peças das referências vindas da AA11.

Isso significa que a linha AA6 tem capacidade para receber as duas novas referências da linha AA11, pois ocuparia 23,8 dias do mês, aproximadamente, para cumprir com a quantidade de produção exigida.

Se somente a quantidade/mês fosse considerada nesse cenário, a linha AA6 teria que trabalhar a um ritmo de produção de 1249 peças por dia, para atender à demanda do cliente. Porém, esse valor considera uma eficiência de 100%, sem levar em conta as possíveis avarias e paradas que podem ocorrer no decorrer do processo.

Na sequência, tem-se a mesma representação da Tabela 21, porém, agora na Tabela 22, os cálculos foram feitos com os tempos de ciclo original multiplicados a 90% da eficiência.

Tabela 22 - Capacidade da linha AA6 a 90% de eficiência

Referências	Quantidade mês (Pior cenário em 4 meses)	Tempo de ciclo (90%) (Segundos)			(Qtd mês x Tempo de ciclo)/3600 = Tempo Mês (90%) - Horas		
		3 OP	4 OP	5 OP	3 OP	4 OP	5 OP
1	140	184,9	129,4	126,6	7,2	5,0	4,9
2	70	184,9	129,4	126,6	3,6	2,5	2,5
3	462	184,9	129,4	126,6	23,7	16,6	16,2
4	14148	120,8	82,0	81,2	474,7	322,1	319,0
5	396	120,8	82,0	81,2	13,3	9,0	8,9
6	4174	120,8	82,0	81,2	140,0	95,0	94,1
7	453	120,8	82,0	81,2	15,2	10,3	10,2
<b>Soma</b>	19843	1037,9	715,9	704,6	677,7	460,6	455,9
<b>Média 30 dias</b>	661,4				22,6	15,4	15,2
		<b>3 OP</b>	<b>4 OP</b>	<b>2 OP</b>	<b>3 OP</b>	<b>4 OP</b>	<b>2 OP</b>
8	12906	72,1	66,0	96,2	258,3	236,5	344,8
9	4716	72,1	66,0	96,2	94,4	86,4	126,0
<b>Soma</b>	17622	144,1	131,9	192,4	352,7	322,9	470,8
<b>Média 30 dias</b>	587,4				11,8	10,8	15,7
<b>Dias necessários de produção no mês</b>					<b>34,4</b>	<b>26,2</b>	<b>30,9</b>
<b>Objetivo mensal</b>	<b>37465</b>						
<b>Objetivo diário</b>	<b>1249</b>						

Para esse caso (Tabela 22), temos que somente com uma produção de quatro operadores, seria possível atender à produção completa, tanto das peças da linha AA6 como das referências da linha AA11. Para isso, o número de dias necessários para fabricar as peças requisitadas conforme pedido do cliente, é de aproximadamente 26,2 dias por mês.

Posterior à avaliação inicial da capacidade, tem-se a análise da eficiência de cada referência no período de outubro, novembro e dezembro de 2016. Esse procedimento foi adotado antes de calcular a capacidade atual disponível, para verificar qual era a percentagem de eficiência de operação em cada família de produtos. A eficiência real de cada referência foi delineada na Tabela 23.

Tabela 23 – Análise da eficiência da linha AA6

Eficiência média em cada referência dos últimos 3 meses			
Referências	Eficiência Real Atual - %	Eficiência Real Média - %	Eficiência Real Média - %
	GERAL	GERAL	GERAL
1	74%		
2	51%	63%	
3	64%		
4	79%		72,3%
5	77%		
6	86%	81,5%	
7	84%		
8	64%		
9	57%		60,5%

Por meio das informações obtidas com a Tabela 23 é possível verificar que a família 1, referências 1,2 e 3, trabalha a uma eficiência de 63%. Com relação à família 2, que pode ser considerada a mais complexa a nível de componentes, representa as referências 4, 5, 6 e 7 com uma eficiência de 81,5%. Juntas, as famílias 1 e 2, possuem uma eficiência média de aproximadamente 72,3%.

Com relação à terceira família de produtos, referências 8 e 9, que está em processo de análise do comportamento na linha para fabricar as novas referências, revelou uma eficiência, de forma justificável, com 60,5%. Os operadores estão em formação e familiarização das etapas e componentes do processo e somente com a prática em executá-los é que a aumentarão a percentagem de eficiência.

Esse estudo particular de cada referência de produto, foi realizado para avaliar a percentagem real da eficiência com a qual a linha AA6 estava a operar. Isso permitiu posteriormente calcular qual era o valor efetivo da capacidade de operação.

Se considerarmos, portanto, o parâmetro eficiência, é possível afirmar quantas peças os operadores fabricam durante certo período de tempo. Pelo estudo, observação e análise dos problemas mais frequentes, ocorre uma redução da eficiência geral de produção, devido aos longos períodos de parada, durante as variações/avarias das máquinas ou no elevado tempo de *setups* nas trocas de referências.

Uma eficiência baixa requer cuidados e verificações mais profundas do processo de fabricação, a título de encontrar sugestões de melhoria que possam ser rapidamente implementadas. Dessa forma, tem-se que por meio das aplicações de melhoria, é possível reduzir o tempo excessivo de fabricação e das operações realizadas pelos colaboradores, para produzirem de forma mais rápida, eficiente e padronizada.

Com base na eficiência real encontrada pela Tabela 23 é possível calcular a capacidade produtiva real com a qual a linha em estudo estava a trabalhar. Os resultados podem ser observados na Tabela 24.

Tabela 24 - Capacidade da linha AA6 com base na eficiência atual

Referências	Quantidade mês (Pior cenário em 4 meses)	Tempo de ciclo (72%-60%) (Segundos)			(Qtd mês x Tempo de ciclo)/3600 = Tempo Mês (72%-60%) - Horas		
		3 OP	4 OP	5 OP	3 OP	4 OP	5 OP
1	140	215,2	150,5	147,3	8,4	5,9	5,7
2	70	215,2	150,5	147,3	4,2	2,9	2,9
3	462	215,2	150,5	147,3	27,6	19,3	18,9
4	14148	140,5	95,4	94,5	552,3	374,8	371,2
5	396	140,5	95,4	94,5	15,5	10,5	10,4
6	4174	140,5	95,4	94,5	163,0	110,6	109,5
7	453	140,5	95,4	94,5	17,7	12,0	11,9
<b>Soma</b>	<b>19843</b>	1207,7	833,0	819,8	788,6	535,9	530,5
<b>Média 30 dias</b>	<b>661,4</b>				26,3	17,9	17,7
		<b>3 OP</b>	<b>4 OP</b>	<b>2 OP</b>	<b>3 OP</b>	<b>4 OP</b>	<b>2 OP</b>
8	12906	91,7	84,0	122,4	328,8	301,0	438,8
9	4716	91,7	84,0	122,4	120,1	110,0	160,4
<b>Soma</b>	<b>17622</b>	183,4	167,9	244,8	448,9	411,0	599,2
<b>Média 30 dias</b>	<b>587,4</b>				15,0	13,7	20,0
<b>Dias necessários de produção no mês</b>					<b>41,3</b>	<b>31,6</b>	<b>37,7</b>
<b>Objetivo mensal</b>	<b>37465</b>						
<b>Objetivo diário</b>	<b>1249</b>						

De acordo com os valores da Tabela 24, os dias necessários de produção no mês, excedem os 30 dias disponíveis, até para o número máximo de operadores ao qual a linha pode trabalhar. Isso inviabiliza a fabricação completa das referências pertencentes às linhas AA6 e AA11.

Com a eficiência atual de 72,3% da linha, é possível fabricar 100% das referências da AA6, pois as 19843 peças seriam produzidas em apenas 18 dias. Porém, com relação às novas referências aproximadamente 87,6% da produção poderia ser feita na linha, nos 12 dias restantes do mês, com uma produção de 15435 peças das 17622 necessárias. Porém, essas percentagens não consideram qualquer variação do sistema o que pode reduzir ainda mais a quantidade total de peças produzidas para as novas referências.

De modo comparativo, pelos resultados contidos nas Tabela 21, Tabela 22 e Tabela 24, nota-se que a linha AA6, dispõe de capacidade suficiente para produzir as referências 8 e 9 da atual A11. Porém, isso só é plausível para alcançar os objetivos traçados, se considerar uma eficiência de 100% ou 90%, sob um regime de dois turnos de 12 horas, que inclui atividades produtivas aos finais de semana, o que significa que a atual eficiência da linha, de 72,3%, não comporta a produção de toda a quantidade necessária.

Na sequência, a intenção do estudo concentrou o desenvolvimento em analisar e identificar os principais problemas e as possíveis causas da linha AA6 estar trabalhando a uma eficiência tão baixa. A partir disso, foi possível estruturar e definir modificações no processo capazes de melhorar as condições de trabalho e elevar a produtividade dos operadores e máquinas, para que os mesmos alcancem uma eficiência maior.

### 3.2.6 OBJETIVOS ATUALIZADOS DA LINHA AA6

Posterior à análise da disponibilidade da capacidade produtiva da linha AA6, os objetivos foram atualizados e traçados de acordo com o TC retirado por meio da medição e estudo do trabalho de cada referência.

Tabela 25 – Objetivos da linha AA6 após estudo do trabalho

FAMÍLIAS	REFERÊNCIA	NÚMERO DE OPERADORES	OBJETIVO DE PEÇAS POR TURNO (11 h)	OBJETIVO DE PEÇAS POR HORA (11 h)
1	1 – 2 – 3	3	253	23
		4	341	31
		5	429	39
2	4 – 5 – 6 – 7	3	385	35
		4	528	48
		5	583	53
3	8 – 9	2	451	41
		3	605	55
		4	660	60

Como pode ser verificado na Tabela 25, foram descritas as famílias de produto, as referências pertencentes a cada família, o número de operadores, os objetivos por turno e por hora, e as peças produzidas por operador por hora (PPH), após o estudo do trabalho. Se comparados com os objetivos iniciais (ver Tabela 1), os valores foram alterados e passaram a representar a real disponibilidade à qual a linha pode trabalhar, para fabricar cada referência de produto.

### 3.2.7 EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO (OEE)

Para analisar a Eficiência Geral do Equipamento (OEE), é preciso considerar a produtividade, disponibilidade, performance e qualidade. Nesse caso, esses valores estão relacionados com as pessoas que efetuam as atividades na linha de produção e não em específico das máquinas nos postos de trabalho. Essa avaliação permite verificar o comportamento da linha e identificar os pontos que precisam ser melhorados, para que os objetivos sejam alcançados e as entregas sejam feitas na hora certa.

As informações consideradas para análise do estudo foram o tempo planejado que soma ao tempo de produção operado pelos quatro turnos (A, B, C e D). As paradas que inclui o tempo de *setup* para trocar as ferramentas e as avarias das máquinas da linha. O tempo medido, que se refere à diferença do tempo planejado e das paradas ocorridas e o tempo teórico, que é o tempo real em que os operadores trabalharam na produção de peças para o cliente.

A quantidade produzida e rejeitada refere-se à soma semanal de peças produzidas e sucateadas devido às não conformidades com o especificado pela ficha técnica. Na sequência, tem-se que o cálculo da disponibilidade, que é a divisão do tempo medido pelo tempo planejado. A performance que representa a divisão entre o tempo teórico e o tempo medido, e a qualidade que resulta na diferença entre a quantidade produzida e a quantidade rejeitada, dividida pela quantidade produzida total. O produto dessas três variáveis resulta no OEE final obtido no fim de cada semana.

A partir disso, tem-se representado pela Tabela 26 os dados recolhidos das últimas semanas do ano, de novembro e dezembro de 2016, e pela Tabela 27 as primeiras semanas do ano de 2017, que engloba os meses de janeiro e fevereiro. A intenção foi avaliar o OEE durante quatro meses, para então após a aplicação das melhorias verificar a evolução com relação ao objetivo.

Tabela 26 – Recolha dos parâmetros do OEE de novembro e dezembro de 2016

<b>SEMANAS - 2016</b>	<b>S46</b>	<b>S47</b>	<b>S48</b>	<b>S49</b>	<b>S50</b>	<b>S51</b>
Tempo Planejado (Horas)	144	154	154	176	154	110
Paradas (Horas)	15,7	22,9	35,8	19,7	16,4	9,1
Tempo Medido (Horas)	128,3	131,1	118,2	156,3	137,7	100,9
Tempo Teórico (Horas)	102,7	108,6	128,2	140,9	110,1	52,0
Quantidade Rejeitada (Peças)	259	246	179	169	300	119
Quantidade Produzida (Peças)	5270	5500	5383	5790	5277	3780
Disponibilidade (%)	89%	85%	77%	89%	89%	92%
Performance (%)	80%	83%	108%	90%	80%	52%
Qualidade (%)	95%	96%	97%	97%	94%	97%
<b>OEE (%)</b>	<b>68%</b>	<b>67%</b>	<b>80%</b>	<b>78%</b>	<b>67%</b>	<b>46%</b>
<b>OBJETIVO (%)</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>

De acordo com os valores da Tabela 26, nenhuma das semanas do mês de novembro e dezembro de 2016 atingiu o objetivo base do OEE, de 85%. A semana 51, ficou abaixo da média, pois não trabalhou os sete dias integralmente, o que fez com que a percentagem de performance ficasse baixa e reduzisse ainda mais o valor do OEE final.

Para justificar os baixos resultados obtidos no OEE nesse período, avaliou-se que os valores referentes às paradas de máquinas, são devidas às avarias constantes no processo. Isso acaba por reduzir a eficiência e a performance dos operadores pelo

elevado tempo em que permanecem parados, enquanto a manutenção faz a correção dos problemas.

Na Tabela 27, o processo de análise continuou em paralelo com o levantamento e identificação dos principais problemas que foram apontados no tópico 3.3. Esses dados foram analisados com os mesmos parâmetros da Tabela 26.

Tabela 27 – Recolha dos parâmetros do OEE de janeiro e fevereiro de 2017

SEMANAS - 2017	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08
Tempo Planejado (Horas)	143	154	154	154	165	165	154	165
Paradas (Horas)	11,2	18,0	11,7	11,7	9,1	19,5	16,4	10,8
Tempo Medido (Horas)	131,8	136,0	142,3	142,3	155,9	145,5	137,6	154,2
Tempo Teórico (Horas)	120,9	126,1	125,8	128,5	114,4	116,5	112,2	135,5
Quantidade Rejeitada (Peças)	314	258	325	224	200	262	223	214
Quantidade Produzida (Peças)	5822	6240	5955	5777	5510	5368	6057	7505
Disponibilidade (%)	92%	88%	92%	92%	94%	88%	89%	93%
Performance (%)	92%	93%	88%	90%	73%	80%	82%	88%
Qualidade (%)	95%	96%	95%	96%	96%	95%	96%	97%
<b>OEE (%)</b>	<b>80%</b>	<b>79%</b>	<b>77%</b>	<b>80%</b>	<b>67%</b>	<b>67%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>
<b>OBJETIVO (%)</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>

Nas semanas de janeiro e fevereiro de 2017, os objetivos de 85% também não foram atingidos conforme o estipulado. Nesse caso, também se pode considerar o elevado tempo de paradas e das quantidades rejeitadas que influenciam diretamente na performance e no número de peças produzidos em cada semana.

O gráfico da Figura 26 foi elaborado para indicar as percentagens do OEE de cada semana, desde o mês de novembro de 2016 até ao fim de fevereiro de 2017.

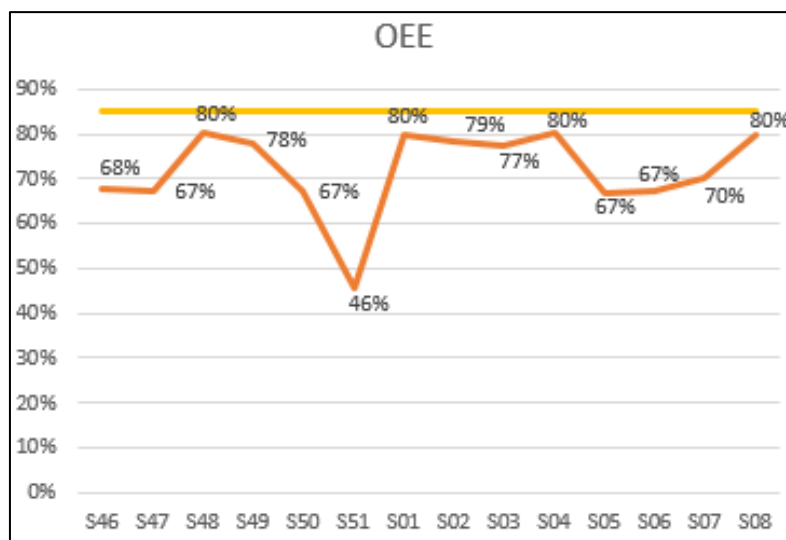


Figura 26 – Percentagem do OEE referente à 1ª análise com relação ao objetivo  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Por meio da observação global do gráfico da Figura 26, é mais nítida, em um contexto geral, concluir que as percentagens do OEE não foram atingidas em nenhuma das semanas iniciais analisadas. A média entre as quatorze primeiras semanas observadas fechou em aproximadamente 72%, conforme calculado pela Tabela 23, onde o valor mais próximo do ideal chegou a 80% e a percentagem mais baixa do intervalo foi de 46%, justificado por ser a última semana do ano de 2016.

### 3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS

Na sequência, foram descritas as principais falhas encontradas no sistema de produção, de acordo com as informações registradas pelos responsáveis da linha AA6 e das observações e acompanhamento diário realizado. Os problemas mais comuns foram listados no Quadro 5. O objetivo foi investigar os motivos da ocorrência de cada um e sugerir soluções rápidas para corrigir os problemas mais frequentes. O chefe de produção, juntamente com a sua equipe, designou responsáveis para observar o comportamento da linha e de cada falha, que possa influenciar a eficiência e o funcionamento adequado do processo para atender aos objetivos de produção.

Quadro 5 – Análise das falhas mais frequentes da linha AA6

Falhas do Sistema	Motivo	Sugestões
Falta de conformado na linha.	Setor de corte e conformação da mangueira, está com capacidade limitada.	Organizar a forma de trabalho do setor responsável para atender as linhas conforme o pedido dos clientes.
Falta de tubo na linha.	Máquina de embutição que abastece a linha está com capacidade limitada.	Organizar a forma das máquinas de embutição trabalharem para atender as linhas.
	Problema na eficiência da lavagem dos tubos.	Verificar os banhos da máquina de lavar, se as quantidades de água e detergente obedecem aos padrões.
Tempo elevado para fazer a mudança da linha entre referências ( <i>Setup</i> Elevado).	Demora na afinação das curvadoras.	Aumentar o rigor de controle dos programadores para garantir que os programas instalados nas máquinas não sejam alterados pelos preparadores.
		Padronizar a montagem das ferramentas na hora de fazer as trocas.
		Padronizar os programas que precisam ser inseridos nas máquinas.
		Postos que finalizam a referência anterior, já começam a alteração para as novas referências.
Mesa de <i>bracket</i> apresenta elevada variação durante o processo.	Sensores e pregas que fixam as <i>bracket</i> não fecham bem quando as peças estão desgastadas.	Substituição das peças de desgaste.
		Criação de um estoque para essas peças.
	Falta de ar comprimido para fechar as <i>brackets</i> de forma adequada.	Prática de avaliação e troca constante.
		Concentrar um ponto de ar comprimido para fechar os <i>brackets</i> com maior pressão. Como a mesa fecha três <i>brackets</i> ao mesmo tempo, é possível alternar a ordem, primeiro liberando o ar para fechar as duas <i>brackets</i> exteriores e depois concentrando o ar para fechar a <i>bracket</i> do meio, que precisa de mais pressão.

Mola da punctionadora a quebrar com frequência.	Mola não é correta, resistência é baixa e não ideal.	Verificar qual a resistência correta para a mola e substituí-la de acordo com a especificação. Avaliação e necessidade de troca de 15 em 15 dias.
Falha dos sensores da mesa de teste.	Chave dinamométrica com fios traçados avariada na mesa de teste.	Fazer teste de fuga para ajustar a máquina a cada 1000 peças testadas.
Elevado tempo de paragem nos processos para reajustar as curvadoras.	Atraso na linha quando a mesma trabalha com uma só curvadora.	Aumentar o rigor de controle dos programadores para garantir que os programas instalados nas máquinas não sejam alterados pelos preparadores.
	Amortecedor da guia da curvadora desapertado.	Padronizar a montagem das ferramentas na hora de fazer as trocas.
	Tubos esmagados ou marcados pelas pinças da máquina.	Padronizar os programas que precisam ser inseridos nas máquinas.
Fuga falsa elevada da mesa de teste.	Contaminação da cabine por falta de ventilação.	Desbloquear a abertura da porta da cabine, para aumentar a ventilação e reduzir a contaminação do ambiente de teste.
	Programa fora do especificado.	Intervenção do fornecedor, que ajustou o programa da máquina para fazer a limpeza e calibração a cada 250 peças. Acompanhamento diário durante 3 mês para verificar a eficácia.
Demora no arranque ou tubo de limpeza quebrado na mesa de teste.	Circuito contaminado.	Kit de limpeza a ser utilizado de 3 em 3 horas na cabine de teste.
	Filtros sujos.	
Atraso na linha, pois os operadores não conhecem direito os novos processos.	Falta de descrição do fluxo produtivo e da divisão das funções nos postos de trabalho.	Padronizar as operações e balancear a linha com a divisão dos postos de trabalho.
Punção partido da punctionadora.	Falta de verificação do desgaste antes de utilizar o equipamento.	Verificar na hora do <i>setup</i> se é preciso fazer troca da ferramenta desgastada.
Parafuso moído na guia da curvadora.		
Cilindro da guia da curvadora partido.		
Mecanismo da válvula mal aparafusado.	Falta de verificação na hora do <i>setup</i> , do ajuste correto das máquinas.	Instalar sistema de vácuo para succionar o mecanismo da válvula e facilitar o posicionamento da hora de aparafusar.
Ovalização das peças na mesa de <i>brackets</i> .		Antes de concluir o processo de ajuste das máquinas, verificar se as peças estão saindo de acordo com a especificação.
Sucata elevada na solda do pressostato.	Peças mal soldadas ou que apresentam fugas falsas por causa do óleo presente que não foi eliminado na hora da lavagem.	Verificar as especificações dos banhos nas máquinas de lavar.

Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

A análise das falhas e dos motivos mais frequentes observadas na linha AA6 (ver Quadro 5), permitiram identificar quais eram os pontos críticos do sistema em estudo. Nota-se que muitos transtornos adviam de operações anteriores, antes mesmo do material chegar até à linha para ser transformado. Com esse levantamento de dados, foi possível direcionar de forma coerente os responsáveis para atuar perante os problemas e aplicar as soluções necessárias. Essas sugestões foram acompanhadas durante os sete meses de estágio, verificadas e devidamente solucionadas.

### 3.4 ANÁLISE E IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA (KAIZEN)

Por meio da definição dos problemas identificados no Quadro 5, foi possível associar os desvios/anomalias em cada máquina do processo e designar as possíveis sugestões e oportunidades de melhoria, de acordo com a prioridade de resolução. Dessa forma, o Quadro 6, foi elaborado para descrever de forma detalhada e representar as melhorias e otimizações propostas que poderiam aumentar a produtividade e eficiência do sistema de produção do setor automível em estudo.

Quadro 6 – Associação dos problemas e propostas de melhorias para a linha AA6

Máquina	Desvio/Anomalia	Propostas de Melhorias	Figura Associada
Aparafusadora	Mistura das cores do mecanismo da válvula cinza e preto, pois o suporte <i>kanban</i> não é adequado.	Trocar a prateleira das caixas do mecanismo da válvula, risco de misturar as cores (preto e cinza), na hora de trocar de referência.	Figura 27
Aparafusadora	Mecanismo é semi rosqueado no interior da válvula, na posição vertical até ficar fixo.	Instalar um sistema de vácuo para succionar o mecanismo da válvula e facilitar o posicionamento da hora de aparafusar. Com isso é possível reduzir o tempo da atividade realizada pelo operador.	Figura 28
Curvadora Grande	Rolo da <i>mousse</i> tem que ser cortado constantemente e por vezes desperdiça-se pela falta de um suporte adequado.	Colocar um suporte na mesa do calibre para posicionar o rolo da <i>mousse</i> e facilitar o processo de retirada.	Figura 29
Curvadora Grande	<i>Setups</i> lentos nas curvadoras atrasam o processo.	Padronizar os programas das máquinas de curvar.	-
Curvadora Grande e Pequena	O ciclo de operação varia de acordo com a disponibilidade de peças do posto 1, ou seja, as operações podem ocorrer em duas ordens, 2 vezes a curvadora grande + 2x a curvadora pequena ou 1x a curvadora grande e 1x a curvadora pequena (intercaladas duas vezes).	Padronizar o ciclo do posto, com a aplicação do método do <i>standard work</i> , para que o processo sempre obedeça a mesma sequência.	-
Curvadora Grande (1 e 2) + Curvadora Manual	Curvadora fora da linha AA6, utilizada para curvar os tubos da família 1 na primeira análise.	Processo de industrialização das curvadoras da linha AA6, que passou a curvar os tubos em duas curvadoras com o auxílio de uma curvadora manual.	Figura 30
Linha AA6	Caixas <i>kanban</i> dos transdutores utilizados na linha estão mal posicionados e ocupando um espaço desnecessário.	Nova estante para posicionar as caixas <i>kanban</i> dos transdutores foi realocada para baixo da mesa de <i>bracket</i> 1, em um novo suporte. Isso não interfere nas operações da mesa de <i>bracket</i> 1 e ainda aumenta o espaço disponível na linha.	Figura 31

Linha AA6	Suporte/varão/WIP entre o posto da curvadora e o posto da mesa de <i>bracket</i> 1, tem que ter um alcance maior porque o tubo bate no "pé" do suporte e não desliza até o outro lado.	Retificar varão para que o tubo não bata no pé ao deslizar.	Figura 32
Linha AA6	Caixas <i>kanban</i> da mangueira estão posicionadas atrás da estante de calibres da outra linha. Isso acaba por ocupar muito espaço no interior da linha AA6.	Após a movimentação da estante de calibres da outra linha, foi possível realocar as caixas <i>kanban</i> da mangueira e reorganizar o espaço com a inserção do contentor destinado a depositar a sucata da linha, bem como as prateleiras dos componentes menores.	Figura 33
Linha AA6	Estante de calibres da linha estão mal posicionados e dificultam o manuseio e acesso dos operadores.	Realocar a estante na linha, para facilitar o acesso e o manuseio dos calibres.	Figura 34
Linha AA6	<i>Shopstock</i> produto acabado não está corretamente definido, o que leva a operadora da embalagem a perder muito tempo na movimentação dos contentores.	Redefinir o <i>shopstock</i> para criar um fluxo de contentores mais simples.	Figura 35
Linha AA6	Estante que guarda os calibres da célula vizinha, está ocupando espaço da linha em estudo.	Realocar a estante para otimizar o espaço da linha.	Figura 36
Linha AA6	Painéis de informação estão velhos e precisam ser atualizados.	Alteração dos painéis de informação para o novo modelo. Esse painel foi realocado na linha, ocupa menos espaço e é de mais fácil acesso e utilização.	Figura 37
Linha AA6	Entrada da linha está desorganizada.	Mudança de <i>layout</i> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organização do <i>shopstock</i> dos contentores;</li> <li>• Alteração dos calibres da linha;</li> <li>• Aplicação das novas marcações.</li> </ul>	Figura 38
Mesa de <i>Bracket</i> 1	As <i>brackets</i> que são colocadas nessa máquina, quando não estão dentro dos padrões, precisam ser sucateadas. Porém, não existe um local apropriado para coloca-las. Dessa forma pode haver mistura entre as <i>brackets</i> boas e as que precisam ser sucateadas.	Uma caixa vermelha para alocar as <i>brackets</i> rejeitadas. Ao final do turno conta cada uma, identifica na etiqueta e elimina em um saco plástico para a sucata.	Figura 39
Mesa de <i>Bracket</i> 2	<i>Bracket</i> está com alcance distante da operadora.	Aproximar o suporte <i>kanban</i> das <i>brackets</i> .  Com a nova definição do standard, os componentes (borracha e <i>bracket</i> ), precisaram ser invertidos para facilitar a operação.	Figura 40
Mesa de Teste	Fios abaixo da cabine próximo das prateleiras impedem o fluxo das caixas, ou seja, o operador precisa erguer os fios para que as caixas desçam até ao local de retirada.	Prender melhor os fios para que eles não estraguem e aumentar o espaço para mover as caixas.	Figura 41

Mesa de Teste	Chave dinamométrica varia constantemente devido ao contato direto com a mesa onde é pousada.	Suporte para a chave dinamométrica, mas próxima do operador, que evite o contato com a mesa.	Figura 42
Mesa de Teste	Falta de tampas para fechar as caixas de tampões durante as pausas.	Fazer as tampas para fechar as caixas de tampões durante as pausas.	Figura 43
Mesa de Teste	Caixa para por as pequenas ferramentas de troca da cabine de teste não possui local adequado e está pousado sobre a mesa.	Fazer uma prateleira/suporte para fixar as ferramentas.	Figura 44
Mesa de Teste	A caixa para por as grandes ferramentas de troca da cabine de teste, está armazenada na estante dos calibres.	Instalar uma prateleira adequada para armazenar a caixa de ferramentas.	Figura 45
Mesa de Teste	Varão é alto para a operadora por a peça da cabine.	Definir um método padrão para que os turnos A, B, C e D após finalizarem a peça, coloquem a mesma direto dentro do contentor da embalagem, e não pousem sobre um varão intermediário.	Figura 46
Mesa de Teste	Teste de hidrogênio das peças é lento.	Instalar um acelerador de teste. Possibilita reduzir o tempo em quase 37,9%.	Figura 47
Mesa de Teste	O suporte da etiqueta de gelo desperdiça muitas etiquetas quando o novo rolo é inserido, pois o suporte atual não consegue segura-lo de forma adequada.	Aumentar e adequar o suporte da etiqueta de gelo.	Figura 48
Mesa de Teste	Porta de trás da cabine está bloqueada por uma mangueira e impede a ventilação da mesa de teste, ocasionando contaminação e fugas falsas.	Desbloquear a abertura da porta da cabine, para aumentar a ventilação e reduzir a contaminação do ambiente de teste.	Figura 49
Mesa de Teste	O controle de válvula é feito com o tubo pousado nas torres da cabine de teste, onde a operadora puxa a corda identificada com o componente de verificação e faz o teste inicial. Processo pouco ergonômico, devido à repetição dos movimentos constantes e dificuldade de alcance do operador.	Componente de sucção para limpeza e controle da válvula foi inserido no processo fora da cabine de teste, ou seja, antes da operadora pousar o tubo nas torres para o teste. Isso facilita a operação e reduz o tempo da atividade no posto.	Figura 50
Prensa	O varão destinado a pousar o tubo pequeno é muito alto para a operadora, isso acaba por gerar um desgaste excessivo ao fim do turno.	Diminuir a altura do varão que pousa o tubo pequeno.	Figura 51
Prensa	Copo do lubrificante não está em local adequado.	Colocar suporte para adaptar o copo a uma localização mais adequada.	Figura 52
Prensa	As caixas do suporte das ferramentas de troca da máquina de prensa não cabem no suporte designado.	Retificar e adequar o suporte de forma a comportar todas as caixas das ferramentas de troca.	Figura 53

Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

As melhorias sugeridas pelo Quadro 6, foram classificadas como aplicáveis, pois estavam dentro do tempo de realização do estágio e da realidade da empresa. Na sequência, tem-se a apresentação das implementações que obedece à ordem de descrição e das máquinas do Quadro 6. A intenção foi representar as melhorias e modificações de forma visual, para facilitar o entendimento e compreensão do que foi realizado na célula de fabricação de sistemas de ar condicionado da empresa em estudo.

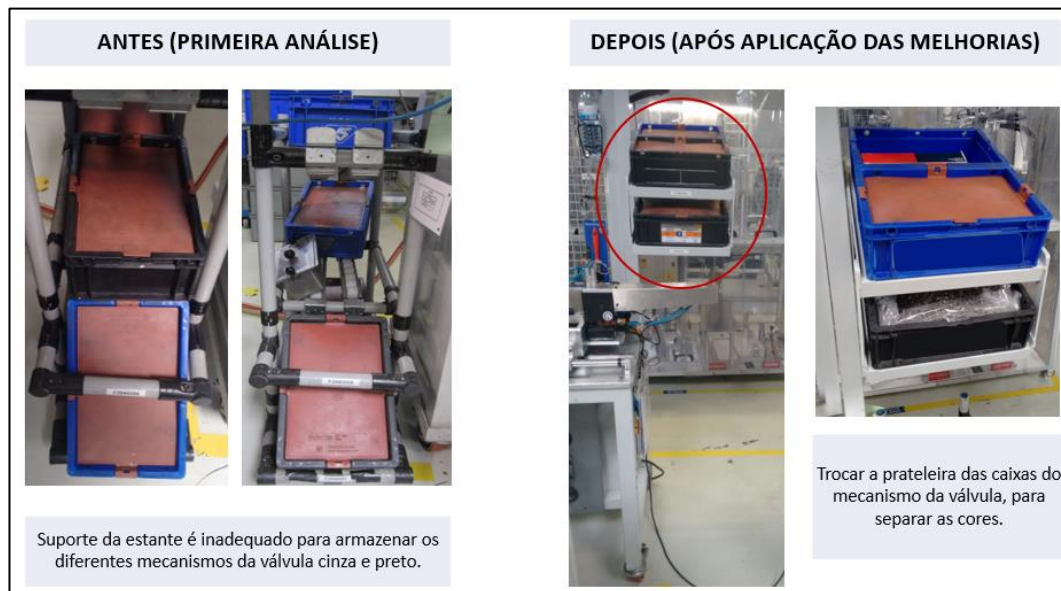


Figura 27 – Melhoria na estante *kanban* dos componentes da aparafusadora  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

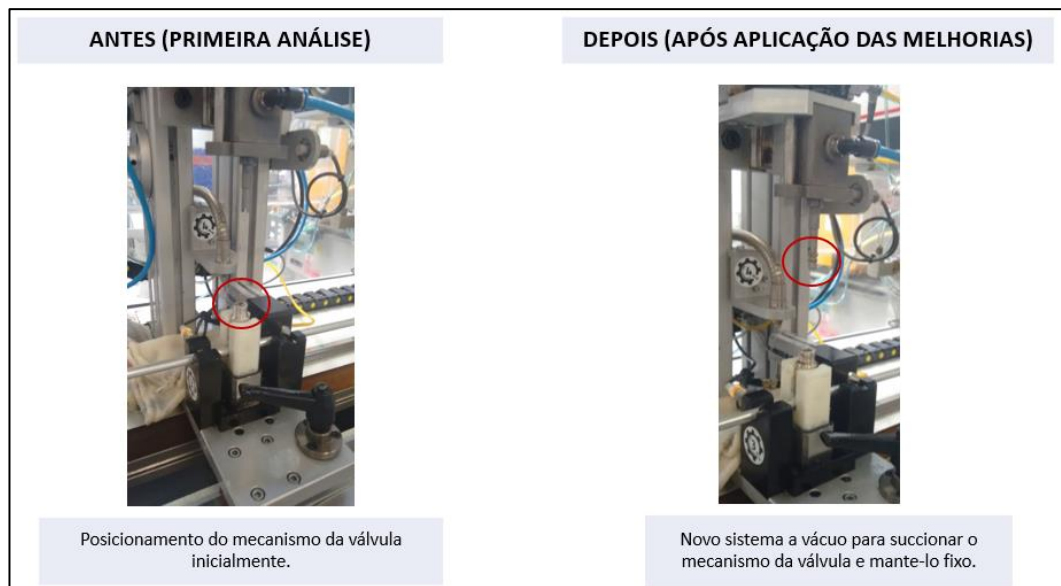


Figura 28 – Melhoria no sistema de colocação do mecanismo da válvula na aparafusadora  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

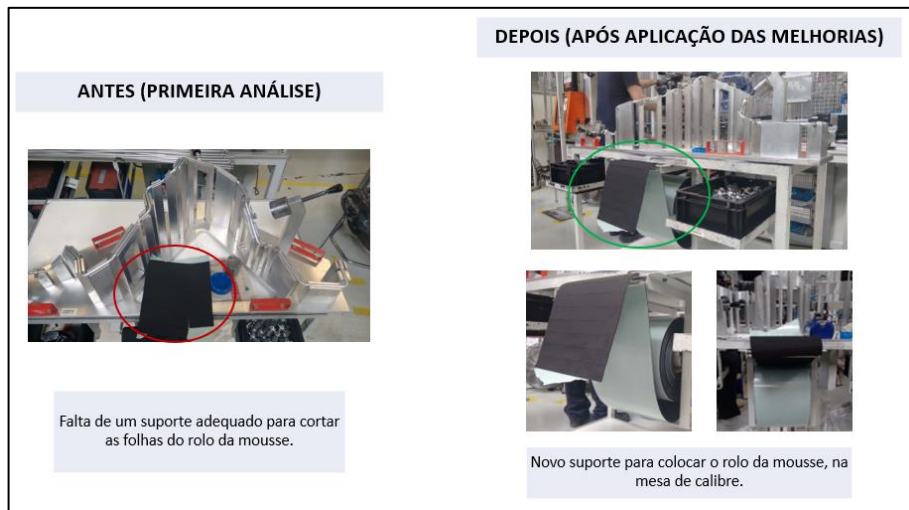


Figura 29 – Melhoria no suporte do rolo da *mousse*  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

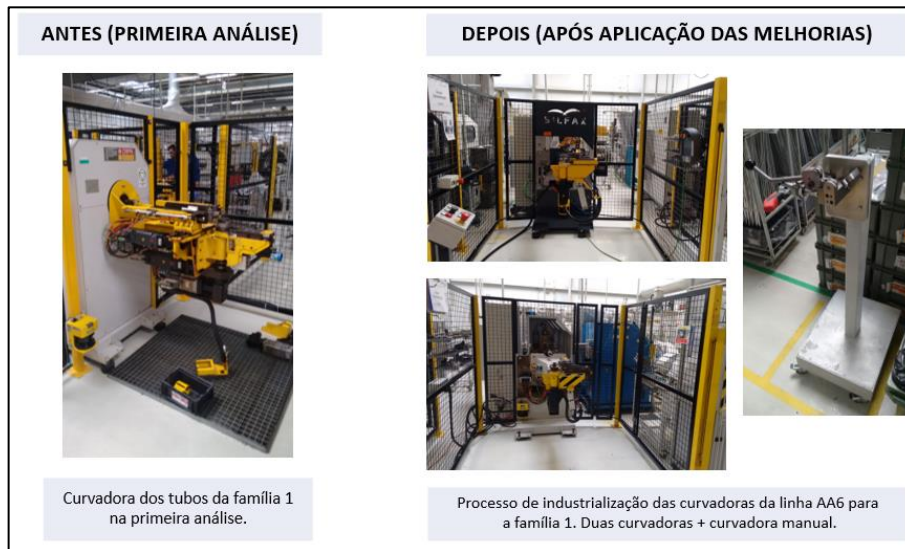


Figura 30 – Melhoria com a industrialização das curvadoras para a família 1  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

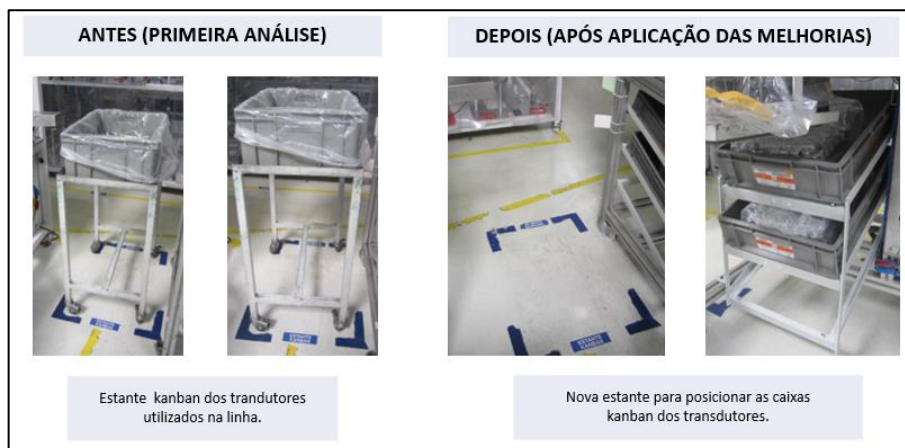


Figura 31 – Melhoria com a alteração da estante *kanban* dos transdutores  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

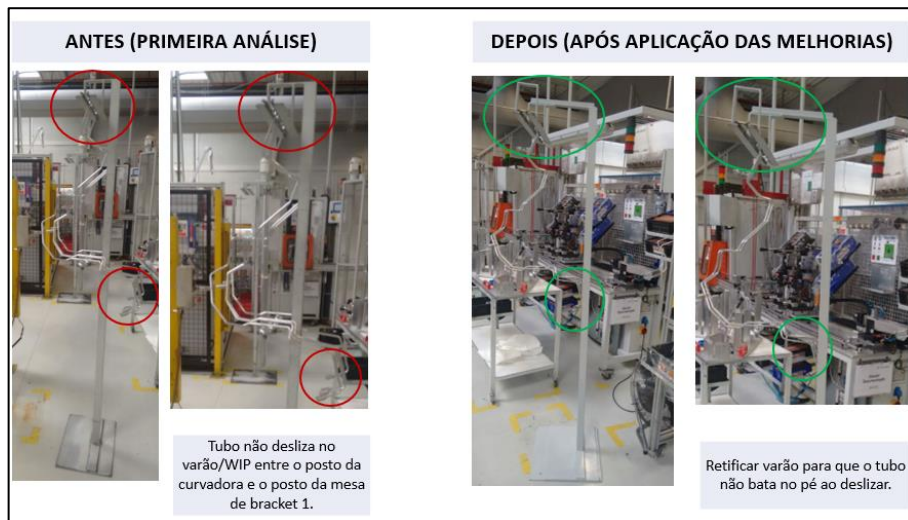


Figura 32 – Melhoria com a retificação do varão entre postos  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

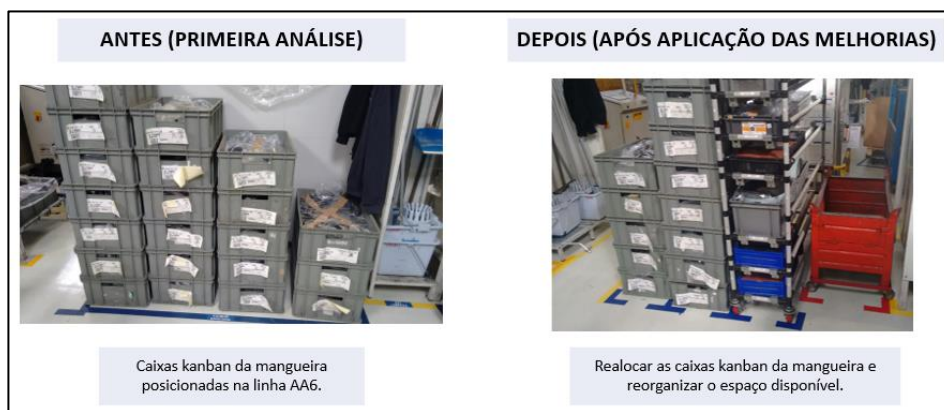


Figura 33 – Melhoria com a reorganização do *layout* e aumento do espaço disponível  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

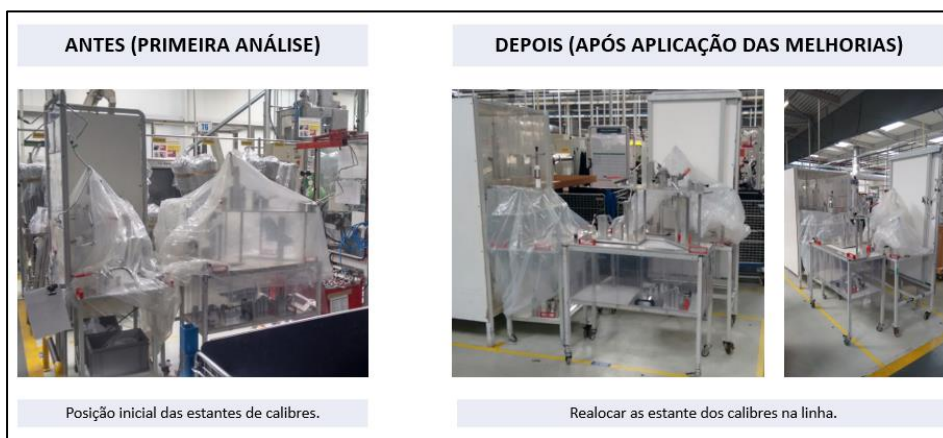


Figura 34 – Melhoria na alocação das estantes de calibres  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

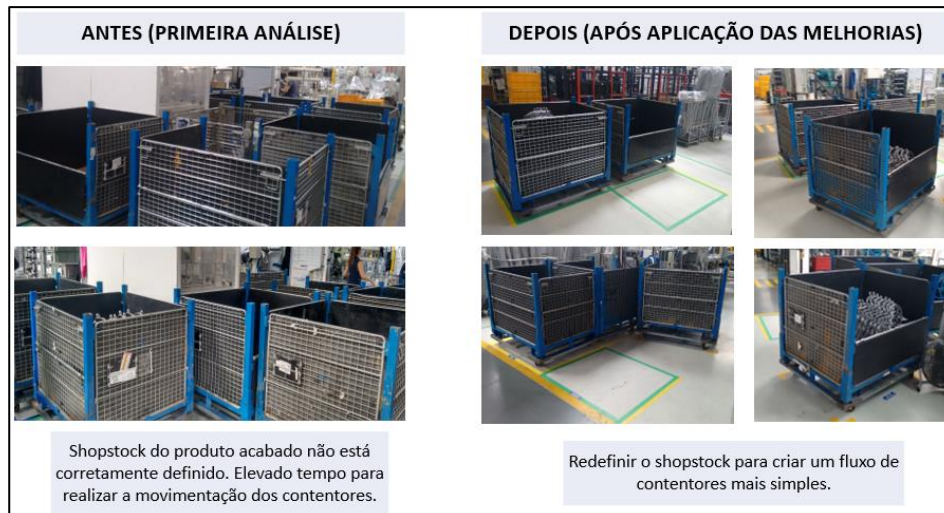


Figura 35 – Melhoria na redefinição do *shopstock* dos contentores  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

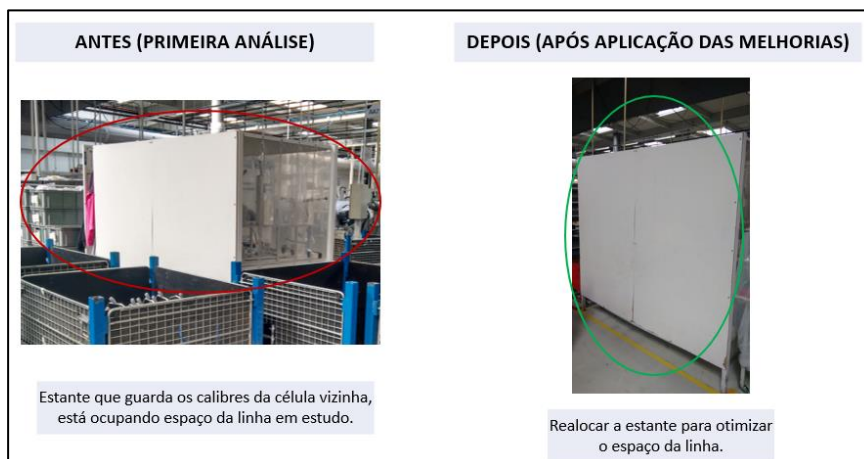


Figura 36 – Melhoria na realocação da estante de calibres da célula vizinha  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

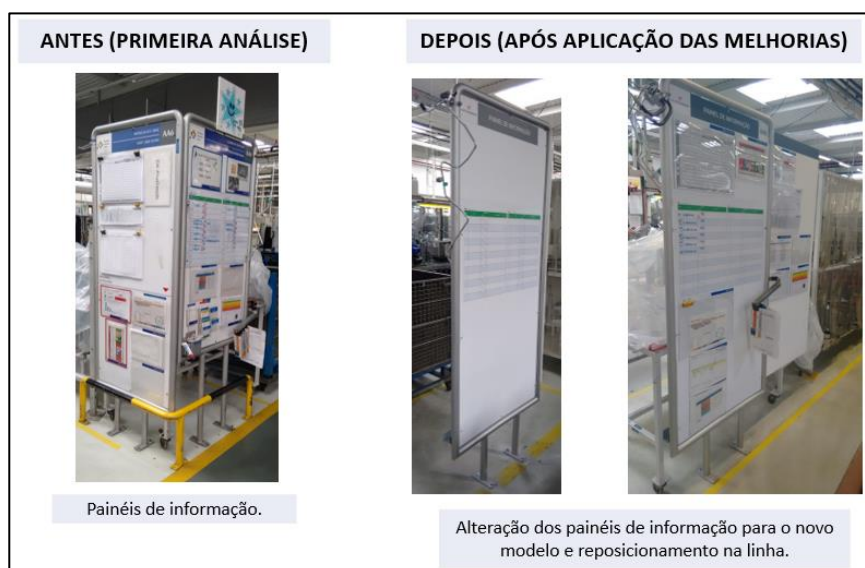


Figura 37 – Melhoria nos painéis de informação da linha  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

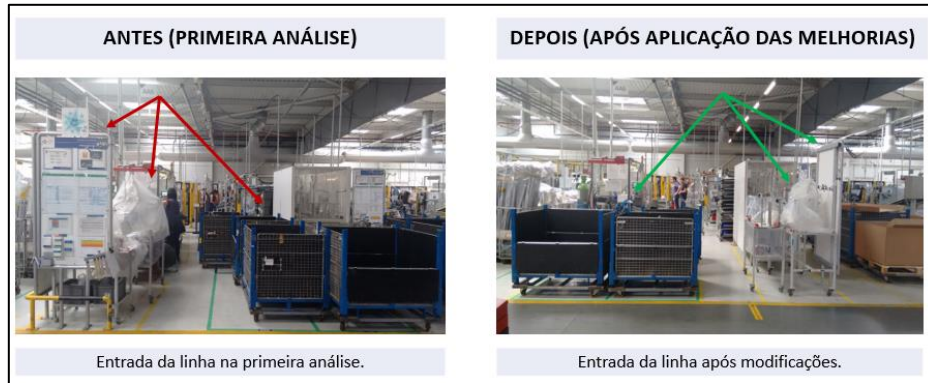


Figura 38 – Melhoria na entrada da linha (mudança de *layout*)  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

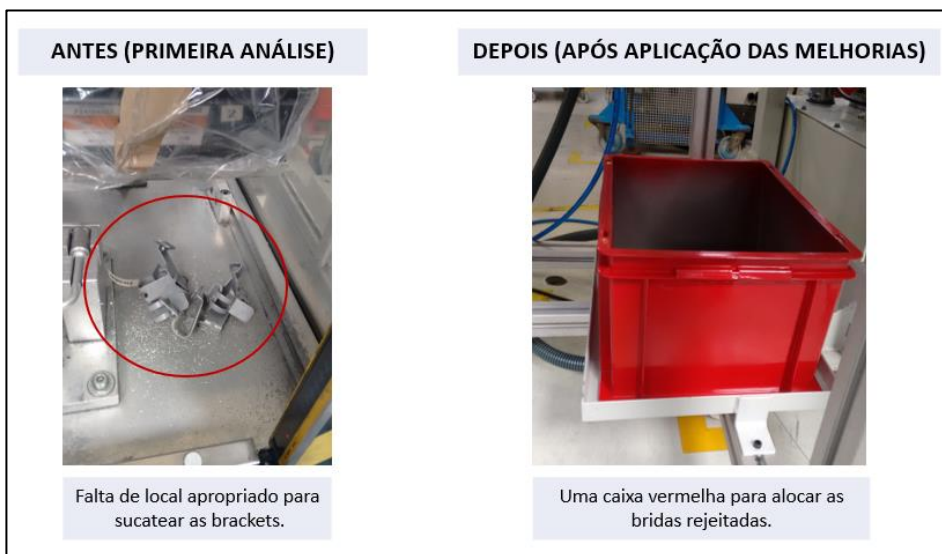


Figura 39 – Melhoria no acondicionamento das *brackets* rejeitadas  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

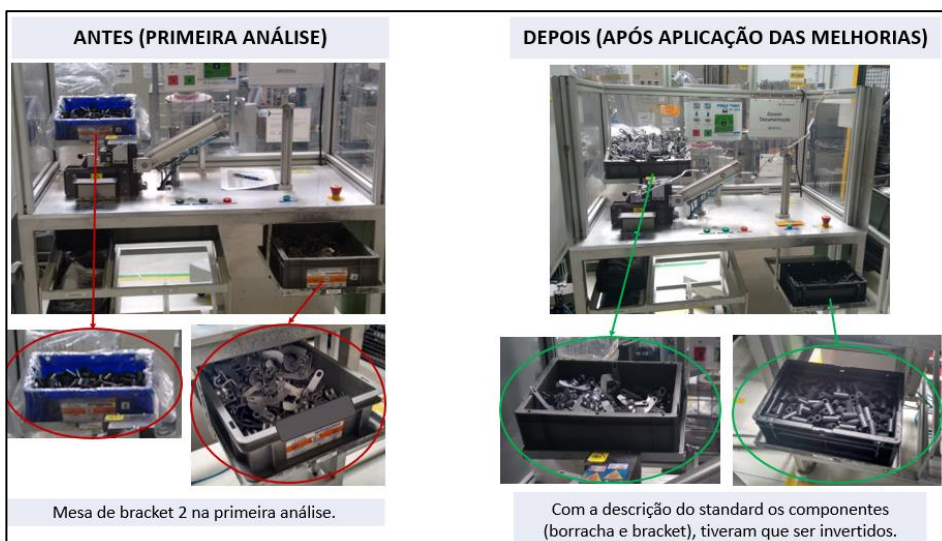


Figura 40 – Melhoria na alteração da mesa de *brackets* 2  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

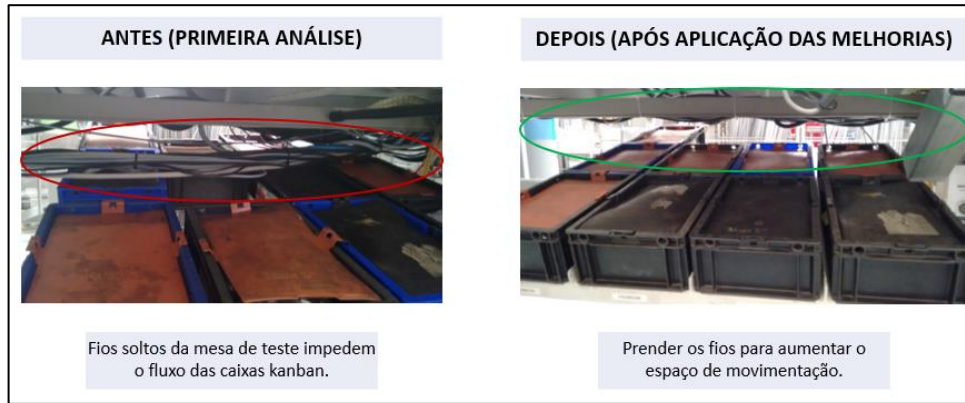


Figura 41 – Melhoria no aumento da movimentação das caixas *kanban* na mesa de teste  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

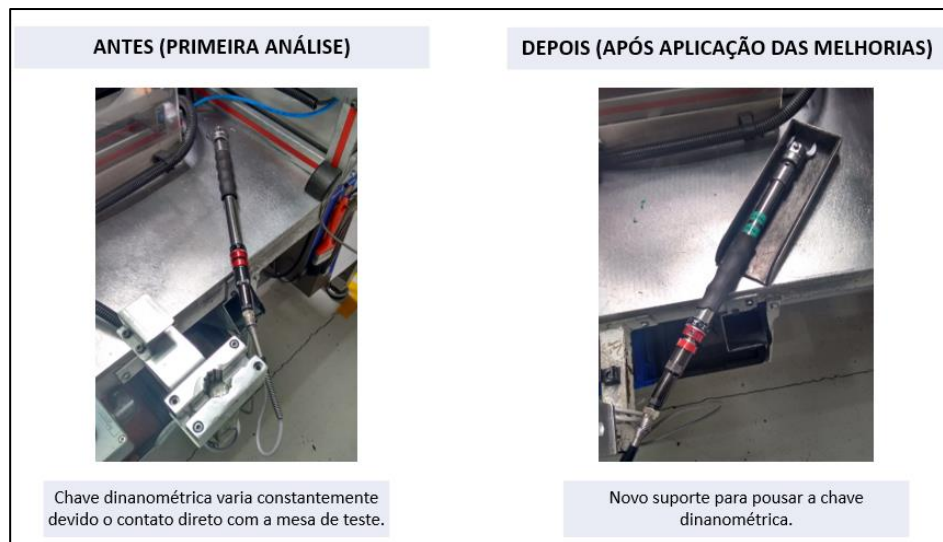


Figura 42 – Melhoria no suporte da chave dinanométrica  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

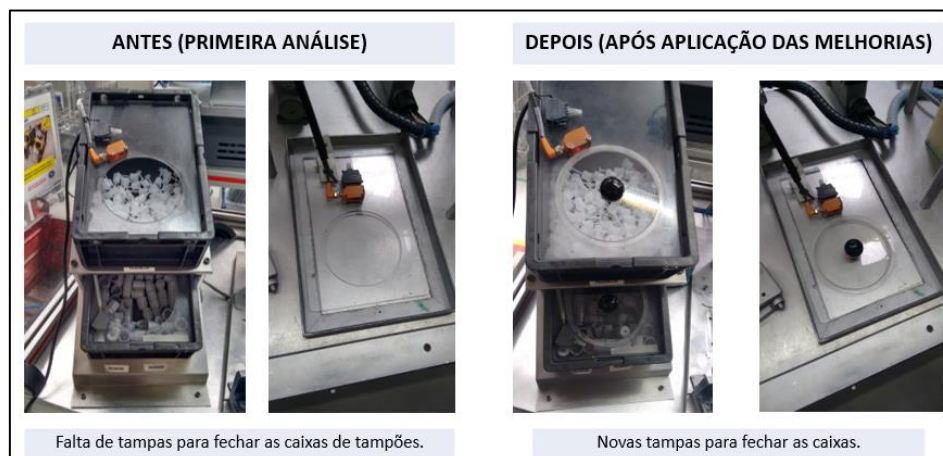


Figura 43 – Melhoria na elaboração das tampas das caixas de tampões da mesa de teste  
 Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

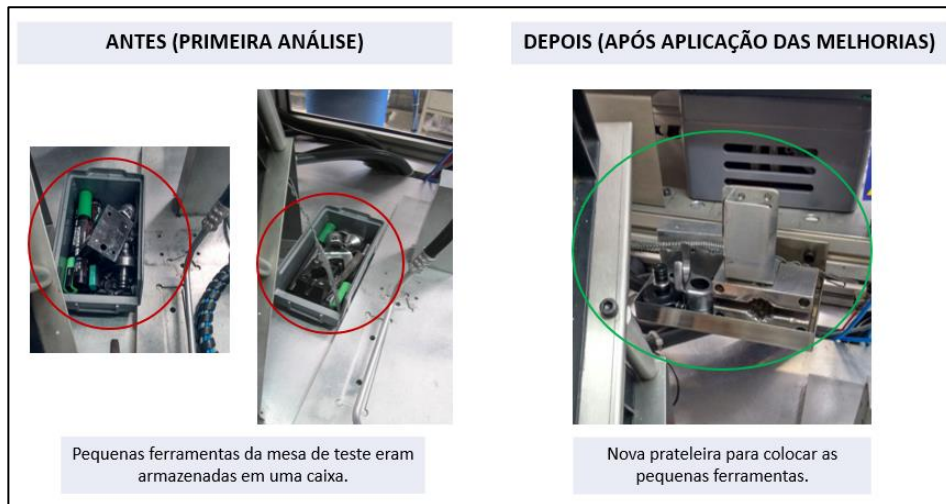


Figura 44 – Melhoria na prateleira para as pequenas ferramentas de troca da mesa de teste  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

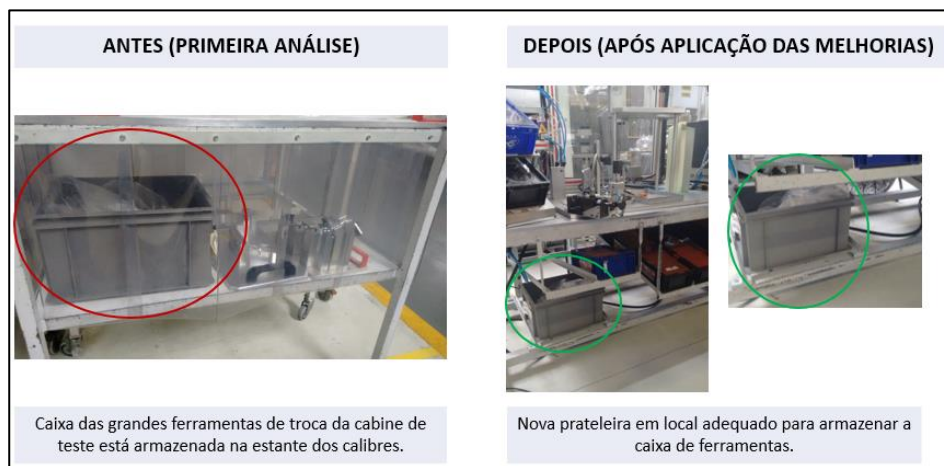


Figura 45 – Melhoria no local da caixa das grandes ferramentas de troca de mesa de teste  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

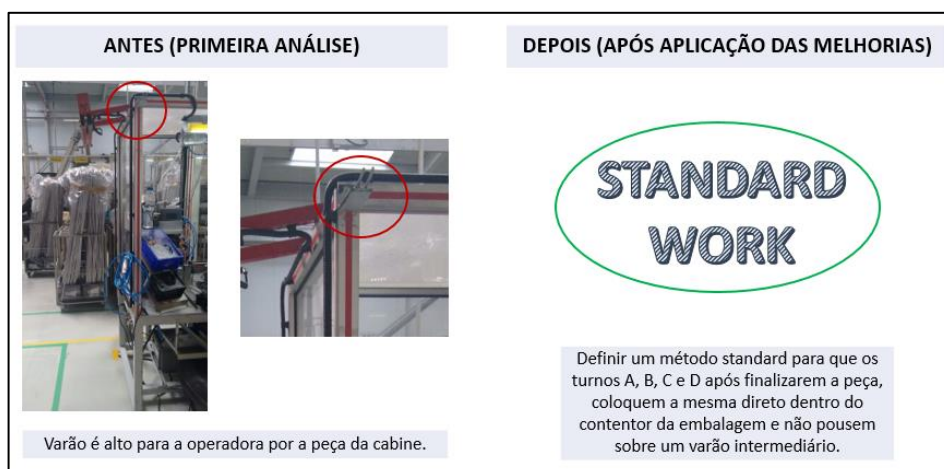


Figura 46 – Melhoria com a padronização das operações  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

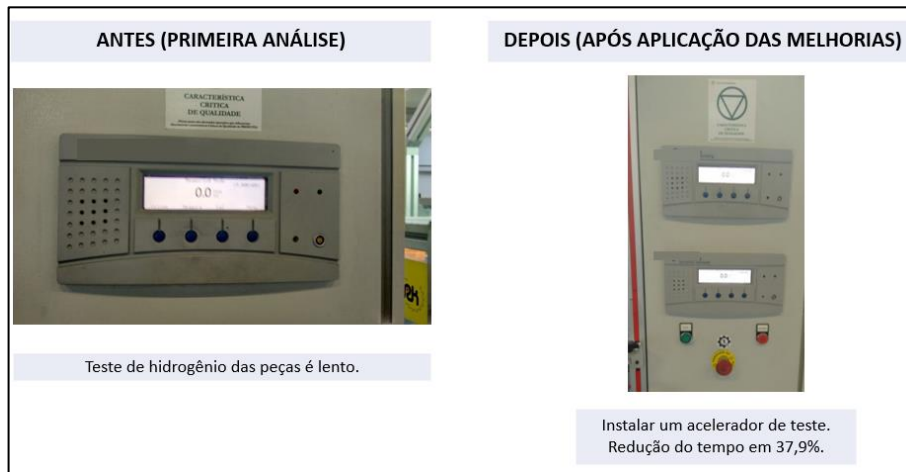


Figura 47 – Melhoria com a instalação de um acelerador de teste final das peças  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

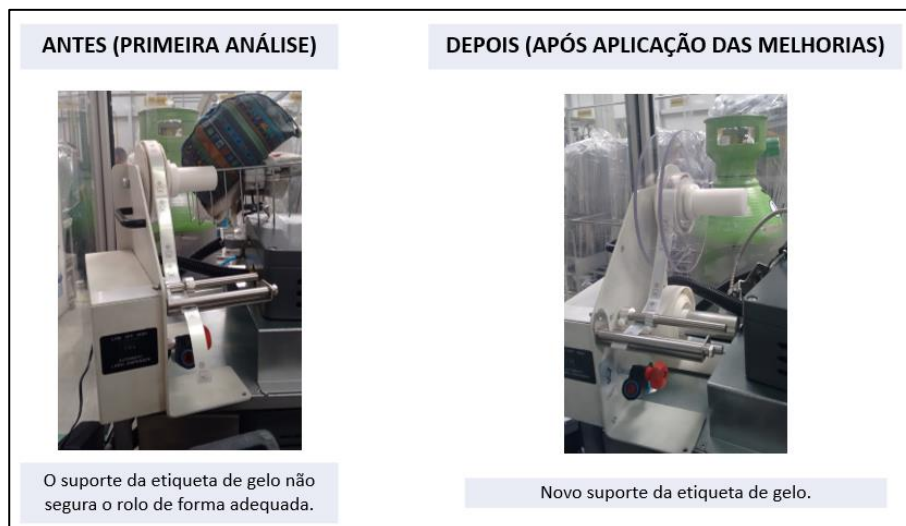


Figura 48 – Melhoria no suporte da etiqueta de gelo  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

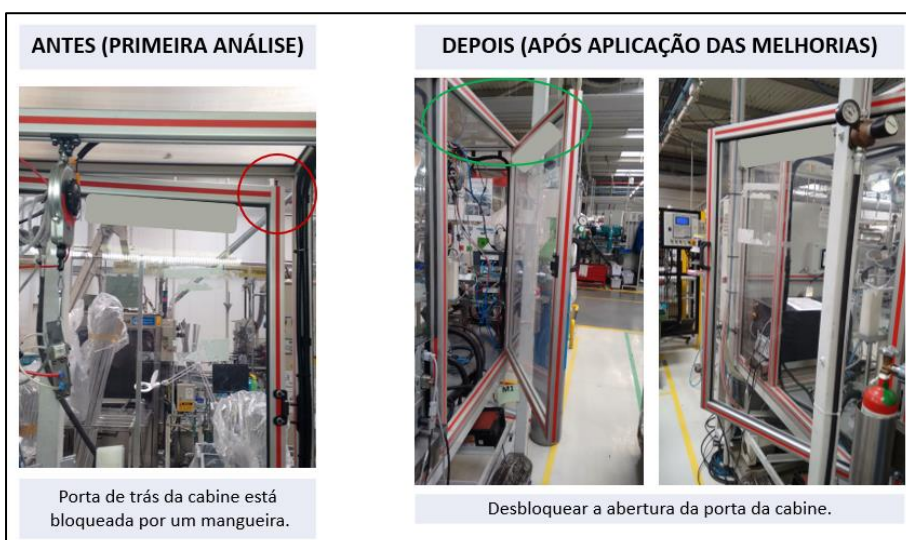


Figura 49 – Melhoria nos obstáculos da porta da mesa de teste  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

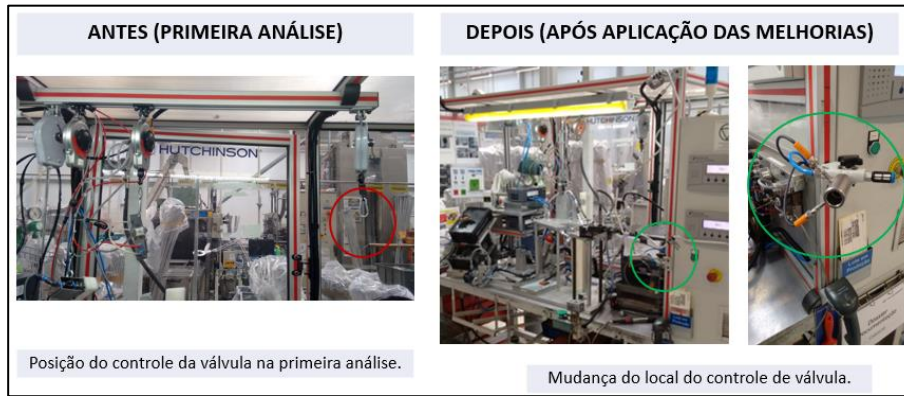


Figura 50 – Melhoria na mudança do local do controle da válvula da mesa de teste  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

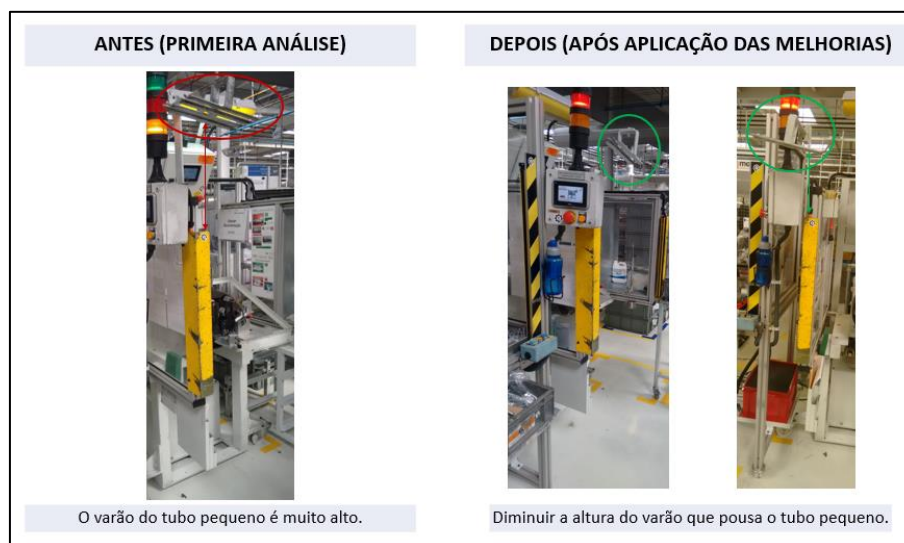


Figura 51 – Melhoria na altura do varão do tubo pequeno  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

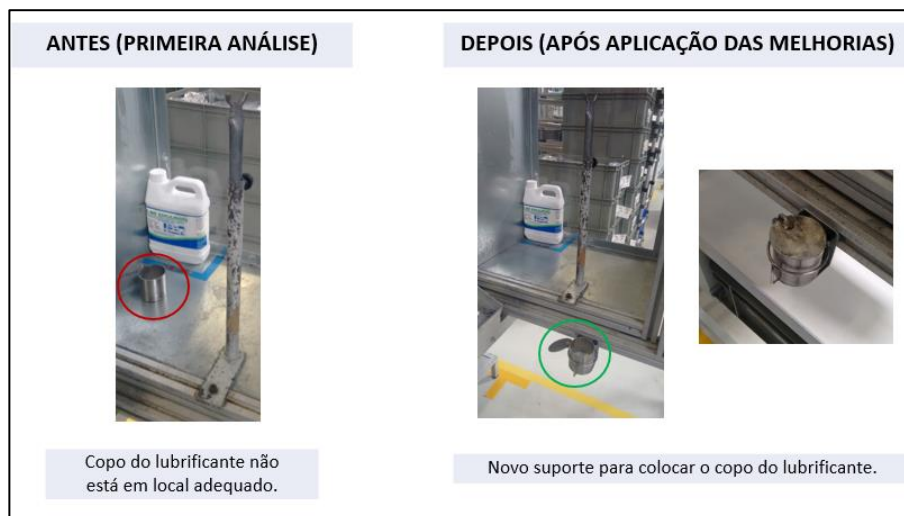


Figura 52 – Melhoria do local para colocar o copo do lubrificante  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

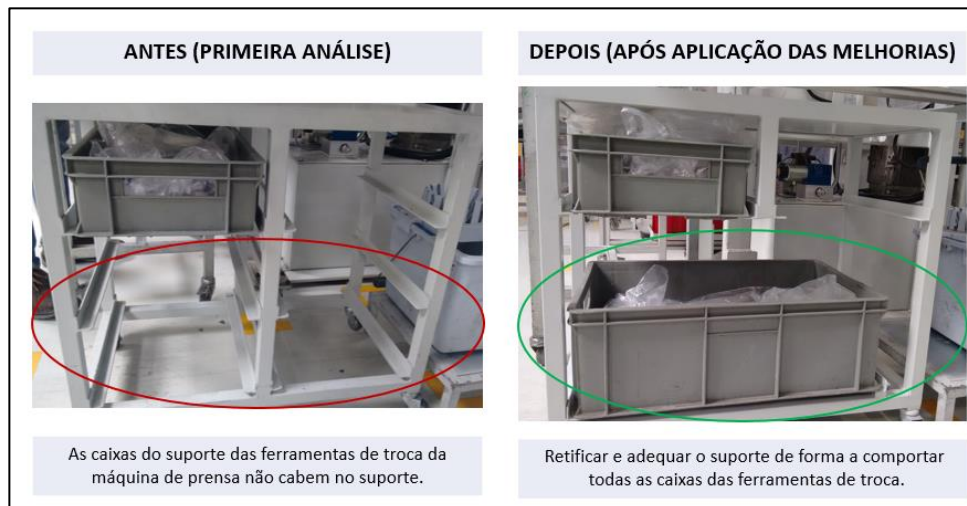


Figura 53 – Melhoria no suporte para alocar as ferramentas de troca da prensa  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Todas as melhorias implementadas foram sugeridas pela observação dos postos de trabalho durante o período de análise. O intuito foi identificar os principais pontos críticos da linha que poderiam ser alterados. Muitas das melhorias sugeridas foram feitas pelos próprios operadores de diferentes turnos da linha AA6 em estudo, que estão em contato direto com o processo de fabricação desenvolvido na célula.

Essas aplicações retratam a importância da participação dos colaboradores nas sugestões de modificação da linha. Isso interfere diretamente no aumento da motivação dos colaboradores, bem como na eficiência e na produtividade.

### 3.4.1 STANDARDIZAÇÃO DOS POSTOS DA LINHA AA6

Nessa etapa, após as observações e comparações entre os postos de trabalho para os quatro turnos de produção (A, B, C e D), foi possível elaborar o *standard* de cada uma das atividades desempenhadas nas máquinas da linha AA6. Essa ferramenta consiste em, basicamente, descrever as operações de forma detalhada, para padronizar a execução das atividades nos diferentes turnos que trabalham nos mesmos postos.

Para esse caso, como a linha AA6 possui três famílias de produtos distintas, foi preciso criar alguns *standards* particulares e específicos para esses tipos de produtos. No Quadro 7, foram descritos os postos de trabalho associados a cada família de produtos em que a operação é realizada.

Quadro 7 – Descrição do método *standard work* em cada máquina da linha AA6

<b>Posto de Trabalho/ Família de Produtos</b>	<b>Método <i>Standard Work</i> Definido</b>
Puncionadora (Família 1, 2 e 3)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar o tubo da caixa e carregar no posicionador do casquilho e no orientador da flange, utilizando as duas mãos, respectivamente.</li> <li>2. Fechar a mordaza da primeira torre e, segurando no botão pneumático, baixar a manete até o batente.</li> <li>3. Empurrar a primeira torre até a segunda posição do mandril e, segurando no botão pneumático, baixar a manete até o batente.</li> <li>4. Empurrar a primeira torre até à terceira posição de puncionar o transdutor.</li> <li>5. Pegar a anilha e o suporte do transdutor simultaneamente e, posicionar a anilha no anel da mordaza e o suporte do transdutor no colocador da torre.</li> <li>6. Segurando no botão pneumático, baixar a manete até ao batente.</li> <li>7. Puxar a mordaza e a primeira torre, simultaneamente, até à posição inicial.</li> <li>8. Fechar a mordaza da segunda torre e, segurando no botão pneumático, baixar a manete até ao batente.</li> <li>9. Empurrar a segunda torre até a segunda posição do mandril e, segurando no botão pneumático, baixar a manete até ao batente.</li> <li>10. Empurrar a segunda torre até à terceira posição de puncionar a válvula.</li> <li>11. Pegar a anilha e a válvula simultaneamente e posicionar a anilha no anel da mordaza e a válvula no colocador da torre.</li> <li>12. Segurando no botão pneumático, baixar a manete até ao batente.</li> <li>13. Puxar a mordaza e a segunda torre, simultaneamente até à posição inicial.</li> <li>14. Retirar o tubo do orientador da flange e do posicionador do casquilho e verificar a perpendicularidade do transdutor e da válvula, bem como a presença das anilhas em ambos os componentes.</li> <li>15. Pousar o tubo no varão para a próxima operação (WIP).</li> </ol>
Solda da Válvula (Família 1, 2 e 3)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar tudo do varão (WIP) e posicionar a extremidade do casquilho à esquerda pressionando a mola. Encaixar a extremidade da flange à direita do suporte.</li> <li>2. Alinhar a válvula perpendicularmente para cima e fixar o orientador da solda.</li> <li>3. Baixar a porta da solda e pressionar o botão <i>start</i>.</li> <li>4. Após o tempo de solda, levantar a porta. Mantendo o tubo fixo, erguer e fixar o orientador da solda.</li> <li>5. Retirar o tubo pressionando na direção do casquilho.</li> <li>6. Verificar visualmente a conformidade da solda.</li> <li>7. Pousar o tubo no varão para a próxima operação (WIP).</li> </ol>
Solda do Suporte do Transdutor (Família 1, 2 e 3)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar tudo do varão (WIP) e posicionar a extremidade do casquilho à esquerda pressionando a mola. Encaixar a extremidade da flange à direita do suporte.</li> <li>2. Alinhar o suporte do transdutor perpendicularmente para cima e fixar o orientador da solda.</li> <li>3. Baixar a porta da solda e pressionar o botão <i>start</i>.</li> <li>4. Após o tempo de solda, levantar a porta. Mantendo o tubo fixo, erguer e fixar o orientador da solda.</li> <li>5. Retirar o tubo pressionando na direção do casquilho.</li> <li>6. Verificar visualmente a conformidade da solda.</li> <li>7. Pousar o tubo no varão para a próxima operação (WIP).</li> </ol>
Aparafusadora (Família 1, 2 e 3)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar o novo tubo do varão (WIP).</li> <li>2. Carregar o tubo no orientador da flange e encaixar a válvula no suporte para aparafusar.</li> <li>3. Liberar as barreiras, para que a máquina faça a lubrificação sobre a válvula automaticamente.</li> <li>4. Pegar o mecanismo da válvula da caixa e posicionar na parte superior da chave, até o mesmo ficar suspenso.</li> <li>5. Afastar-se das barreiras para que a máquina aparafuse o mecanismo da válvula do tubo automaticamente.</li> <li>6. Retirar o tubo do orientador da flange e verificar se o mecanismo foi bem aparafusado.</li> <li>7. Pousar o tubo no varão para a próxima operação (WIP).</li> </ol>

<p>Curvadora Grande 1</p> <p>(Família 1, 2 e 3)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar o novo tubo do varão (WIP).</li> <li>2. Pressionar o botão <i>start</i> para fazer rearme da curvadora.</li> <li>3. Inserir o tubo horizontalmente no orientador da curvadora.</li> <li>4. Carregar simultaneamente no botão <i>start</i> para fechar as pinças. Liberar a zona das barreiras e pressionar o botão <i>start</i> para iniciar ciclo.</li> <li>5. Após o ciclo da máquina finalizar, pressionar o botão para abrir as pinças e retirar o tubo curvado.</li> <li>6. Pousar o tubo no calibre, para a próxima operação.</li> </ol>
<p>Curvadora Grande 2</p> <p>(Família 1, 2 e 3)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar o novo tubo do varão (WIP).</li> <li>2. Inserir o tubo horizontalmente no orientador da curvadora.</li> <li>3. Carregar simultaneamente no botão <i>start</i> para fechar as pinças. Liberar a zona das barreiras e pressionar o botão <i>start</i> para iniciar ciclo.</li> <li>4. Após o ciclo da máquina finalizar, pressionar o botão para abrir as pinças e retirar o tubo curvado.</li> <li>5. Pousar o tubo no calibre, para a próxima operação.</li> </ol>
<p>Curvadora Manual</p> <p>(Família 1)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar o tubo curvado que sai da curvadora grande.</li> <li>2. Posicionar a curva do tubo que deverá ser curvado de forma manual no encaixe da máquina.</li> <li>3. Segurar pressionado o tubo na posição de encaixe, utilizando o polegar e o indicador da mão direita.</li> <li>4. Fechar a extremidade da máquina que segura o tubo na posição com a mão esquerda.</li> <li>5. Soltar o tubo e puxar a manete até a outra extremidade, até o tubo assumir a nova curva.</li> <li>6. Voltar manete até a posição inicial.</li> <li>7. Voltar a segurar o tubo com o polegar e o indicador da mão direita e, simultaneamente, abrir a extremidade que segura o tubo na máquina.</li> <li>8. Levantar a estrutura do manete e retirar o tubo curvado.</li> <li>9. Rotacionar o tubo e pousar o tubo no calibre, para a próxima operação.</li> </ol>
<p>GCC/Calibre + Fita + O'Ring/Junta Tórica</p> <p>(Família 1)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Após retirar o tubo da curvadora, pegar o transdutor da caixa, passar no lubrificante a extremidade que vai enroscar. Roscar o transdutor na válvula do tubo, mantendo-o alinhado a 90°C com a válvula.</li> <li>2. Colocar o tubo curvado no GCC, encaixando-o nas torres de forma a controlar a geometria do casquilho e da flange.</li> <li>3. Fechar as extremidades para verificar o encaixe, colocando o pino do calibre na flange e controlando se o casquilho não sai dos limites especificados no calibre.</li> <li>4. Fazer a movimentação do manípulo da válvula.</li> <li>5. Fazer a movimentação do manípulo do transdutor.</li> <li>6. Pegar um pedaço de fita adesiva e posicionar a ponta da fita no local indicado pelo calibre.</li> <li>7. Abrir as extremidades que seguram o tubo.</li> <li>8. Retirar o tubo do calibre e finalizar a colocação da fita adesiva em torno do tubo.</li> <li>9. Rodar o tubo 180°C.</li> <li>10. Verificar a extremidade da flange masculina e inserir o'ring/junta tórica na extremidade do tubo.</li> <li>11. Pousar o tubo no varão para a próxima operação (WIP).</li> </ol>
<p>GCC/Calibre + O'Ring/Junta Tórica</p> <p>(Família 2)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar o novo tubo do varão (WIP).</li> <li>2. Colocar o tubo curvado no GCC, encaixando-o nas torres de forma a controlar a geometria do casquilho e da flange.</li> <li>3. Fechar as extremidades para verificar o encaixe, colocando o pino do calibre na flange e controlando se o casquilho não sai dos limites especificados no calibre.</li> <li>4. Fazer movimentação do manípulo de controlo da válvula.</li> <li>5. Pegar o transdutor da caixa, passar no Tadal a extremidade que vai enroscar. Roscar o transdutor na válvula, mantendo-o alinhado a 90°C com a válvula.</li> <li>6. Fazer movimentação do manípulo do transdutor.</li> <li>7. Abrir as extremidades que seguram o tubo.</li> <li>8. Retirar o tubo do calibre e rodar 180°C.</li> <li>9. Verificar a extremidade da flange masculina e inserir o'ring/ junta tórica na extremidade do tubo.</li> <li>10. Pousar o tubo no varão para a próxima operação (WIP).</li> </ol>

<p>GCC/Calibre + Fita + <i>Mousse</i> + O'Ring/Junta Tórica</p> <p>(Família 3)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Após retirar o tubo da curvadora, pegar o transdutor da caixa, passar no lubrificante a extremidade que vai enroscar. Roscar o transdutor na válvula do tubo, mantendo-o alinhado a 90°C com a válvula.</li> <li>2. Colocar o tubo curvado no GCC, encaixando-o nas torres de forma a controlar a geometria do casquilho e da flange.</li> <li>3. Fechar as extremidades para verificar o encaixe, colocando o pino do calibre na flange e controlando se o casquilho não sai dos limites especificados no calibre.</li> <li>4. Fazer a movimentação do manípulo da válvula.</li> <li>5. Fazer a movimentação do manípulo do transdutor.</li> <li>6. Pegar a <i>mousse</i> e colar no local indicado do calibre.</li> <li>7. Pegar um pedaço de fita adesiva e posicionar a ponta da fita no local indicado pelo calibre.</li> <li>8. Abrir as extremidades que seguram o tubo.</li> <li>9. Retirar o tubo do calibre e finalizar a colocação da fita adesiva em torno do tubo.</li> <li>10. Rodar o tubo 180°C.</li> <li>11. Verificar a extremidade da flange masculina e inserir o'ring/ junta tórica na extremidade do tubo.</li> <li>12. Pousar o tubo no varão para a próxima operação (WIP).</li> </ol>
<p>Curvadora Pequena + GCC + O'Ring/Junta Tórica</p> <p>(Família 1 e 2)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar o novo tubo do varão (WIP).</li> <li>2. Inserir o tubo horizontalmente no orientador da curvadora.</li> <li>3. Carregar simultaneamente no botão <i>start</i> para fechar as pinças. Liberar a zona das barreiras para que o ciclo possa começar automaticamente.</li> <li>4. Após o ciclo da máquina finalizar, pressionar o botão para abrir as pinças e retirar o tubo curvado.</li> <li>5. Pousar o tubo no calibre de acordo com a ficha técnica e verificar se a geometria do tubo está de acordo e encaixa no calibre.</li> <li>6. Verificar a extremidade da flange masculina e inserir o'ring/ junta tórica na extremidade do tubo.</li> <li>7. Pousar o tubo no varão para a próxima operação (WIP).</li> </ol>
<p>Mesa de <i>Brackets</i> 1</p> <p>(Família 2)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar na <i>bracket</i> do meio e colocar na torre de fecho.</li> <li>2. Pegar no tubo curvado do varão, orientá-lo e encaixar nas torres da mesa.</li> <li>3. Pegar na primeira borracha e colocar à direita no tubo curvado, com a abertura orientada para o mesmo lado da abertura da <i>bracket</i>.</li> <li>4. Pegar na <i>bracket</i> à direita e colocar na torre de fecho, garantindo que a borracha se mantém na posição.</li> <li>5. Fechar o pino de fixação do tubo.</li> <li>6. Pegar na segunda borracha e colocar ao meio no tubo curvado, com a abertura orientada para o mesmo lado da abertura da <i>bracket</i>.</li> <li>7. Baixar o copo de controlo de orientação de válvula.</li> <li>8. Fechar a extremidade da flange com o colocador de fixação.</li> <li>9. Pegar na terceira borracha e colocar à esquerda no tubo curvado, com a abertura orientada para o mesmo lado da abertura da <i>bracket</i>.</li> <li>10. Colocar a <i>bracket</i> à esquerda, na torre de fecho, garantindo a posição da borracha.</li> <li>11. Sair para fora das barreiras de segurança e pressionar o botão <i>start</i> para início de ciclo.</li> <li>12. Após ciclo completo, retirar o tubo curvado, abrindo o colocador de fixação da extremidade flange, o copo de controlo da válvula e pino de fixação do multicurvo.</li> <li>13. Verificar se as borrachas não se deslocaram da posição e se as três <i>brackets</i> estão fechadas.</li> <li>14. Colocar o tubo curvado no varão para o passo seguinte (WIP).</li> </ol>
<p>Prensa</p> <p>(Família 1 e 2)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar no tubo curvado pequeno do varão e inserir o conformado no casquilho até encaixar completamente.</li> <li>2. Mantendo o conformado a fazer <i>top</i> no casquilho, colocar o conjunto na prensa, com a tubagem orientada de acordo com a ficha técnica até o orientador de trás.</li> <li>3. Orientar o tubo curvado até encostar totalmente nas torres do orientador frontal.</li> <li>4. Pressionar o botão <i>start</i>.</li> <li>5. Retirar o conjunto já prensado e verificar visualmente se a prensada está OK.</li> <li>6. Para a 2ª prensada, repetir todos os passos anteriores com a outra extremidade do conformado para o tubo grande curvado.</li> <li>7. Colocar o tubo curvado completo no varão para o passo seguinte (WIP).</li> </ol>

<p>Mesa de <i>Brackets</i> 2</p> <p>(Família 2)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pegar na <i>bracket</i> e encaixar na torre de fecho (apenas para a primeira peça).</li> <li>2. Pegar o tubo e colocar nas torres. Puxar até o casquilho fazer <i>top</i> no topo da mesa de <i>bracket</i>.</li> <li>3. Pegar a borracha e colocar no tubo com a abertura orientada para o mesmo lado da abertura da <i>bracket</i>.</li> <li>4. Fechar o pino de suporte para segurar o tubo na torre.</li> <li>5. Pressionar os dois botões de <i>start</i> simultaneamente para apertar as <i>brackets</i>.</li> <li>6. Abrir o pino de suporte.</li> <li>7. Retirar o tubo das torres.</li> <li>8. Rotacionar o tubo 180°C.</li> <li>9. Pegar a <i>bracket</i> e encaixar na torre de fecho para o próximo passo.</li> <li>10. Colocar o tubo curvado no varão para o passo seguinte (WIP).</li> </ol>
<p>Mesa de Teste</p> <p>(Família 1)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Retirar o tubo do WIP.</li> <li>2. Pressionar a válvula do tubo no suporte de controle da válvula.</li> <li>3. Aspirar os resíduos da válvula.</li> <li>4. Verificar a posição e presença do mecanismo de válvula e a presença de resíduos.</li> <li>5. Posicionar o tubo sobre o suporte de aperto do transdutor.</li> <li>6. Pegar a chave dinamométrica.</li> <li>7. Apertar o transdutor do tubo até dar o torque.</li> <li>8. Pousar a chave dinamométrica sobre a mesa.</li> <li>9. Pegar o tubo que estava pousado no aperto do transdutor.</li> <li>10. Posicionar nas torres da mesa de teste.</li> <li>11. Fechar as duas extremidades dos orientadores que encaixam no embutido.</li> <li>12. Fechar a pinça da válvula.</li> <li>13. Fechar a pinça do transdutor.</li> <li>14. Pressionar o botão <i>start</i> da cabine de teste.</li> <li>15. No final do ciclo, soltar simultaneamente as pinças do transdutor e da válvula do tubo que estava sendo testado.</li> <li>16. Retirar o tubo do orientador esquerdo.</li> <li>17. Com a mão direita pegar o primeiro tampão e simultaneamente com a mão esquerda erguer o tubo do lado esquerdo.</li> <li>18. Verificar o embutido e colocar o tampão.</li> <li>19. Pegar o segundo tampão com a mão esquerda, passar para a mão direita e rosquear na válvula.</li> <li>20. Simultaneamente à atividade anterior, pegar o terceiro tampão com a mão esquerda e passar para a mão direita.</li> <li>21. Verificar o segundo embutido e colocar o tampão.</li> <li>22. Pegar a etiqueta da impressora, erguer levemente o tubo pelo meio próximo da válvula.</li> <li>23. Posicionar a etiqueta bandeira ao lado direito da válvula.</li> <li>24. Retirar o tubo das torres da mesa de teste e pousar no contentor.</li> </ol>
<p>Mesa de Teste</p> <p>(Família 2)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Retirar o tubo do WIP.</li> <li>2. Pressionar a válvula do tubo no suporte de controle da válvula.</li> <li>3. Aspirar os resíduos da válvula.</li> <li>4. Verificar a posição e presença do mecanismo da válvula e a presença de resíduos no interior da válvula.</li> <li>5. Posicionar o tubo sobre o suporte de aperto do transdutor.</li> <li>6. Pegar a chave dinamométrica.</li> <li>7. Apertar o transdutor do tubo até dar o torque.</li> <li>8. Pousar a chave dinamométrica sobre a mesa.</li> <li>9. Pegar o tubo que estava pousado no aperto do transdutor.</li> <li>10. Posicionar nas torres da mesa de teste.</li> <li>11. Fechar as duas extremidades dos orientadores que encaixam no embutido.</li> <li>12. Fechar a pinça da válvula.</li> <li>13. Verificar a presença e cor do transdutor, com o copo de teste.</li> <li>14. Fechar a pinça do transdutor.</li> <li>15. Pressionar o botão <i>start</i> da cabine de teste.</li> <li>16. Após o teste ser realizado, soltar simultaneamente as pinças do transdutor e da válvula do tubo que estava sendo testado.</li> <li>17. Retirar o tubo do orientador esquerdo.</li> </ol>

	<p>18. Com a mão direita pegar o primeiro tampão e simultaneamente com a mão esquerda erguer o tubo do lado esquerdo.</p> <p>19. Verificar o embutido e colocar o tampão.</p> <p>20. Pegar o segundo tampão com a mão esquerda, passar para a mão direita e rosquear na válvula.</p> <p>21. Pegar o terceiro tampão e retirar o tubo das torres da mesa de teste.</p> <p>22. Verificar o segundo embutido e colocar o tampão.</p> <p>23. Retirar a etiqueta da impressora e posicioná-la em forma de bandeira, ao lado direito da válvula.</p> <p>24. Pousar tubo no contentor.</p>
<p>Mesa de Teste</p> <p>(Família 3)</p>	<p>1. Retirar o tubo do WIP.</p> <p>2. Pressionar a válvula do tubo no suporte de controle da válvula.</p> <p>3. Aspirar os resíduos da válvula.</p> <p>4. Verificar a posição e presença do mecanismo da válvula e a presença de resíduos no interior da válvula.</p> <p>5. Posicionar o tubo sobre o suporte de aperto do transdutor.</p> <p>6. Pegar a chave dinamométrica.</p> <p>7. Apertar o transdutor do tubo até dar o torque.</p> <p>8. Pousar o tubo no suporte de aperto do transdutor para que o mesmo não caia.</p> <p>9. Pousar a chave dinamométrica sobre a mesa.</p> <p>10. Pegar o tubo que estava pousado no aperto do transdutor.</p> <p>11. Posicionar nas torres da mesa de teste.</p> <p>12. Fechar as duas extremidades dos orientadores que encaixam no embutido.</p> <p>13. Fechar a pinça da válvula.</p> <p>14. Fechar a pinça do transdutor.</p> <p>15. Fechar a pinça do <i>mousse</i>.</p> <p>16. Pressionar o botão <i>start</i> da cabine de teste.</p> <p>17. No final do ciclo, soltar simultaneamente as pinças da válvula e da <i>mousse</i> do tubo que estava sendo testado.</p> <p>18. Soltar a pinça do transdutor do tubo que estava sendo testado.</p> <p>19. Retirar o tubo dos orientadores e pousar no WIP.</p> <p>20. Pegar o primeiro tampão, verificar o embutido e posicionar na extremidade do tubo da flange macho.</p> <p>21. Pegar o segundo tampão e rosquear na válvula.</p> <p>22. Pegar o terceiro tampão, verificar o embutido e posicionar na extremidade do tubo da flange fêmea.</p> <p>23. Retirar a etiqueta da impressora e posicioná-la em forma de bandeira, ao lado direito da válvula.</p> <p>24. Pousar no contentor.</p>
<p>Embalagem</p> <p>(Família 1, 2 e 3)</p>	<p>1. Após finalizar a peça, o tubo deve ser pousado dentro do contentor de acordo com as quantidades exigidas pela etiqueta <i>kanban</i> e posicionados conforme ficha técnica.</p> <p>2. Garantir que as peças estejam bem encaixadas umas nas outras, para que durante o processo de transporte até o cliente final nenhum componente possa ser danificado.</p> <p>3. Os tubos são pousados dentro de um contentor, verificados e cobertos por um plástico.</p> <p>4. Essa operação é feita independentemente do tipo de peça.</p> <p>5. Todos os contentores devem ser identificados com uma etiqueta, que representa o tipo de referência que está acomodada no interior da embalagem.</p>

Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Por fim observa-se que o número de *standards* necessários divididos entre as famílias 1, 2 e 3 totaliza dezoito descrições (ver Quadro 7). Dentre elas tem-se três padrões realizados somente pela família 1, quatro somente para produzir a família 2 e dois somente para fabricar a família 3. Em comum para as famílias 1 e 2 tem-se duas operações e no geral, existem sete atividades que ocorrem da mesma forma para as três famílias de produto.

Os métodos descritos nessa seção foram elaborados com base na observação de cada posto de trabalho dos quatro turnos de produção (A, B, C e D). Depois de uma análise específica das operações, os *standards* foram criados (ver Quadro 7). O conjunto de variáveis considerada no comparativo entre os operadores, foi o método de mais fácil execução, de menor tempo e, o mais ergonômico.

### 3.4.2 IMPACTO DAS MELHORIAS IMPLEMENTADAS COM RELAÇÃO AO TEMPO DE OPERAÇÃO

Para avaliar a evolução do sistema após a implementação da ferramenta do *standard work* e das melhorias obtidas com o *kaizen*, uma segunda análise dos tempos de produção de cada operação foi feita com o intuito de criar um comparativo entre as observações do estado anterior. Na Tabela 28, foi feita a comparação entre as análises do posto 1, da primeira família de produtos da linha AA6.

Tabela 28 – Comparação dos tempos entre a primeira e segunda análise do posto 1 da família 1

1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)		
Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)	Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)
Puncionar	25,5	-	Puncionar	22,5	-
Soldar Válvula	10,4	42,8	Soldar Válvula	10,4	42,8
Soldar Pressostato	10,3	36,2	Soldar Pressostato	10,3	36,2
Aparafusadora	11,4	4,3	Deslocamento	2,2	-
Deslocamento	2,9	-	Espera	7,8	-
<b>TOTAL</b>	<b>60,6</b>	<b>83,3</b>	<b>TOTAL</b>	<b>53,2</b>	-
<b>% de Melhoria do Tempo Médio Total</b>				<b>12,2%</b>	

Por meio da comparação entre os tempos, tem-se que as modificações entre a primeira e segunda análise foram:

- Com a definição do *standard work*, a operação de puncionar reduziu 10,7%, passando de 25,5 segundos para 22,5 segundos com uma simples padronização e eliminação dos movimentos excessivos que eram feitos nessa máquina.
- A operação de aparafusar o mecanismo da válvula, após a elaboração do novo equilibrado entre os postos, passou a ser executada no posto 2 (Ver Tabela 29).
- Redução do deslocamento em 24,1% de 2,9 segundos para 2,2 segundos.
- Com uma operação a menos, agora existe um tempo de espera do operador de 7,8 segundos, justificado pois a soma dos tempos de máquina é maior que o tempo de operação manual.

- No total, a soma do tempo do posto 1, reduziu 7,4 segundos, em média 12,2%.

Na Tabela 29, foram comparados os tempos do posto 2 da família 1.

Tabela 29 – Comparação dos tempos entre a primeira e segunda análise do posto 2 da família 1

1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)		
Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)	Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)
Curvadora Grande 1	13,6	91,8	Aparafusadora	10,4	4,3
GCC+ Fita	41,9	-	Curvadora Grande 1	10,6	89,8
O'Ring	2,4	-	Curvadora Manual	9,9	
Deslocamento	3,7	-	GCC + Fita	26,9	
Espera	43,8	-	O'Ring	2,4	
-	-	-	Aparafusadora	10,4	4,3
-	-	-	Curvadora Grande 1	10,8	95,8
-	-	-	Curvadora Manual	9,9	
-	-	-	GCC + Fita	26,9	
-	-	-	O'Ring	2,4	
-	-	-	Deslocamento	6,8	
<b>TOTAL</b>	<b>105,4</b>	<b>91,8</b>	<b>TOTAL/2</b>	<b>63,7</b>	<b>97,3</b>
<b>% de Melhoria do Tempo Médio Total</b>			<b>39,6%</b>		

As melhorias implementadas no posto 2 da família 1 entre as duas análises foram:

- Com o novo sistema de sucção e a definição do *standard work* para aparafusar o mecanismo da válvula, o tempo da operação reduziu 8,8%.
- Industrialização das duas curvadoras da linha para as referências da família 1, que antes eram curvadas em outra linha e com somente uma máquina.
- Para curvar o tubo completo na linha AA6 tem-se agora duas curvadoras automáticas e uma curvadora manual, para fazer uma das curvas da peça.
- Com o dobro do número de curvadoras, todos os postos foram duplicados, porém, como o sistema adotado pela empresa funciona a *one piece flow*, foi preciso dividir o tempo médio total por dois. Isso serviu para verificar o valor real equivalente de se produzir uma peça cada vez na linha de produção.
- O tempo de máquina para curvar é maior na segunda análise, porém, agora a produção é dividida em duas máquinas de curvar e na curvadora manual.
- Com a industrialização das curvadoras, as peças da família 1 são feitas 100% na linha AA6. Isso permitiu equilibrar melhor as atividades entre os postos.
- Aproximação do calibre de controle (GCC) das curvadoras que foram industrializadas. Com isso o novo tempo da operação GCC + Fita passou a ser 26,9 segundos, 38,6% menor quando comparado com a primeira análise.

- É possível verificar que, a partir da nova análise, o tempo de espera de 43,9 segundos, antes ocorrente devido ao tempo de máquina ser longo e só ter uma curvadora, passou a ser zero.
- O deslocamento do posto 2, aumentou 83,8%, devido à distância percorrida para operar as duas curvadoras.
- Redução do tempo de ciclo médio total em 39,6%, de 105,5 para 63,7 segundos.
- Mesmo com todas as melhoras implementadas, o conjunto de operações realizado no posto 2 demora mais tempo para serem executadas quanto comparadas com os outros postos, ou seja, o *bottleneck* (gargalo) permaneceu o mesmo durante as duas análises.

Os tempos do posto 3, foram comparados na Tabela 30.

Tabela 30 – Comparação dos tempos entre a primeira e segunda análise do posto 3 da família 1

1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)		
Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)	Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)
Curvadora Pequena	6,9	28,5	Curvadora Pequena	5,9	28,5
GCC	3,0	-	GCC	2,5	-
O'Ring	2,4	-	O'Ring	2,4	-
Prensa 1	12,6	3,3	Prensa 1	11,6	3,3
Prensa 2	15,8	3,3	Prensa 2	14,8	3,3
Deslocamento	4,9	-	Deslocamento	3,9	-
<b>TOTAL</b>	<b>45,4</b>	<b>35,1</b>	<b>TOTAL</b>	<b>41,1</b>	<b>35,1</b>
<b>% de Melhoria do Tempo Médio Total</b>				<b>9,5%</b>	

As melhorias implementadas no terceiro posto da família 1 foram:

- Aproximação dos postos, permitiu reduzir o deslocamento em 1 segundo.
- As funções realizadas na curvadora pequena, GCC, primeira e segunda prensada, após a definição do método *standard work*, tiveram seus tempos reduzidos.
- No total, a percentagem de melhoria foi de 9,5%, o que reduziu o tempo médio total em 4,3 segundos.

Na Tabela 31, os tempos do posto 4 foram representados entre a primeira e a segunda análise.

Tabela 31 – Comparação dos tempos entre a primeira e segunda análise do posto 4 da família 1

1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)		
Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)	Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo Máquina (Segundos)
Aperto do Pressostato	5,5	-	Aperto do Pressostato + Controle da Válvula	7,5	-
Mesa de Teste	26,6	34,6	Mesa de Teste	20,5	21,5
Tampões + Etiquetas	25,7	-	Tampões + Etiquetas	15,7	-
Embalagem	1,4	-	Embalagem	1,4	-
Espera	2,0	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>61,2</b>	<b>34,6</b>	<b>TOTAL</b>	<b>45,1</b>	<b>21,5</b>
<b>% de Melhoria do Tempo Médio Total</b>				<b>26,3%</b>	

As modificações realizadas no último posto da família 1 foram:

- Instalação de um acelerador na mesa de teste, onde o tempo foi reduzido em cerca de 37,9%.
- O controle da válvula era feito dentro da cabine de teste do processo. Devido ao esforço excessivo por ser uma peça relativamente alta para o alcance do braço do operador, o controle da válvula passou a ser na parte externa da cabine, na altura do cotovelo. O processo passou a ser realizado antes da peça começar a ser testada, juntamente com o aperto do transdutor.
- Aumento no tempo de operação do aperto do pressostato para 7,5 segundos devido à adição da operação de controle da válvula.
- Com a transferência do controle da válvula, o tempo de operação da mesa de teste caiu para 20,5 segundos, 22,9%.
- Com o método *standard*, o processo da mesa de teste e colocação do tampão + etiquetas foi otimizado, o que reduziu o tempo de operação.
- A nova análise eliminou o tempo de espera em 2 segundos.
- No total, a redução de tempo do posto 4 foi de 16,1 segundos, cerca de 26,3%.

Por fim, com relação à soma total dos quatro postos de trabalho da família 1, na primeira análise tem-se 272,6 segundos, já na segunda análise o tempo passou a ser 25,5% menor, com 203,1 segundos para executar todas as atividades da linha de produção. Dessa forma, o novo objetivo por hora que antes era de 31 peças passou a ser de 50, um aumento de 61,3%.

Para a família 2 de produtos da linha AA6, a mesma análise comparativa entre os postos foi realizada. Dessa forma, na Tabela 32, os tempos do posto 1 foram representados.

Tabela 32 – Comparação dos tempos entre a primeira e segunda análise do posto 1 da família 2

1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)		
Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)	Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)
Puncionar	25,7	-	Puncionar	22,7	-
Soldar Válvula	10,4	42,8	Soldar Válvula	10,4	42,8
Soldar Pressostato	10,4	36,2	Soldar Pressostato	10,4	36,2
Aparafusadora	11,8	4,3	Aparafusadora	11,8	4,3
Deslocamento	2,9	-	Deslocamento	2,9	-
<b>TOTAL</b>	<b>61,2</b>	<b>83,3</b>	<b>TOTAL</b>	<b>58,2</b>	<b>83,3</b>
<b>% de Melhoria do Tempo Médio Total</b>				<b>4,9%</b>	

Conforme pode ser observado (ver Tabela 32), as melhorias implementadas no posto 1 foram:

- Após a definição do *standard work* que reduziu os movimentos desnecessários, a operação de puncionar reduziu 11,7%, passando de 25,7 segundos para 22,7.
- No total, a percentagem de melhoria do posto 1 foi de 4,9% com relação a primeira análise.

O posto 2 da família 2 de referências da linha AA6, não será representado novamente, pois o mesmo não passou por qualquer alteração de tempos ou de operações entre a primeira e a segunda análise (ver Tabela 10). Isso se deve às observações realizadas no ambiente de trabalho, nos tempos e nas divisões das operações que estavam adequadas para esse posto de trabalho.

Na sequência, tem-se o posto 3 da família 2 descrito na Tabela 33.

Tabela 33 – Comparação dos tempos entre a primeira e segunda análise do posto 3 da família 2

1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)		
Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)	Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)
Mesa de Bracket 1	24,4	8,5	Mesa de Bracket 1	22,4	8,5
Prensa 1	15,5	3,3	Prensa 1	15,5	3,3
Prensa 2	18,6	3,3	Prensa 2	18,6	3,3
Deslocamento	2,4	-	Deslocamento	2,4	-
<b>TOTAL</b>	<b>60,9</b>	<b>15,1</b>	<b>TOTAL</b>	<b>58,9</b>	<b>15,1</b>
<b>% de Melhoria do Tempo Médio Total</b>				<b>3,3%</b>	

As melhorias aplicadas nesse posto, decorrem somente da aplicação do *standard* para execução da mesa de *bracket* 1. Foram observados vários métodos para executar essa mesma operação e, com o consenso geral entre os operadores, o novo método permitiu reduzir o tempo em 2 segundos por peça. Isso representa uma redução de 3,3% do

tempo médio total na soma das operações do posto 3. Os outros postos permaneceram inalterados entre a primeira e a segunda análise.

Por fim, a comparação dos tempos no posto 4 da família 2 de produtos, foi apresentado na Tabela 34.

Tabela 34 – Comparação dos tempos entre a primeira e segunda análise do posto 4 da família 2

1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)		
Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)	Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)
Mesa de Bracket 2	16,7	2,8	Mesa de Bracket 2	15,7	2,8
Aperto do Pressostato	6,8	-	Aperto do Pressostato + Controle da Válvula	7,9	-
Mesa de Teste	19,4	34,6	Mesa de Teste	14,4	21,5
Tampões + Etiquetas	18,8	-	Tampões + Etiquetas	16,8	-
Embalagem	1,8	-	Embalagem	1,8	-
Deslocamento	2,7	-	Deslocamento	2,7	-
<b>TOTAL</b>	<b>66,2</b>	<b>37,4</b>	<b>TOTAL</b>	<b>59,3</b>	<b>24,3</b>
<b>% de Melhoria do Tempo Médio Total</b>				<b>10,4%</b>	

O posto 4 foi considerado o mais significativo em termos de melhorias, das que foram implementadas:

- Instalação de um acelerador na mesa de teste, onde o tempo foi reduzido em cerca de 37,9%.
- O controle da válvula era feito dentro da cabine de teste do processo. Devido ao esforço excessivo por ser uma peça relativamente alta para o alcance do braço do operador, o controle da válvula passou a ser na parte externa da cabine, na altura do cotovelo. O processo passou a ser realizado antes da peça começar a ser testada, juntamente com o aperto do transdutor.
- Aumento no tempo de operação do aperto do pressostato para 7,9 segundos, devido à adição da operação do controle da válvula.
- Com a transferência do controle da válvula, o tempo de operação da mesa de teste reduziu em 25,8%.
- Com o método *standard*, o processo da mesa de teste e colocação do tampão + etiquetas foi otimizado, o que reduziu o tempo de operação.
- No total, a redução de tempo do posto 4 foi de 6,9 segundos, o que representa uma percentagem de melhoria de 10,4%.
- As melhorias implementadas no posto 4, refletiram uma grande melhoria geral no sistema referente à fabricação das referências da família 2. Porém, esse posto ainda foi classificado como gargalo de produção em ambas as análises.

No final da segunda análise, foi possível comparar também o tempo final para executar as funções dos quatro postos distribuídos na linha. Dessa forma, tem-se que inicialmente o tempo de execução somava 247 segundos e, após as melhorias implementadas, o tempo total passou a ser 235,1 segundos, ou seja, 11,9 segundos a menos para completar o ciclo de produção, o que representa uma percentagem de 4,8%. Isso resultou num aumento de 6 peças/hora, pois na primeira análise o objetivo era de 48 peças, e na segunda análise o objetivo passou a ser 54 peças, 12,5 % maior.

Por fim, a terceira família de produtos inserida na linha AA6, logo durante a primeira análise já apresentou resultados positivos. Porém, algumas otimizações foram realizadas em alguns postos da linha, resultantes das aplicações de melhorias implementadas. Na Tabela 35, o comparativo entre o primeiro posto da família 3 foi demonstrado.

Tabela 35 – Comparação dos tempos entre a primeira e segunda análise do posto 1 da família 3

1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)		
Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)	Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)
Puncionar	25,7	-	Puncionar	22,5	-
Soldar Válvula	10,2	42,8	Soldar Válvula	10,2	42,8
Deslocamento	2,0	-	Deslocamento	2,0	-
Espera	15,1	-	Espera	15,1	-
<b>TOTAL</b>	<b>53,0</b>	<b>42,8</b>	<b>TOTAL</b>	<b>49,8</b>	<b>42,8</b>
<b>% de Melhoria do Tempo Médio Total</b>				<b>6,0 %</b>	

De acordo com os valores da Tabela 35, as otimizações implementadas foram:

- Com a definição do método *standard work* da operação puncionar, foi possível reduzir o tempo de execução em 3,2 segundos, o que representa uma poupança de 12,5%.
- Mesmo após a aplicação de melhorias no método da puncionadora, o posto 1, por possuir o maior tempo de operação, mantém-se como posto gargalo da família 3. Porém, essa redução de tempo permitiu aumentar o objetivo de produção, que passou de 60 peças/hora para 64 (ver Tabela 38).
- No total, a percentagem de melhoria do posto 1 foi de 6,0%, quando comparado com a primeira análise.

Já com relação ao conjunto de atividades desenvolvidas pelos posto 2, (ver Tabela 16), entre a primeira e a segunda análise nenhuma alteração foi aplicada, ou seja, o tempo de execução permaneceu inalterado, devido às observações realizadas no ambiente de trabalho.

Para o comparativo entre as análises do posto 3, a Tabela 36 foi elaborada.

Tabela 36 – Comparação dos tempos entre a primeira e segunda análise do posto 3 da família 3

1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)		
Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)	Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)
Curvadora Grande 1	10,7	63,7	Curvadora Grande 1	10,7	59,8
GCC + <i>Mousse</i> + Fita	26,8	-	GCC + <i>Mousse</i> + Fita	26,8	-
O'Ring	3,4	-	O'Ring	3,4	-
Curvadora Grande 2	10,7	89,4	Curvadora Grande 2	10,7	88,4
GCC + <i>Mousse</i> + Fita	26,8	-	GCC + <i>Mousse</i> + Fita	26,8	-
O'Ring	3,4	-	O'Ring	3,4	-
Deslocamento	5,9	-	Deslocamento	5,9	-
Espera	12,4	-	Espera	11,4	-
<b>TOTAL/2</b>	<b>50,1</b>	<b>76,5</b>	<b>TOTAL/2</b>	<b>49,6</b>	<b>74,1</b>
<b>% de Melhoria do Tempo Médio Total</b>				<b>1%</b>	

As melhorias implementadas no posto 2, referem-se:

- Tempo de espera foi reduzido em 1 segundo, pois o tempo das máquinas da linha foram ajustados e acelerados. Com isso, o tempo de operação da primeira curvadora passou de 63,7 para 59,8 segundos (6,1%) e da segunda curvadora de 89,4 segundos para 88,4 (1%).
- As alterações no tempo das curvadoras permite que o posto 3 seja realizado de forma mais rápida.
- Com duas curvadoras no processo, todos os postos foram duplicados, porém, como o sistema adotado pela empresa funciona a *one piece flow* foi preciso dividir o tempo médio total por dois. Isso serviu para verificar o valor real equivalente de se produzir uma peça cada vez na linha de produção.
- A percentagem de melhoria do tempo médio total do posto 3 da família 1 com relação a primeira e a segunda análise foi de 1%.

Para finalizar a análise do comparativo entre os tempos de operação, o posto quatro da família 3, foi representado na Tabela 37.

Tabela 37 – Comparação dos tempos entre a primeira e segunda análise do posto 4 da família 3

1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)		
Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)	Operações	Tempo Médio (Segundos)	Tempo de Máquina (Segundos)
Aperto do Pressostato	7,6	-	Aperto do Pressostato + Controle da Válvula	8,2	-
Mesa de Teste	17,8	31,7	Mesa de Teste	14,8	19,7
Tampões + Etiquetas	16,9	-	Tampões + Etiquetas	14,7	-
Embalagem	1,4	-	Embalagem	1,4	-
Deslocamento	4,1	-	Deslocamento	3,5	-
Espera	1,7	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>49,5</b>	<b>31,7</b>	<b>TOTAL</b>	<b>42,6</b>	<b>19,7</b>
<b>% de Melhoria do Tempo Médio Total</b>			<b>13,9%</b>		

Para a família 3 de produtos da linha AA6, as melhorias implementadas foram:

- Instalação de um acelerador na mesa de teste, onde o tempo foi reduzido em 12 segundos por peça, cerca de 37,9%.
- O controle da válvula era feito dentro da cabine de teste do processo. Devido ao esforço excessivo por ser uma peça relativamente alta para o alcance do braço do operador, o controle de válvula passou a ser na parte externa da cabine, na altura do cotovelo. O processo passou a ser realizado antes da peça começar a ser testada, juntamente com o aperto do transdutor.
- Aumento no tempo de operação do aperto do pressostato para 8,2 segundos, devido à adição da operação do controle da válvula.
- Com a transferência do controle da válvula, o tempo de operação da mesa de teste reduziu em 16,9%.
- Com o método *standard*, o processo da mesa de teste e colocação do tampão + etiquetas foi otimizado, o que reduziu o tempo de operação.
- O tempo de espera foi eliminado na segunda análise, pois as operações agora são realizadas mais rapidamente.
- No total a redução de tempo do posto 4 foi de 6,9 segundos, o que representa uma percentagem de melhoria de 13,9%.

A soma dos quatro postos de trabalho necessários para desenvolver as operações da família 3 de produtos da linha AA6, durante a primeira análise somavam 199,6 segundos. Com a aplicação das melhorias e modificações, o tempo passou a ser 189 segundos, 5,3% inferior. Com isso, um novo objetivo por hora foi calculado, que passou de 60 peças para 64, um aumento de aproximadamente 6,7% por hora.

### 3.4.3 NOVOS OBJETIVOS DA LINHA AA6 APÓS APLICAÇÃO DAS MELHORIAS

Após a aplicação da metodologia do *standard work*, os objetivos precisaram ser atualizados, pois os métodos definidos foram baseados no menor tempo de execução dos postos da linha AA6 entre os quatro turnos de produção (A, B, C e D). Com isso, os novos objetivos definidos com a atualização dos tempos resultaram nos valores descritos pela Tabela 38.

Tabela 38 – Novos objetivos da linha AA6, após aplicação do método *standard work*

FAMÍLIAS	REFERÊNCIA	NÚMERO DE OPERADORES	OBJETIVO DE PEÇAS POR TURNO (11 h)	OBJETIVO DE PEÇAS POR HORA (11 h)
1	1 – 2 – 3	3	407	37
		4	550	50
		5	693	63
2	4 – 5 – 6 – 7	3	429	39
		4	594	54
		5	649	59
3	8 – 9	2	484	44
		3	638	58
		4	704	64

Um comparativo entre os objetivos de peças em cada turno de 11 h e as respectivas eficiências obtidas com o balanceamento entre as operações da linha AA6, foram representados na Tabela 39, para facilitar a visualização dos dados.

Tabela 39 – Comparativo dos indicadores entre a primeira e a segunda análise

Família	Nº de Operadores	1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)			% de Melhoria de Peças/Semana
		Eficiência do Balanceamento	Nº de Peças/Hora	Nº de Peças/Semana	Eficiência do Balanceamento	Nº de Peça/Hora	Nº de Peças/Semana	
1	3	61%	23	3542	78%	37	5698	60,9%
	4	65%	31	4774	80%	50	7700	61,3%
	5	64%	39	6006	75%	63	9702	61,5%
2	3	60%	35	5390	87%	39	6006	11,4%
	4	93%	48	7392	99%	54	8316	12,5%
	5	58%	53	8162	79%	59	9086	11,3%
3	2	95%	41	6314	96%	44	6776	7,3%
	3	94%	55	8470	95%	58	8932	5,5%
	4	94%	60	9240	95%	64	9856	6,7%

Com relação ao número de peças produzidas por hora, nota-se que após a aplicação do método *standard*, os objetivos da família 1 e família 2 aumentaram. Mesmo no caso da família 3, por possuir as novas referências de produto que entraram em fabricação na linha de produção da AA6, a aplicação de melhorias elevou o valor total dos objetivos. Com relação à percentagem de melhoria demonstrada (ver Tabela 39), nota-se que por meio da comparação da quantidade de peças produzidas em uma semana antes das melhorias e após a aplicação das ferramentas, era ligeiramente inferior na primeira análise. Esse parâmetro permitiu identificar qual a percentagem disponível que a empresa pode utilizar para produzir no mesmo período de tempo, porém, com os objetivos ajustados a realidade.

### 3.4.4 EFICIÊNCIA GERAL DO EQUIPAMENTO (OEE) APÓS APLICAÇÃO DAS MELHORIAS

Com a aplicação das melhorias descritas na seção 3.4, um acompanhamento da evolução da eficiência geral da linha AA6 foi desenvolvida. Assim a análise do OEE, baseada nos mesmos parâmetros utilizados inicialmente na seção 3.2.7, permitiu verificar o aumento da percentagem, com relação as operações dos quatro turnos de produção (A, B, C e D).

Dessa forma, na Tabela 40, foram apresentadas as informações recolhidas entre as semanas 9 a 17, que representam os meses de março e abril de 2017. Já na Tabela 41, as semanas 18 a 22 referem-se aos valores do mês de maio de 2017.

Tabela 40 – Recolha dos parâmetros do OEE de março e abril de 2017

<b>SEMANAS DE MARÇO E ABRIL 2017</b>	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
Tempo Planejado (Horas)	110	165,0	165	154,0	165,0	165,0	99	143,0	143,0
Paradas (Horas)	4,3	11,9	6,0	4,4	5,1	6,3	2,7	3,8	4,7
Tempo Medido (Horas)	105,7	153,1	159,0	149,6	159,9	158,7	96,3	139,2	138,3
Tempo Teórico (Horas)	86,7	163,7	140,6	154,8	129,9	148,6	91,2	116,2	120,2
Quantidade Rejeitada (Peças)	170	180	185	171	256	400	325	577	335
Quantidade Produzida (Peças)	4335	7454	7050	7120	7112	7080	4540	5876	5814
Disponibilidade (%)	96%	93%	96%	97%	97%	96%	97%	97%	97%
Performance (%)	82%	107%	88%	103%	81%	94%	95%	83%	87%
Qualidade (%)	96%	98%	97%	98%	96%	94%	93%	90%	94%
<b>OEE (%)</b>	<b>76%</b>	<b>97%</b>	<b>83%</b>	<b>98%</b>	<b>76%</b>	<b>85%</b>	<b>86%</b>	<b>73%</b>	<b>79%</b>
<b>OBJETIVO (%)</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>

Tabela 41 – Recolha dos parâmetros do OEE de maio de 2017

<b>SEMANAS DE MAIO DE 2017</b>	S18	S19	S20	S21	S22
Tempo Planejado (Horas)	132,0	165,0	176,0	165,0	154,0
Paradas (Horas)	4,6	4,8	5,0	5,5	1,5
Tempo Medido (Horas)	127,4	160,2	171,1	159,5	152,5
Tempo Teórico (Horas)	122,3	129,0	140,8	148,3	137,0
Quantidade Rejeitada (Peças)	626	489	498	307	229
Quantidade Produzida (Peças)	5995	6416	6332	7360	6685
Disponibilidade (%)	96%	97%	97%	97%	99%
Performance (%)	96%	81%	82%	93%	90%
Qualidade (%)	89%	92%	92%	96%	97%
<b>OEE (%)</b>	<b>83%</b>	<b>72%</b>	<b>74%</b>	<b>86%</b>	<b>86%</b>
<b>OBJETIVO (%)</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>	<b>85%</b>

A intenção dessa análise foi observar o comportamento do indicador OEE, durante o período de três meses após a aplicação, otimização e implementações de melhorias na linha AA6 em estudo.

Conforme pode ser observado pelos valores apresentados na Tabela 40 e na Tabela 41, as percentagens de eficiência foram elevadas. Porém, nota-se que em algumas semanas os valores foram ainda inferiores ao objetivo de 85%. Isso pode ser justificado pelo tempo de paradas das máquinas ou por avarias específicas durante a semana, que fizeram com que a eficiência fosse reduzida.

Na Tabela 42 é possível observar um comparativo entre a primeira e a segunda análise sobre a média dos três parâmetros utilizados para calcular o OEE, disponibilidade, performance e qualidade.

Tabela 42 – Comparativo dos parâmetros médios do OEE entre a primeira e a segunda análise

Média dos Parâmetros	1ª Análise (Antes)	2ª Análise (Depois)	Melhoria
Disponibilidade	89%	97%	8%
Performance	84%	90%	6%
Qualidade	96%	94%	-2%
OEE	72%	82%	10%
Objetivo	85%	85%	0%

Pela análise da Tabela 42, nota-se que entre os três últimos meses, durante a 2ª análise, a média geral da eficiência do OEE foi de 82%. Isso representa um aumento de 10% relativamente à análise inicial.

Com relação aos parâmetros individuais observados, conclui-se que de forma geral a disponibilidade e a performance da linha AA6, tiveram ganhos significativos. Porém, o fator qualidade foi levemente reduzido. Isso se deve ao fato de que durante algumas semanas a quantidade de peças rejeitadas esteve acima do esperado, o que justifica o impacto causado na média final dessa variável.

O gráfico da Figura 54, indica a evolução das percentagens do OEE entre as semanas 9 e 22, as quais representam os meses de março, abril e maio de 2017.

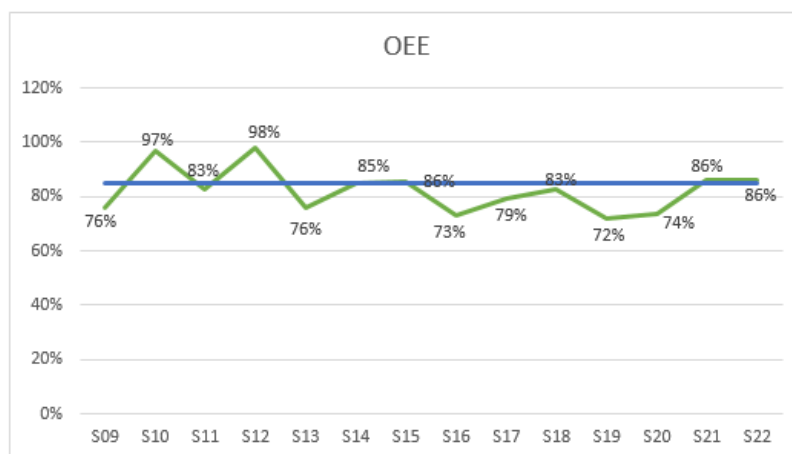


Figura 54 – Percentagem do OEE referente a 2ª análise com relação ao objetivo  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

De acordo com o gráfico da Figura 54, a média entre as semanas 9 e 22 (março, abril e maio de 2017) foi de 82%, mais próximo do ideal de 85%. Porém, mesmo sem atingir o objetivo, nota-se que na segunda análise os valores do OEE foram elevados, e chegaram mesmo a 98% na semana 12. A menor percentagem calculada durante o período foi de 72% na semana 19, justificado pela baixa performance da linha que reduziu o parâmetro do OEE.

### 3.4.5 CAPACIDADE PRODUTIVA DA LINHA AA6 APÓS APLICAÇÃO DE MELHORIAS

De acordo com a nova eficiência obtida (ver Tabela 42 do OEE), verificou-se que os valores foram elevados após a aplicação das melhorias implementada na linha de produção AA6. Isso permitiu calcular os novos dados referentes à capacidade de produção disponível.

Na Tabela 43, é possível identificar um comparativo entre os dias disponíveis de operação no mês necessários para cumprir com os pedidos dos clientes na fabricação de todas as referências. Essa análise abrange os períodos antes e depois das otimizações realizadas para três, quatro e cinco operadores nas famílias 1 e 2 e dois, três e quatro operadores na família 3.

Tabela 43 – Comparativo da capacidade ente a primeira e a segunda análise

<b>1ª ANÁLISE (Antes) - Dias necessários para produzir 37465 peças no mês</b>						
EFICIÊNCIA	3 OP	Peças Reais Produzidas por 3 OP em 30 dias	4 OP	Peças Reais Produzidas por 4 OP em 30 dias	5 OP/ 2 OP	Peças Reais Produzidas por 5 OP/2 OP em 30 dias
100%	31,2	35995	23,7	47341	28,1	40023
90%	34,3	32722	26,1	43037	30,9	36385
REAL LINHA 72%	41,3	27246	31,6	35609	37,7	29847
<b>2ª ANÁLISE (Depois) - Dias necessários para produzir 37465 peças por mês</b>						
EFICIÊNCIA	3 OP	Peças Reais Produzidas por 3 OP em 30 dias	4 OP	Peças Reais Produzidas por 4 OP em 30 dias	5 OP/ 2 OP	Peças Reais Produzidas por 5 OP/2 OP em 30 dias
100%	28,2	39870	21,5	52218	25,6	43875
90%	31,0	36245	23,7	47471	28,2	39886
REAL LINHA 82%	33,3	33788	25,4	44253	30,2	37182

Em paralelo, na Tabela 43, foram apresentadas as reais quantidades produzidas baseadas no objetivo mensal de 37465 peças, calculadas para indicar a produção real obtida com relação aos 30 dias de trabalho, onde o valor das peças produzidas reais é maior que 37645 peças, o que significa que o objetivo é cumprido antes dos 30 dias, caso contrário não ocorre cumprimento dos objetivos no período estipulado.

O comparativo apresentado pela Tabela 43 demonstra que, durante a primeira análise, a percentagem real da linha girava em torno de 72%. Isso não permitia a linha fabricar todas as atuais referências da AA6, mais as novas referências da AA11, pois o número de dias ultrapassava os 30 dias disponíveis de trabalho no mês (representado pela cor vermelha na Tabela 43).

Na segunda análise, com os dados atualizados e a nova percentagem de eficiência de 82%, a capacidade precisou ser recalculada. Como base, foram utilizados os modelos de cálculo da Tabela 21, para 100%, Tabela 22 para 90% e Tabela 24, para 82%.

Com isso, foi possível concluir que a disponibilidade da linha com os novos tempos aumentou. Isso reflete uma necessidade de 25,4 dias para fabricar todas as referências da linha AA6, mais as novas referências, com quatro operadores, em regime de dois turnos de 12 h por dia. Nota-se que com três, cinco ou dois operadores, não é possível cumprir com os pedidos do cliente, pois os valores excedem os 30 dias, ou estão muito próximos do mesmo (representado pela cor amarela na Tabela 43).

A Tabela 44 foi elaborada com intenção de verificar a diferença de dias e a percentagem de melhoria disponível, para os valores onde o objetivo é alcançado (representado pela cor verde na Tabela 43).

Tabela 44 – Diferença de dias e percentagem de melhoria entre a primeira e a segunda análise

<b>Percentagem de melhoria com relação aos dias necessários para produzir 37465 peças no mês</b>				
EFICIÊNCIA	4 OP	4 OP	5 OP/2 OP	5 OP/2 OP
100%	2,2	9,3%	2,5	8,8%
90%	2,4	9,3%	-	-
REAL LINHA - 82%	6,2	19,5%	-	-

Essa tabela demonstra que entre a primeira e a segunda análise é possível produzir a quantidade total de 37465 peças, com quatro colaboradores, porém, em 6,2 dias a menos. Esse valor representa uma redução de 19,5%, justificado pelo aumento da eficiência da linha AA6, devido às melhorias implementadas.

Para complementar o comparativo entre as informações apresentadas, na Tabela 45, foram descritas a quantidade de peças a mais e suas respectivas percentagens de melhoria, que representam o aumento mensal para atingir os objetivos.

Tabela 45 – Diferença das quantidades produzidas e percentagens de melhoria entre a primeira e a segunda análise

<b>Percentagem de melhoria com relação à quantidade de peças produzidas no mês</b>				
EFICIÊNCIA	Peças a mais Produzidas por 4 OP em 30 dias	Percentagem para 4 OP	Peças a mais produzidas por 5 OP/ 2 OP em 30 dias	Percentagem para 5 OP/ 2 OP
100%	4877	10,3%	3852	9,6%
90%	4434	10,3%	-	-
REAL LINHA - 82%	8644	24,3%	-	-

Mesmo com resultados positivos, somente é possível produzir a quantidade exigida quando a linha operar com quatro colaboradores. Isso representa, de acordo com a Tabela 45, um aumento de 8644 peças, cerca de 24,3% da produção anterior.

### 3.5 FLUXO PRODUTIVO APLICAÇÃO DAS MELHORIAS (KAIZEN)

De forma a representar a sequência de atividades desempenhada para elaboração das referências das três famílias de produto da linha em estudo AA6, nessa seção foram criados de forma organizada os fluxos do processo produtivo desempenhados por cada um dos quatro colaboradores da célula de produção. A Figura 55, representa o fluxo produtivo relativo as referências da família 1 de produtos.

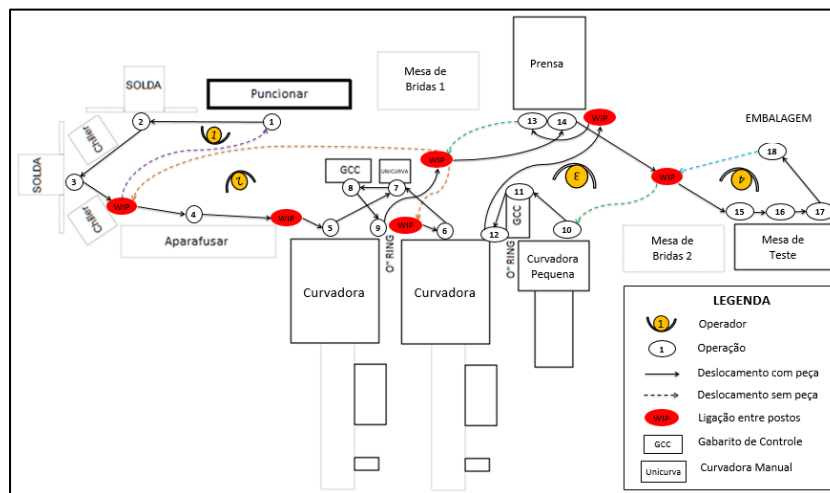


Figura 55 – Fluxo produtivo de produção da família 1 para quatro operadores  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Nesse processo (ver Figura 55), tem-se que as funções desempenhadas pelo operador 1 são puncionar, soldar a válvula e o transdutor. O posto 2 fica encarregado de aparafusar o mecanismo da válvula, curvar as peças nas duas curvadoras e na curvadora manual, fazer a verificação a 100% no gabarito de controle, colar a fita adesiva e por fim inserir o o'ring (junta tórica). O terceiro operador faz o curvado do tubo pequeno, confere no gabarito de controle, insere a junta tórica e faz a primeira e a segunda prensada. O último posto é responsável por apertar o pressostato, fazer o controle da válvula, testar a presença de fugas, inserir os tampões e etiquetas e embalar a peça final no contentor.

Na Figura 56, é elaborado o fluxo produtivo das referências da família 2 de produtos da linha AA6.

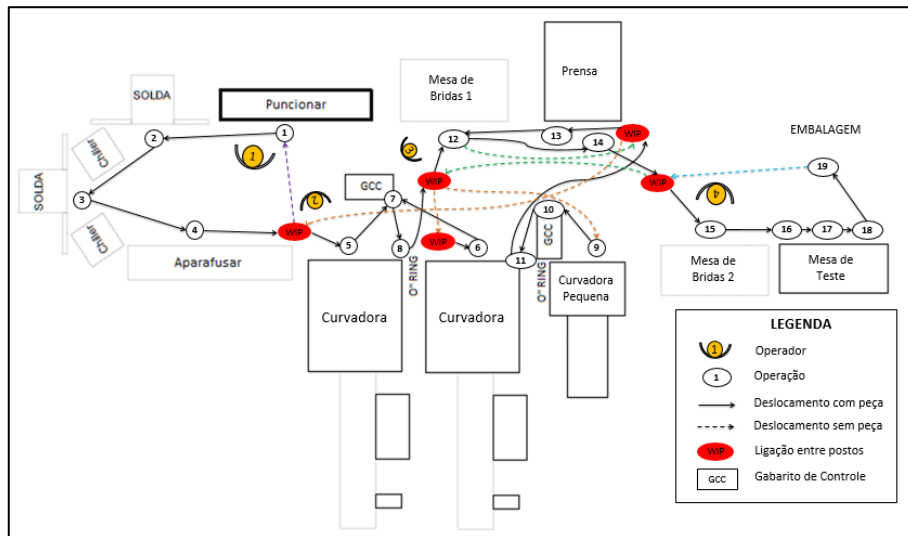


Figura 56 – Fluxo produtivo de produção da família 2 para quatro operadores  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Nesse processo de fabricação (ver Figura 56), o posto 1 foi designado a puncionar, soldar a válvula e o transdutor e aparafusar o mecanismo da válvula. O segundo operador faz o curvado dos tubos grandes e pequenos, verifica ambos a 100% no gabarito e insere uma junta tórica em cada um dos tubos. No posto 3 é feita a colocação das *brackets* na mesa de *bracket* 1 e a primeira e segunda prensada. O quarto operador insere a última *bracket* na mesa de *bracket* 2, faz o aperto do pressostato ao tubo, controle da válvula e testa as peças para detectar a presença de fugas. Esse mesmo operador ainda insere as etiquetas e tampões e faz a embalagem da peça final ao contentor.

Por fim, na Figura 57 é apresentado o processo do novo conjunto de referências de produtos agora pertencente à linha AA6, classificada como família 3.

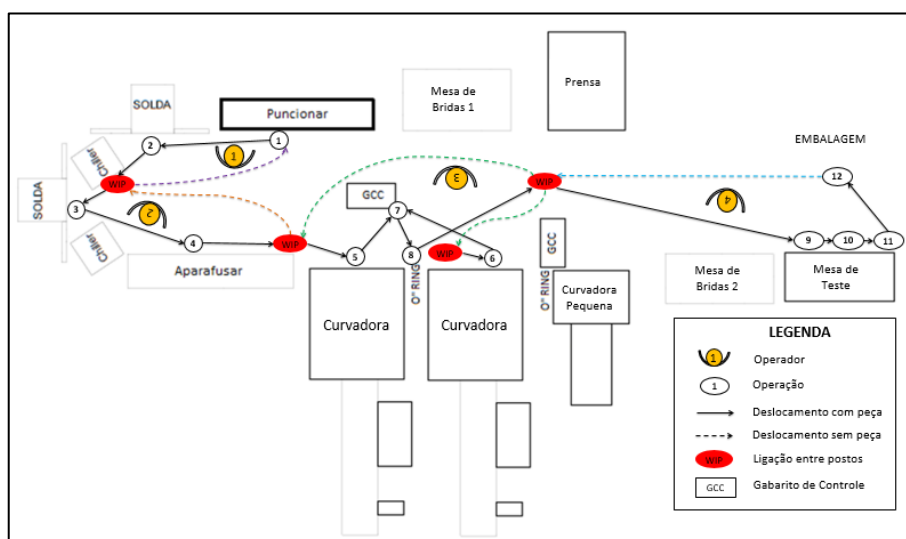


Figura 57 – Fluxo produtivo de produção da família 3 para quatro operadores  
Fonte: Adaptado dos dados da Empresa de Estudo (2017).

Conforme pode ser observado (ver Figura 57), esse processo produtivo é mais simples quando comparado com as outras famílias da linha. Isso acarreta uma divisão de tarefas, onde o posto 1 é responsável por puncionar e soldar a válvula. O posto 2 faz a solda do transdutor e aparafusa o mecanismo da válvula. O terceiro operador curva o tubo grande nas duas curvadoras, verifica a 100% no gabarito de controle, cola a *mousse* e a fita adesiva e inserir o *o'ring* (junta tórica) na extremidade do tubo. O operador 4, faz o aperto do pressostato, o controle da válvula, testa a peça para garantir que a mesma não apresente fugas, insere o tampão e as etiquetas e embala a peça final no contentor.

Com as representações elaboradas nas Figura 55, Figura 56 e Figura 57 é possível verificar que o fluxo de produção segue uma sequência padrão. O que diferencia uma família da outra é, muitas vezes, a quantidade de máquinas ou componentes que são adicionados ao processo.

Essa análise final do fluxo produtivo foi elaborada com o intuito de representar o mapa do processo produtivo da linha AA6, após o estudo dos tempos, da capacidade, eficiência e, principalmente, das melhorias implementadas.

### 3.6 SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS COM A OTIMIZAÇÃO DA LINHA AA6

Nessa seção é realizado um resumo referente aos resultados obtidos com a aplicação das ferramentas de melhoria contínua (*kaizen*) no tempo de operação, nos objetivos, na eficiência de balanceamento e no OEE, conforme apresentado pela Tabela 46.

Tabela 46 – Síntese dos resultados da linha AA6

Análise	1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)			% de Melhoria		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Família de Produtos									
Tempo Total de Operação dos 4 OP (Segundos)	272,6	247	199,6	203,1	235,1	189	25,5%	4,8%	5,3%
Objetivo de Produção Diário para 4 OP (Peças/H)	31	48	60	50	54	64	61,3%	12,5%	6,7%
Objetivo de Produção Semanal para 4 OP (Peças/Semana)	4774	7392	9240	7700	8316	9856	61,3%	12,5%	6,7%
Análise	1ª Análise (Antes)			2ª Análise (Depois)			Melhoria		
Eficiência de Balanceamento para 4 OP (%)	65%	93%	94%	80%	99%	95%	15%	6%	1%
OEE Geral da Linha AA6 (%)	72%			82%			10%		

Com os dados apresentados na Tabela 46, foi possível obter um parâmetro geral com relação às melhorias implementadas entre a primeira e a segunda análise. Nota-se que os resultados foram significativos e trouxeram otimizações reais para a linha de produção AA6 de sistemas de ar condicionado em estudo.

# CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÃO FINAL

4.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS

4.3 CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA DO TRABALHO

4.4 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS



## 4 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Durante o período de desenvolvimento da dissertação/ tese de mestrado, de acordo com a metodologia definida, diversas etapas foram executadas e obedeceram a uma sequência previamente definida para chegar ao alcance dos resultados. Com apoio nos conceitos estudados na revisão bibliográfica, conhecimento das ferramentas de aplicação e contato direto com a rotina da empresa de estudo, foi possível enunciar as conclusões pertinentes à estrutura da pesquisa e o desenvolvimento do trabalho. Esse capítulo, portanto, tem por fim o objetivo de retratar de forma abrangente os resultados atingidos, as possíveis sugestões de melhorias encontradas no decorrer do processo, os contributos para a empresa e as oportunidades de aplicabilidade futura.

### 4.1 CONCLUSÃO FINAL

A realização deste estudo na linha AA6 de produção de componentes para o sistema de ar condicionado do setor automível teve como objetivo a análise e otimização do processo da linha, por meio da aplicação de ferramentas e de melhorias que aprimoraram o funcionamento geral do sistema, o qual foi cumprido

Inicialmente, foi preciso mapear o processo e identificar os principais problemas, desvios e falhas que a célula produtiva apresentada. Na sequência, uma análise das melhorias que poderiam ser aplicadas foi desenvolvida por meio de observações, para só então começar as devidas implementações. Para alcançar os resultados esperados, os desperdícios e obstáculos foram eliminados, as atividades foram balanceadas e equilibradas entre si, para que postos tivessem tempos parecidos de execução, entre as três famílias de produtos analisadas.

A aplicação de melhorias implementadas na linha AA6, envolvem adequação das estantes *kanban*, dos varões (WIP) onde os tubos são pousados entre os postos, na instalação do sistema de sucção para inserir o mecanismo de válvula, no suporte de colocação da *mousse* no GCC para a família 3, na inserção de uma caixa para acondicionar as *brackets* rejeitadas da mesa de *bracket*, com intenção de evitar que as mesmas se misturem com as *brackets* que estão conformes, em um suporte para a chave dinamométrica que evita o contato direto com a mesa, o que diminui a constante deterioração da mesma, em uma nova estante para organizar as ferramentas de troca rápida da mesa de teste e pela instalação de um acelerador de teste de hidrogênio que reduziu 37,9% do tempo para testar uma peça.

O *layout* também precisou ser reorganizado para aumentar o espaço disponível da linha e a movimentação dos operadores. Nessa etapa, as estantes dos calibres foram

alteradas, o *shopstock* dos contentores foi redefinido e reorganizado para facilitar o ciclo entre contentores cheios, vazios e aqueles que estão sendo utilizados para inserir as novas peças. O modelo e o local dos painéis de informação também foram modificadas para facilitar a visualização direta dos dados da linha.

Na sequência, tem-se a aplicação do método *standard*, com dezoito descrições de standardização divididas por máquina e outras por características específicas de cada família de produtos. A standardização dos métodos de operação reduziu a discrepância dos tempos com que as atividades eram executadas nos diferentes turnos. Os movimentos foram adequados a uma melhor postura do operador e reduzidos com a aproximação das operações dentro da linha em estudo e por fim os objetivos foram adequados à real capacidade e disponibilidade do ambiente produtivo em estudo.

No geral após a primeira e a segunda análise, nota-se que a percentagem de melhoria com relação ao número de peças a mais produzidas pela linha, quando operada por quatro colaboradores na família 1, foi de 61,3%, devido à industrialização das curvadoras na linha AA6. Na família 2 o aumento foi de 12,5% e na família 3 foi de 6,7%. Todas as famílias tiveram aumentos significativos devido aos novos métodos *standard* da linha que padronizaram as operações entre os quatro turnos de operação (A, B, C e D).

Esse projeto de desenvolvimento proporcionou um aumento do cálculo do OEE entre as variáveis disponibilidade, performance e qualidade em 10% na eficiência média geral da linha, com simples adequações ao processo real, passando de 72% da primeira análise para 82%, obtidos na segunda análise. Com a nova eficiência da linha, um novo dimensionamento da capacidade precisou ser calculado, porém, agora foram levados em conta os novos tempos obtidos após a standardização dos postos da AA6. Isso resultou em um aumento de 24,3% com relação ao número total de peças produzidas a mais, baseada na eficiência de 82%.

Ao fim de todas as modificações, otimizações e aplicações de melhoria, o fluxo produtivo correto de cada família de produtos da linha AA6 foi construído, para demonstrar o percurso de cada operador em cada uma das três famílias de produto.

Isso permitiu resolver os problemas encontrados na célula, de forma a contribuir com a distribuição correta dos pedidos na linha de produção, para atender às necessidades do cliente e não gerar desperdícios com estoques elevados do produto final na área do armazém. Essas implementações serviram de base para a empresa transversalizar os ajustes para as outras linhas da fábrica. De forma geral, o desempenho da ferramenta *lean*, *standard* e *kaizen* demonstraram um papel fundamental no alcance dos resultados e evolução do sistema.

## 4.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Durante a elaboração de qualquer estudo é inevitável encontrar obstáculos e dificuldades. Os principais problemas durante a elaboração do presente trabalho, se concentram na inicial interação com os operadores, na aceitação de muitos em modificar os métodos de trabalho e na resistência quando necessário aplicar as ferramentas pretendidas. Por se tratar de uma empresa multinacional, outro fator relevante está na quantidade elevada de dados disponíveis. Isso requisitou um grande cuidado e atenção no manuseio das informações, para encontrar informações coerentes que comprovassem os resultados obtidos.

## 4.3 CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA DO TRABALHO

Parte dos dados descritos e demonstrados nessa dissertação serviram de base para a elaboração de um artigo científico com o título: *“Standardization and Optimization of an Automotive Components Production Line”* (ver versão original no ANEXO A). Esse artigo foi apresentado em formato de poster (ver ANEXO B) e publicado nas atas da conferência internacional *“7th Manufacturing Engineering Society International Conference International 2017 (MESIC) - <http://www.sif-mes.org/mesic2017/>”* em Vigo na Espanha em Junho de 2017 por: Isadora Carolina Antonioli, Pedro Guariente, Teresa Pereira, Luís Pinto Ferreira e F. J. G. Silva (2017).

## 4.4 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Com relação ao desenvolvimento de trabalhos futuros, a principal proposta sugerida, envolve a realização do sequenciamento do estudo apresentado nessa dissertação, porém, direcionado para outras linhas de produção da empresa. Dessa forma, é possível iniciar um processo de padronização das análises com o uso de parâmetros semelhantes para todas as células produtivas da fábrica, onde o estágio foi realizado.



# BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 LIVROS, ARTIGOS E DISSERTAÇÕES

5.2 OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO (INTERNET)



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

### 5.1 LIVROS, ARTIGOS E DISSERTAÇÕES

ÁVILA, PAULO; NEVER, FERNANDO; AFONSO, FERNANDES, A. ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL II, ISEP, PORTO, 2006.

CORRÊA, HENRIQUE L.; CORRÊA, CARLOS A. ADMINISTRAÇÃO DE PRODUÇÃO E OPERAÇÕES: MANUFATURA E SERVIÇOS: UMA ABORDAGEM ESTRATÉGICA. 3. ED. SÃO PAULO: ATLAS, 2012. ISBN 9788522469185.

COX III, JAMES F., SPENCER, MICHAEL S., TRAD. FERNANDA KOHMANN DIETRICH. MANUAL DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES. RIO GRANDE DO SUL: BOOKMANN, REIMP. 2008. ISBN 9788577802418.

FONSECA, L. GESTÃO EMPRESARIAL, 2014.

GAITHER, NORMAN; FRAZIER, GREG. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO E OPERAÇÕES. 8. ED. SÃO PAULO: PIONEIRA THOMSON LEARNING, 2001. ISBN 9788522102372.

GILMORE, HAROLD. L. CONTINUOUS INCREMENTAL IMPROVEMENT: AN OPERATIONS STRATEGY FOR HIGHER QUALITY, LOWER COSTS, AND GLOBAL COMPETITIVENESS. SAM ADVANCED MANAGEMENT JOURNAL, 1990.

GOFORTH, K. A. ADAPTING LEAN MANUFACTURING PRINCIPLES TO THE TEXTILE INDUSTRY. MASTER'S THESIS. FACULTY OF NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. RALEIGH, NORTH CAROLINA, 2007.

GOLDRATT, ELIYAHU M., COX, JEFF.. A META UM PROCESSO DE MELHORIA CONTÍNUA. 2. EDIÇÃO. SÃO PAULO: NOBEL, 2002. ISBN 9788521312369.

GOMES, M., DIAGNÓSTICO E DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES PARA MELHORIA DA PRODUTIVIDADE: UM CASO DE ESTUDO, DISSERTAÇÃO (MESTRADO), IST/UTL, LISBOA, 2007.

GUIMARÃES, MIGUEL; ARAÚJO, MIGUEL. WORKSHOP LEAN: TIME-DRIVEN ACTIVITY-BASED COSTING - METODOLOGIAS QUE POTENCIAM O SEU NEGÓCIO. ESEIG. POLITÉCNICO DO PORTO, 2011.

IMAI, MASSAKI. GEMBA KAIZEN: A COMMONSENSE, LOW-COST APPROACH TO MANAGEMENT. FRONT COVER. MC GRAW HILL PROFESSIONAL. BUSINESS & ECONOMICS. UNITED STATES, 1997. ISBN 9780071368162.

JACKSON, THOMAS. L. HOSHIN KANRI FOR THE LEAN ENTERPRISE: DEVELOPING COMPETITIVE CAPABILITIES AND MANAGING PROFIT. PRODUCTIVITY PRESS, 2006. ISBN: 9781563273421.

JORGENSEN, F., BOER, H., & LAUGEN, B. T. CI IMPLEMENTATION: AN EMPIRICAL TEST OF THE CI MATURITY MODEL. CREATIVITY & INNOVATION MANAGEMENT, VOL 15, Nº 4, 2006.

KRAJEWSKI, LEE; RITZMAN, LARRY; MALHOTRA, MANOJ. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO E OPERAÇÕES. 8. ED. SÃO PAULO: PEARSON PRENTICE HALL EDUCATION DO BRASIL, 2009. ISBN 9788576051725.

LIKER, JEFFREY K. O MODELO TOYOTA: 14 PRINCÍPIOS DE GESTÃO DO MAIOR FABRICANTE DO MUNDO. PORTO ALEGRE: BOOKMAN, 2005. ISBN: 85-363-0495-2.

LUSTOSA, LEONARDO; MESQUITA, MARCO; OLIVEIRA, RODRIGO; QUELHAS, OSVALDO. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO. RIO DE JANEIRO, ELSEVIER BRASIL, 2013. ISBN 8535251901, 9788535251906.

MARTINS, PETRÔNIO G. LAUGENI, FERNANDO P. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO. 2.ED. SÃO PAULO: SARAIVA, 2012. ISBN 8502046160.

MOREIRA, DANIEL AUGUSTO. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO E OPERAÇÕES. 2.ED. RE. E AMPL. SÃO PAULO: CENGAGE LEARNING, 2012. ISBN 9788522110193.

NORAMI NORDIN, BADA MD DEROS E DZURAIDAH ABD WAHAB, A SURVEY ON LEAN MANUFACTURING IMPLEMENTATION IN MALYSIAN AUTOMOTIVE INDUSTRY, INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION, MANAGEMENT AND TECHNOLOGY, VOL. 1, No. 4, 2010. ISSN 2010-0248.

OHNO, TAIICHI. O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO: ALÉM DA PRODUÇÃO EM LARGA ESCALA. TRADUÇÃO: CRISTINA SCHUMACHER, REVISÃO TÉCNICA DE PAULO C. D. MOTTA. PORTO ALEGRE: BOOKMAN, 2013. ISBN 8573071702.

PINTO, JOÃO PAULO. PENSAMENTO LEAN: A FILOSOFIA DAS ORGANIZAÇÕES VENCEDORAS. COMUNIDADE LEAN THINKING. LIDEL – EDIÇÕES TÉCNICAS, LDA. LISBOA, PORTO, PORTUGAL. 2009. ISBN 9789727576463.

ROLDÃO, VICTOR SEQUEIRA; RIBEIRO, JOAQUIM S. GESTÃO DAS OPERAÇÕES: UMA ABORDAGEM INTEGRADA. LISBOA: MONITOR, 2014. ISBN 9789729413735.

SCHROEDER, ROGER G. OPERATIONS MANAGEMENT: CONTEMPORARY CONCEPTS AND CASES. THIRD EDITION. MCGRAW-HILL/IRWIN, SERIES OPERATIONS AND DECISION SCIENCES. INTERNATIONAL EDITION, 2007. ISBN 0073137065, 9780073137063.

SHINGO, SHINGEO. O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO DO PONTO DE VISTA DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. TRADUÇÃO: EDUARDO SCHAAN. 2. ED. PORTO ALEGRE: ARTMED, 1996. ISBN 9788573071696.

SILVA, MANUEL. MANUAL DE METODOLOGIA VSM. SIMOLDES PLÁSTICOS. PORTUGAL, 2010.

SLACK, NIGEL; CHAMBERS, STUART; JOHNSTON, ROBERT. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO. TRADUÇÃO: MARIA TERESA CORRÊA DE OLIVEIRA E FÁBIO ALHER. REVISÃO TÉCNICA: HENRIQUE LUIZ CORRÊA. 3 ED. SÃO PAULO: ATLAS, 2009. ISBN 9788522453535.

SPEAR, STEVEN.; BOWEN, KENT H. DECODING THE DNA OF THE TOYOTA PRODUCTION SYSTEM. HARVARD BUSINESS REVIEW, SEPTEMBER–OCTOBER, 1999.

STEVENSON, WILLIAN J. ADMINISTRAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE PRODUÇÃO. RIO DE JANEIRO: LTC, 2001. ISBN 9788521612773.

TUBINO, DALVIO F. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO: TEORIA E PRÁTICA. 2. ED. SÃO PAULO: ATLAS, 2009. ISBN 9788522456949.

VOLLMANN, T. E., BERRY, W. L., WHYBARK, D. C. MANUFACTURING PLANNING AND CONTROL SYSTEMS. MCGRAW-HILL, 2005. ISBN 0071121331.

WOMACK, JAMES P.; JONES, DANIEL T. LEAN THINKING. NEW YORK: SIMON E SCHESTER, 1996.

WOMACK, JAMES P., AND JONES, DANIEL T. LEAN THINKING: BANISH WASTE AND CREATE WEALTH IN YOUR CORPORATION. SECOND EDITION. NEW YORK, EUA, 2003. ISBN 0-7432-4927-5.

## 5.2 OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO (INTERNET)

CITEVE, CENTRO TECNOLÓGICO DAS INDÚSTRIAS TÊXTIL. FERRAMENTA DE DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO LEAN THINKING, ADAPTANDO ÀS EMPRESAS DO STV. PORTUGAL, MAIO DE 2012. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.CITEVE.PT/ARTIGO/SICACR\\_FERRA\\_PRODU](http://www.citeve.pt/artigo/sicacr_ferra_produ)>. ACESSO EM: 17 DE DEZEMBRO DE 2017.

CITISYSTEMS. LEAN MANUFACTURING – PRODUÇÃO INDUSTRIAL/ MUDA, MURA E MURI: O MODELO 3M DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO. 2016. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.CITISYSTEMS.COM.BR/MUDA-MURA-MURI/](https://www.citisystems.com.br/muda-mura-muri/)>. ACESSO EM: 24 DE JANEIRO DE 2017.

COMUNIDADE LEAN THINKING. ROADMAP PARA A EXCELÊNCIA. 2009. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.SLIDESHARE.NET/COMUNIDADE\\_LEAN\\_THINKING](http://www.slideshare.net/comunidade_lean_thinking)>. ACESSO EM: 18 DE JANEIRO DE 2017.

COSTA, CIRLEI C. RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS POR MEIO DA METODOLOGIA QRQC E A PROMOÇÃO DA MELHORIA CONTÍNUA. 2013. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.TOTALQUALIDADE.COM.BR/2013/03/SEG-RESOLUCAO-DE-PROBLEMAS-POR-MEIODA.HTML](http://www.totalqualidade.com.br/2013/03/seg-resolucao-de-problemas-por-meioda.html)>. ACESSO EM: 10 DE DEZEMBRO DE 2013.

GIAGI, CONSULTORES EM GESTÃO INDUSTRIAL. ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DA PRODUÇÃO. MANUAL FORMANDO. POEFDS. 2005. DISPONÍVEL EM: <[WWW.GIAGI.PT/\\_DOWNLOADFILEB.ASP?ID=2&T=1](http://www.giagi.pt/_downloadfileb.asp?id=2&t=1)>. ACESSO EM: 30 DE JANEIRO DE 2017.

GONZALEZ, RODRIGO V. D.; MARTINS, MANOEL F. MELHORIA CONTÍNUA NO AMBIENTE ISO 9001:2000: ESTUDO DE CASO EM DUAS EMPRESAS DO SETOR AUTOMOBILÍSTICO. SÃO PAULO.

PINTO, JOÃO PAULO. LEAN THINKING: INTRODUÇÃO AO PENSAMENTO MAGRO. COMUNIDADE LEAN THINKING. 2008. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://MOLAR.CRB.UCP.PT/CURSOS/2%C2%BA%20CICLO%20-%20MESTRADOS/GEST%C3%A3o/2009-11/QTGO\\_0911/ARTIGOS/PENSAMENTO%20MAGRO/INTRODU%C3%A7%C3%A3o%20ao%20PENSAMENTO%20MAGRO.PDF](http://molar.crb.ucp.pt/cursos/2%C2%BA%20CICLO%20-%20MESTRADOS/GEST%C3%A3o/2009-11/QTGO_0911/ARTIGOS/PENSAMENTO%20MAGRO/INTRODU%C3%A7%C3%A3o%20ao%20PENSAMENTO%20MAGRO.PDF)>. ACESSO EM: 14 DE NOVEMBRO DE 2016.

REVISTA PRODUÇÃO. VOL. 17, Nº. 3, 2007. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.SCIELO.BR/SCIELO.PHP?SCRIPT=SCI\\_ARTTEXT&PID=S0103-65132007000300014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132007000300014)>. ACESSO EM: 22 DE DEZEMBRO DE 2016.

KAIZEN INSTITUTE. STANDARDIZATION. GLOBAL LEADER & PIONEER IN KAIZEN/LEAN/OPERATIONAL EXCELLENCE DOMAIN. 2013. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://KAIZENINSTITUTEINDIA.WORDPRESS.COM/2013/12/05/STANDARDIZATION/](https://kaizeninstituteindia.wordpress.com/2013/12/05/standardization/)> ACESSO EM: 30 DE JANEIRO DE 2017.

LEAN INSTITUTE BRASIL. DEFINIÇÃO DE LEAN THINKING, 2016. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.LEAN.ORG.BR/O\\_QUE\\_E.ASPX](http://www.lean.org.br/o_que_e.aspx)>. ACESSO EM: 23 DE DEZEMBRO DE 2016.

PEINADO, JURANDIR; GRAEML, ALEXANDRE REIS. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO: OPERAÇÕES INDUSTRIAIS E DE SERVIÇOS. CURITIBA: UNICENP, 2007. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://ISSUU.COM/JURANDIR\\_PEINADO/DOCS/LIVRO2FOLHAS/360](http://issuu.com/jurandir_peinado/docs/livro2folhas/360)>. ACESSO EM: 10 DE NOVEMBRO DE 2016.

PORTUGAL GLOBAL. INDÚSTRIA AUTOMÓVEL E COMPONENTES - REVISTA AICEP PORTUGAL GLOBAL, 2016. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.PORTUGALGLOBAL.PT/PT/REVISTA/PORTUGALGLOBAL/2016/DOCUMENTS/PORTUGALGLOBAL\\_N87.PDF](http://www.portugalglobal.pt/PT/REVISTA/PORTUGALGLOBAL/2016/DOCUMENTS/PORTUGALGLOBAL_N87.PDF)>. ACESSO EM: 15 DE DEZEMBRO DE 2016.

ROCHA, LAÍS L.; COLTRO, JISLAINE F. C.; TAKAHASHI, ADRIANA R. W.; GUERREIRO, KAREN M. S.; SHIBUYA, THALITA T. J. GESTÃO DA QUALIDADE ATRAVÉS DA METODOLOGIA QRQC: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO. REVISTA QUALIDADE EMERGENTE. V.3 N.1. PG. 42-55, 2012. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://REVISTAS.UFPR.BR/QUALIDADE/ARTICLE/VIEW/27550/18347](http://revistas.ufpr.br/qualidade/article/view/27550/18347)>. ACESSO EM: 9 DE DEZEMBRO DE 2016.

WHITEPAPER, IDHAMMAR. IMPLEMENTING OEE SYSTEMS: DELIVERING ON THE PROMISE: BEST PRACTICES FOR CONTINUOUS IMPROVEMENT. COPYRIGHT IDHAMMAR SYSTEMS LTD., 2010. DISPONÍVEL EM: <[HTTP://WWW.IDHAMMARSYSTEMS.COM/CUSTOM-CONTENT/UPLOADS/2013/12/IDHAMMAR\\_OEE\\_BEST-PRACTICE-IMPLEMENTATION\\_WHITEPAPER.PDF](http://www.idhammarsystems.com/custom-content/uploads/2013/12/IDHAMMAR_OEE_BEST-PRACTICE-IMPLEMENTATION_WHITEPAPER.PDF)> ACESSO EM: 02 DE FEVEREIRO DE 2017.

WOMACK, JAMES P., AND JONES, DANIEL T. LEAN THINKING: BANISH WASTE AND CREATE WEALTH IN YOUR CORPORATION. SECOND EDITION. NEW YORK, EUA, 2003. ISBN 0-7432-4927-5.

# ANEXOS

6.1 ANEXO A – ARTIGO PUBLICADO NO MESIC 2017

6.2 ANEXO B – POSTER APRESENTADO NO MESIC 2017



## 6 ANEXOS

Seção de apresentação dos anexos descritos na dissertação.

### 6.1 ANEXO A – ARTIGO PUBLICADO NO MESIC 2017

#### **Standardization and Optimization of an Automotive Components Production Line**

Isadora Carolina Antonioli<sup>(1)</sup>, Pedro Guariente<sup>(1)</sup>, Teresa Pereira<sup>(1,2)</sup>, Luís Pinto Ferreira<sup>(1)</sup>, F. J. G. Silva<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Portugal

<sup>(2)</sup>CIDEM, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, nº431, 4200-072, Porto, Portugal  
(isadora\_antonioli@hotmail.com; pedroguariente@hotmail.com;  
mtp@isep.ipp.pt; lpf@isep.ipp.pt; fgs@isep.ipp.pt)

#### **ABSTRACT**

Supported by the concepts and definitions of Standard Work methodology, which underpins Lean Thinking philosophy and Kaizen, the study described in this article was developed at a company in the automotive sector, more specifically directed at a production line manufacturing components for air-conditioning systems. The main objectives were to standardize operations, decrease or eliminate the number of activities those are not generating added-value, enhance productivity and associate continuous improvement actions to the processes at hand in order to eliminate waste. After the implementation of a few simple changes - the standardization of operations, adjustments and allocations of workstations – one was able to tailor the production objectives and cycle times to the line's capacity. The productivity and efficiency of both machines and workers was also increased. Due to the elimination of waste and generation of value, from the customer's perspective, one was able to raise the OEE (Overall Equipment Effectiveness) general average by 16%, from 70% to 86%.

**Keywords:** Automotive parts, lean thinking, kaizen, standard work, optimization, waste.

#### **1. Introduction**

The heightened growth of globalization over the last years has clearly intensified the competitive nature of companies worldwide [1]. In this context, and in order to maintain their position in the market, industries in the automotive sector have sought alternative measures so as to ensure a position of prominence regarding the competition, and thus gain greater customer share [2]. Within this framework, companies have to consider greater investment in resources as a priority if they wish to enhance competitiveness in such an important business sector [3]. The factors that must be addressed include: greater capacity, innovation in procedures, quality, delivery times and qualified manpower. This set of parameters, as well as a need for rapid delivery of goods to the

consumer, tends to influence the requirements of market demand [4]. In this industrial context, it is thus imperative to implement methods whose will boost available capacity, increase the daily production lines productivity, as well as contribute to the greater efficiency of machines and their operators [5]. One of the techniques which are commonly used to address these issues is Standard Work methodology, which forms the basis of the philosophies of Lean Thinking and Kaizen [6, 7].

The study described in this article was undertaken at a company focused on the production of car air-conditioning systems. The main objectives were to standardize operations, increase the number of value-adding activities, enhance productivity and associate continuous improvement actions to the processes involved so that waste can be eliminated. The study consists of five sections. The introduction of the characteristics pertaining to the automotive component sector is defined in section 1. A review of literature, presented in section 2, is related to the description of the concepts inherent to the methodologies of Standard Work, Lean Thinking, Kaizen and OEE. Section 3 deals with the methodology used in the development and application of the study. Section 4 presents the found problems, as well as the proposals for improvements and the results obtained through the implementation of the suggested plans. Finally, section 5 consists of the conclusions and describes how the study contributed favorably to operations at this automotive sector company.

## 2. Literature Review

The expression “Lean Thinking” is described as an extension of the Toyota Production System [8]. This tool associates practices of constant improvement to the process, by eliminating waste from activities whose are considered by the customer to possess no added value [9]. In a more generalized context, the aim of implementing this methodology in the everyday companies’ activities is addressing problems in a quick and efficient manner. However, all the employees should be involved in implementing activities, exchanging information, as well as rapidly identifying problems on the line [10]. In order to support decision-making in the organizations’ production environments, some Lean-Thinking principles were created. These are based on the elimination of waste and on the definition of the “value” concept, as determined by the customer, establishing whose are the most important activities [11]. It is thus possible to organize the system so that it only manufactures what was ordered by the customer, which sidesteps the issue of great quantities of raw material in stock [1]. There is, furthermore, an awareness of the perfection concept, the search for constant improvement in the system, so that the waste that hampers the operation of lines in the productive area must be eliminated [9]. Finally, in addition to these parameters, one can include the importance of standardizing activities; to do so, the worker is required to apply the most suitable method for the execution of the operation at hand [12]. Although this concept is not new, Lean tools have been subjected to profound adaptations in order to meet the real companies’ contexts. As a result, new definitions

have emerged to address environmental and ecological responsibilities, which have been included in industrial culture and thus meet the real market, as well as the values those customers consider to be a priority [13]. In this context, and in their search for the achievement of better results, many companies are incorporating Lean tools in their practices as a means to manage processes more suitably [4]. In order to do so, production systems must be evaluated during the process of continuous improvement. This is done through the use of kaizen, a philosophy which implies boosting organizational efficiency and carrying out improvements whose are quick, simple and cost effective [14]. Its purpose is to translate improvement into a benefit by identifying bottlenecks and waste in the system. The most important factors include analyzing the real impact of the change that the applications may cause on the process. These might include issues such as how to motivate workers to implement suggestions, and ways to promote new proposals for the improvement of the environment in context [15]. Another tool in the productive context is the methodology of standard work, which aims to standardize the sequence and execution of activities at each workstation. This ensures that procedures are carried out in the same way, regardless of the employee involved [6]. However, before this can be undertaken, the line must be balanced: operations at each workstation must be distributed to ensure balanced times of availability and smooth productive flow, thus meeting required demand [16]. Standard work is considered to constitute one of the most important aspects of Lean Thinking; it is for this reason that both methodologies have been used very frequently in the area of automotive component manufacture. This sector has gained increasing prominence on the market due to the high quality of its products, which constitute the result of process standardization and applications to ensure continuous improvement [7]. Lastly, and in order to measure the real parameters of the productive environment, Overall Equipment Effectiveness (OEE) was created to identify the real root of the problems. This is applied to each situation where loss or waste is detected, whether related to machines, people or equipment [17]. In order to calculate OEE, one must identify the three main aspects of efficiency that this indicator refers to, through the sum product of availability, performance and quality: availability encompasses equipment operation time; performance relates to the speed of production or the productive rate; and quality indicates the percentage of defective components in total production [18]. Thus, if one is to achieve optimal OEE, the index must reach attain an average value of at least 86%. This concept can aid in the definition of the real available capacity to meet consumer demand [19].

### **3. Methodology**

This study adopted a methodology which was divided into five main stages. In the first stage, one collected information from scientific articles and books published, which pertain to the issues included in the study. A coherent review of literature dealing with analysis tools was thus assembled with the purpose of supporting empirical

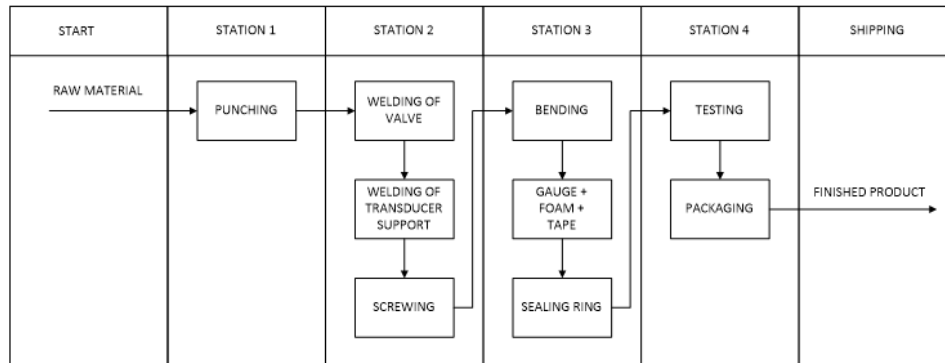
investigation. The second stage was initiated by means of observation, as well as the mapping of the productive process and definition of the current production objectives. After obtaining an understanding about the system, one then proceeded with the third stage, where one identified the critical points, waste and the difficulties experienced in implementing the Lean Thinking tool. It was also during this stage that one recorded the tasks executed and carried out the measurement of times for each workstation so that the real potential for change could be identified. In the fourth stage – the implementation of continuous improvement tools, Kaizen and Standard Work – one was able to standardize operations and cycle times, reduce waste and increase the system's productivity. Finally, in the fifth stage, and by resorting to the OEE efficiency index, one compared initial data with the data collected after the tools had been applied, aiming by this way to demonstrate the results and benefits of the implementation for the concerned company.

#### **4. Analysis and Optimisation of a Productive Line for the Manufacture of Air-Conditioning Tubes**

The assembly line on which the study was undertaken is operated by four employees, who work on four shifts (A, B, C e D) for a 12-hour time period. The different stages in the productive process are divided amongst the workers on each shift. The production cell studied transforms raw material into the finished product, and depends directly on the previous processes: metal cutting, inserting components on the tubing top and bottom sections, and material cleaning. Since the production system depends on the placed orders, the air-conditioning tubes only arrive to the line after a customer request, which is executed by an integrated internal program used by the company. Due to a real need for inspection on this line, the process was duly analyzed, and the improvements whose had been identified by the production manager were implemented.

##### **4.1 Processes mapping**

In order to begin the application of the stages contemplated by this study, one was required to gain a good grasp of the productive environment and identify some of the process particular features. Initially, the line subjected to study had a production objective of 84 parts/hour, with a total cycle time of approximately 43 seconds when operated by four workers, reaching a weekly production of 12936 parts. One should, however, point out that these values do not represent the real context; they were basically defined by using a reference for another similar production cell and, as such, no specific study had been carried out previously. To this end, a concentrated effort was made to tailor parameters to address the real situation, thus enhancing the efficiency, productivity and capacity of the cell in question. In order to facilitate the visualization of the productive process, one set up Figure 1 to represent the production stages, during which the raw material is transformed into the finished product.



**Figure 1.** Flowchart of the line's productive process

The production process is described considering raw material already supplied to the production line. The first station is responsible for the punching of the valve. The second operator welds the components and places the valve mechanism on the screwing machine. The third station then bends the tubes on the bending machine, checks the gauge of each part, places the tape and foam on the spot designated on the tube by the technical sheet, and inserts a sealing ring on the female flange. Finally, the last worker carries out a hydrogen test in the booth to check for leakage and to ensure the overall quality of the part. At the end of the process, the finished product is packaged and shipped to the customer in accordance with the request previously placed.

#### 4.2 Problems Identification/opportunities for improvement

Based on the process analysis presented in Figure 58, one was able to identify the main difficulties observed during the production flow. This was undertaken through observation and interviews with the workers. Table I presents a detailed description of the detected problems on the studied assembly line. It is important to point out that the initially established production objective was higher than the line's available capacity and customer demand, which was only about 9 000 parts per week.

**Table I.** Description of problems identified

Problems	Description
Excessive movement	Lack of standardization in operations over the four shifts.
Line balancing	Workstations were not balanced, different times.
Low efficiency	Low efficiency, since the currently established objective is not reached (approximately 70%).
Lack of capacity	Incapable of meeting the current objective.
Demand and Objective	Failure to match the established objective with customer demand.
Displacements	Long and unnecessary distances covered between workstations
Non-cyclical operations	Non-cyclical activities such as line output, supply to the workstation and displacements between stations were not considered when defining the initial objective.
Bottleneck station	Excessively long times required to bend each tube, about 90 seconds.
Gauge + Tape + Foam	The worker must always consult the technical sheet for each part before placing the tape and foam.

After undertaking a survey of the main problems, one proceeded with intervention on the production cell with the purpose of enhancing the system. This involved evaluating which resources were required, standardizing operations and adjusting production flow between workstations. The objective was to reevaluate process times so that activities could be divided in a balanced and uniform manner, thus meeting the objective and addressing customer demands.

#### 4.3 Proposed solution

When the problems had been identified, one was then able to present possible opportunities for improvement, which would increase the productivity and efficiency of the production system being analyzed. Table II presents a detailed description of the main suggestions of implementation for the air-conditioning line of a company in the automotive sector.

**Table II. Description of opportunities for improvement**

<b>Problems</b>	<b>Improvement Opportunity</b>
Excessive movement	Standardize operations over the four shifts by using <i>standard work methodology</i> .
Line balancing	Redistribute operations and balance times for each workstation.
Low efficiency	Adjust the objectives and operation times to match the line's actual reality.
Lack of capacity	Calculate capacity in accordance with the line's new real objective.
Demand and Objective	Define an objective to meet customer demand, taking the line's available capacity into account.
Displacements	Bring stations closer and improve the reorganization of activities.
Non-cyclical operations	Consider non-cyclical activities such as line output, supply to the station and displacements between stations.
Bottleneck station	Reallocate another bending machine to speed up times on the line's critical station.
Gauge + Tape + Foam	Mark the verification gauge on the bends where the tape and foam will be inserted to comply with the technical sheet, thus making the operator's checking activity easier.

From the description of the improvement opportunities identified, one drew up Table III with a definition of the standard work required for each workstation in the process. This tool was chosen because it helps to reduce the difference in each work shift's operation times. It also contributes to the standardization of methods relating to how parts are inserted, positioned and removed from each machine. This ensures quality and establishes the most suitable sequence in the process, from the initial raw material supply stage to the line where its transformation into a finished product occurs, being then shipped to the end customer.

**Table III.** Description of the standard work method for each operation

<b>Workstation</b>	<b>Standard Work Method Defined</b>
Punching	Take the tube from the box, position it on the gripping devices above and below. Close the clamp in the first tower. Execute the activities of punching, boring and attaching the transducer support. Keep pressing the <i>start</i> button during this process and lower the stopper knob for each of the three operations. Release the clamp in the first tower and simultaneously close the second one. Repeat the process to place the valve. Open the clamp in the second tower. Remove the tube. Check the perpendicularity of the components and place the tube on the rail.
Welding of Valve	Remove the tube from the rail. Place it on the gripping device. Place the valve perpendicularly, lower the welding guide and press the <i>start</i> button to begin the cycle. After completing the required welding time, raise the welding guide. Remove the tube. Check welding quality and place the tube on the rail.
Welding of Transducer Support	Remove the tube from the rail. Press the gripping device. Put the transducer holder at a perpendicular angle, lower the welding guide and press the <i>start</i> button to begin the cycle. After completing the required welding time, raise the welding guide. Remove the tube. Check welding quality and place the tube on the rail.
Screwing	Remove the tube from the rail. Press the gripping device on the screwing machine. Wait for valve lubrication cycle. Take the shell from the case and put it on the clamping device. Wait for the machine to screw the tube on the valve. Remove the tube from the gripping device. Check that the shell is in the right place and put the tube on the rail.
Bending	Remove the tube from the rail. Place it horizontally on the bending machine. Press the button so that the clamp on the machine grips the tube. Press the <i>start</i> button for the machine to begin the cycle. After the tube has been bent, press the button to release the clamp holding the tube. Remove the tube from the machine and place it on the verification gauge.
Gauge + Tape + Foam	Once the tube has been fitted on the gauge towers and the ends closed, remove the transducer from the box, lubricate it and screw it on the transducer holder, aligning the component at a 90-degree angle. Simultaneously, move the valve toggles and transducer to check geometry. Take the foam and insert it on the spot which has now been marked directly on the gauge. Take a strip of tape and set one end on the second spot marked by the gauge. Remove the tube and finish placing the tape.
Sealing Ring	Fit the male flange of the tube on the tip holding the sealing rings. Check the tube diameter and pull the ring up to the groove at the end of the tube.
Testing	Remove the tube from the rail. Place it on the transducer gripping device. Tighten it to torque with the wrench. Fit the tube in the test table towers. Close the two ends of the guiding devices. Close the clamps on the valve, transducer and foam, respectively. Press the <i>start</i> button for the machine to begin the cycle. After completing the test, simultaneously release the clamps on the valve and foam. Release the clamp on the transducer. Remove the tubes from the guides and table tower to proceed with packaging.
Packaging	Take the tube and the first plug, check the fitting on the end of the male flange and insert the plug. Take the second plug and thread it onto the valve. Take the third plug, check the second fitting on the end of the female flange and insert the plug. Remove the label for the tube from the printer and stick it onto the tube, on the right side of the valve. Place the finished and checked tube in the container for shipping.

The work methods described in Table III considered operations individually. However, during the cycle, the activities were interconnected so that the operator did not have to wait for the machine. This definition made it easier to analyze each workstation so as to better describe the process during the production flow.

#### 4.4 Analysis of results obtained

In order to analyze the results initially obtained, Table IV presents a comparison of the times spent for each operation regarding previous situation and after standard work was implemented. The longest time periods for each operation measured on the four work shifts (A, B, C e D), were used as a basis of comparison for the first analysis (previous). The new times were subsequently measured in the second analysis, after standard work was implemented to the activities executed at each work station (after).

**Table IV.** Comparison of times before and after the standard work method was applied

Operations	Workstation	1 <sup>st</sup> Analysis (Before)	Workstation	2 <sup>nd</sup> Analysis (After)
		Longest Operation Times on Shifts A, B, C, D (Seconds)		Standard Operation Times (Seconds)
Punching	1	29,3	1	25,7
Welding of Valve	1	13,6	1	10,2
Welding of Transducer Support	2	13,9	1	10,8
Screwing	2	22,4	2	16,9
Bending	3	17,8	2	10,7
Gauge + Tape + Foam	3	33,7	2	27,8
Sealing Ring	3	4,2	3	2,7
Testing	4	19,6	3	16,8
Packaging	4	18,9	3	17,2
<i>Displacement + Supply</i>	1	<i>4,8 + 1,7</i>	1	<i>3,1 + 1,5</i>
<i>Displacement + Supply</i>	2	<i>4,8 + 1,7</i>	2	<i>3,1 + 1,5</i>
<i>Displacement + Supply</i>	3	<i>7,1 + 1,7</i>	3	<i>4,3 + 1,5</i>
<i>Displacement + Supply</i>	4	<i>2,2 + 1,7</i>	-	<i>0,0</i>
Total	4	199,1	3	153,8
Cycle Time	-	64,5	-	60,0

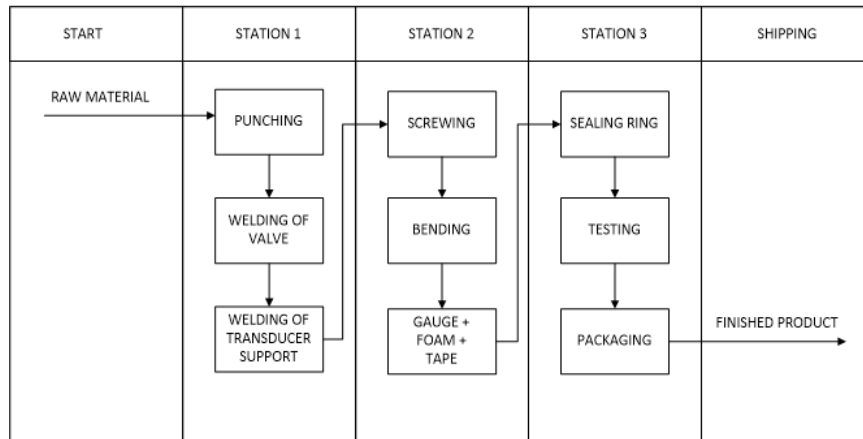
As can be observed on Table IV, the number of operations remained the same. Yet, in order to analyze the context before and after the application of standard work, one had to consider displacement and supply to the line. This allowed for the calculation of production objectives and process cycle times. In the first analysis, time was defined by using another production cell as a reference, without considering the real context of the system. However, after the operation times were collected, and before any improvements were implemented, the time for the real cycle - representing bottleneck between operations – was observed at station 3 with a total of 64,5 seconds and not 43 seconds (as referred in section 4.1). During the second analysis, cycle time was set at 60 seconds, which represents station 2 with the highest sum for operation times. The difference between the two analyses is that four workers were initially required to carry out operations. After planning, only 3 workers are now necessary to divide activities across the stations. Finally, after defining the standard methods for each station and introducing a second bending machine, one established that the new time was set at 153,8 seconds. There is, thus, a difference of 45,3 seconds when compared to the total time measured in the first analysis.

After implementing the improvement actions proposed by the study, one can then observe (see Table V) a great increase in OEE in the first 14 weeks of the year 2017. This efficiency indicator considered: planned time and measured time as the basis to calculate availability; the relation between measured time and theoretical time to calculate performance; and, lastly, the quantity of parts produced and rejected to establish quality. Line stoppages were also taken into account, since the value for measured time can be obtained from the difference when comparing this to planned time. With regard to OEE percentages, the first five weeks in the year 2017 (see Table V) represent the observations undertaken at the beginning of the study. The values were rather low due to line conditions, lack of organization and an inadequate parameters definition. The time period between weeks 6 and 9 was established as the stage when one would carry out an analysis of the suggested improvements implementation, as well as verify the performance of the productive environment. Positive results began to emerge from week 10 onwards, when OEE had already reached a percentage of over 80%. When considering the first 5 weeks, the percentage average for OEE was situated at approximately 70%. This low rate of efficiency is justified by the fact that the line was operating below real average production levels. However, during weeks 10 to 14, and after the period when improvements were implemented and workstations standardized, the average OEE efficiency increased by 16%, reaching an overall average of 86%.

**Table V. Analysis of the OEE efficiency indicator development**

Weeks	1 <sup>st</sup> Analysis (Before)					2 <sup>nd</sup> Analysis (After)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Planned time (Seconds)	144	154	154	154	165					155	165	165	163	165
Stoppages (Seconds)	15,7	22,9	16,4	11,7	9,1					4,3	6,3	6,01	5,12	11,9
Measured Time (Seconds)	128,3	131,1	137,6	142,3	155,9					150,7	158,7	158,99	157,88	153,1
Theoretical Time (Seconds)	102,7	108,6	112,2	125,8	114,4					134,7	148,6	147,59	145,86	148,7
Rejected Quantity (Parts)	259	246	223	325	200					170	400	185	225	180
Produced Quantity (Parts)	5270	5500	6057	5955	5510					4335	7080	7050	7112	7454
Availability (A)	89%	85%	89%	92%	94%					97%	96%	96%	97%	93%
Performance (P)	80%	83%	82%	88%	73%					89%	94%	93%	92%	97%
Quality (Q)	95%	96%	96%	95%	96%					96%	94%	97%	97%	98%
OEE (%) = A x P x Q	68%	68%	70%	77%	66%					83%	85%	87%	87%	88%
Period Average (%)			70%									86%		

Following the changes introduction, the new production flow was reordered, as can be seen in Figure 2. The new activities' division allowed one to improve the production system balance, reduce manpower costs, and speed up the process by acquiring a new bending machine. One also adjusted the objectives, capacity, productivity and efficiency to meet the real context of the process.



**Figure 2.** New flowchart for the process

Once the system was restructured to address real line requirements and customer demand, one was able to define a new production objective of 60 parts/hour, with a total cycle time of 60 seconds (see Table IV). Due to this objective, the number of workers was reduced and production is now set at 9240 parts per week. Operations are currently divided across three workstations, which has allowed for a reduction in manpower costs or the reallocation of the fourth worker to another sector in the company.

## 5. Conclusions

Focusing on a production line which manufactures components for car air-conditioning systems, the purpose of this study was to optimize the process through the implementation of simple improvement suggestions to hone the system's operation. In order to reach the expected results, one eliminated waste and obstacles. In addition, activities were balanced and levelled out with each other, so that workstations presented similar execution times. The variables for supply and displacement were also considered in the process analysis. The implementation of a new bending machine enabled workstation 2 to manufacture two pieces at a time (one on each machine) during production cycle time. The standardization of the operation methods resulted in a reduction in the number of workers required, from 4 to 3. It also minimized discrepancies in the time needed for activities to be executed over the different shifts. Moreover, displacements were reduced by shortening the distance between operations on the line studied and, lastly, the objectives were adjusted to the real capacity and availability of the production environment in question. By resorting to simple adjustments in the real process, this development project allowed for an OEE increase of 16% in the line's overall efficiency average. Solutions were thus found for the problems encountered on the cell: a correct distribution of line requirements was established in order to meet customer demand; waste was also minimized since there were no longer great quantities of end product stocks in the warehouse. These


implementations formed the basis of a transversal application of similar adjustments to other lines at the factory. In general terms, the performance of this Lean tool demonstrated its important role in the achievement of results and contribution to the development of the system.

## 6. References

- [1] Norami Nordin, Bada Md Deros e Dzuraidah Abd Wahab. A Survey on Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Industry, *International Journal of Innovation, Management and Technology*, Vol. 1, No. 4, 2010. ISSN 2010-0248.
- [2] D. A. Elkins, N. Huang, and J. M. Alden. Agile Manufacturing Systems in the Automotive Industry. vol. 91, pp. 201–214, 2004.
- [3] Carpanzano E., Jovane F. Advanced Automation Solutions for Future Adaptive Factories Institute of Industrial Technologies and Automation, National Research Council, Milan, Italy. Elsevier. *Annals of the CIRP* Vol. 56/1/2007.
- [4] Cardono, Rafaela da Rosa; Lima, Edson Pinheiro; Costa, Sergio E. Identifying Organizational Requirements for the Implementation of Advanced Manufacturing Technologies (AMT). *Journal of Manufacturing Systems*. Elsevier, 2012.
- [5] B. Suresh Kumar and S. Syath Abuthakeer. Implementation of Lean Tools and Techniques in an Automotive Industry. *J. Appl. Sci.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [6] Kaizen Institute. Standardization. Global Leader & Pioneer in Kaizen/Lean/Operation Excellence Domain, 2013.
- [7] Mehmet C Kocakülâh, Jason F Brown and Joshua W Thomson. Lean Manufacturing Principles and their Application. *Cost Management*, 2008; 22, 3; ABI/INFORM Global.
- [8] Spear, Steven and Bowen, Kent H. Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, September–October 1999.
- [9] Melton, T. The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Institution of Chemical Engineers Trans IChemE, Part A*, June 2005.
- [10] Muslimen, Rasli; Yusof, Sha’ri Mohd; Abidin, Ana Sakura Zainal. Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Components Manufacturer: A Case Study. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Vol I WCE, London, U.K. 2011.
- [11] Womack, James P., and Jones, Daniel T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Second Edition. New York, EUA, 2003. ISBN 0-7432-4927-5.
- [12] Chryssolouris, G., Papakostas N., Mavrikios, D. A perspective on Manufacturing Strategy: Produce more with less. *Laboratory for Manufacturing Systems and Automation*, University of Patras, 26500 Patras, Greece. Elsevier, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 1, 2008.
- [13] Hajmohammad, Sara; Vachon, Stephan; Klassen, Robert D.; Gabronski. Lean Management and Supply Management: Their Role in Green Practices and Performance. Elsevier Ltd. *Journal of Cleaner Production* 39, pág. 312 – 320, 2013.

- [14] M. C. Kocakülâh, J. F. Brown, and J. W. Thomson. Lean Manufacturing Principles and their Application. Cost Manag., 2008.
- [15] Liker, Jeffrey K. O modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do maior Fabricante do Mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005. ISBN: 85-363-0495-2.
- [16] Pinto, J. P. Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras. 3a ed. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, 2009. ISBN 9789727576463.
- [17] Mwanzaa, Bupe. G. & Mbohwa, Charles. Design of a Total Productive Maintenance Model for Effective Implementation: Case study of a Chemical Manufacturing Company. Industrial Engineering and Service Science, Elsevier, Procedia Manufacturing 4, pág. 461 – 470, IESS, 2015.
- [18] Hedman, Richard; Subramaniyan, Mukund e Almström, Peter. Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE. 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2016.
- [19] Whitepaper, Idhammar. Implementing OEE Systems: Delivering on the Promise: Best Practices for Continuous Improvement. Copyright Idhammar Systems Ltd., 2010.

6.2 ANEXO B – POSTER APRESENTADO NO MESIC 2017




# 7<sup>th</sup> MANUFACTURING ENGINEERING SOCIETY INTERNATIONAL CONFERENCE

TRANSFORMING KNOWLEDGE TOWARDS MANUFACTURING 4.0


## Standardization and Optimization of an Automotive Components Production Line

Isadora Carolina Antonioli<sup>(1)</sup>, Pedro Guariente<sup>(1)</sup>, Teresa Pereira<sup>(1,2)</sup>, Luís Pinto Ferreira<sup>(1)</sup>, F. J. G. Silva<sup>(1)</sup>



Instituto Superior de Engenharia do Porto

(1)Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Portugal  
(2)CIDEM, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, nº431, 4200-072, Porto, Portugal  
(isadora\_antonioli@hotmail.com; pedroguariente@hotmail.com; mtp@isep.ipp.pt; lpf@isep.ipp.pt; fgs@isep.ipp.pt)



Instituto Superior de Engenharia do Porto

### INTRODUCTION

The study was undertaken at a company focused on the production of car air-conditioning systems.

### OBJECTIVES

- ✓ Standardize operations;
- ✓ Decrease or eliminate the number of activities those are not generating added-value;
- ✓ Enhance productivity;
- ✓ Associate continuous improvement actions to the processes in order to eliminate waste.

### STANDARD WORK METHOD

Workstation	Standard Work Method Defined
Punching	Take the tube from the box, position it on the gripping devices above and below. Close the clamp in the first tower. Execute the activities of punching, boring and attaching the transducer support. Keep pressing the start button during this process and lower the stopper knob for each of the three operations. Release the clamp in the first tower and simultaneously close the second one. Repeat the process to place the valve. Open the clamp in the second tower. Remove the tube. Check the perpendicularity of the components and place the tube on the rail.
Welding of Valve	Remove the tube from the rail. Place it on the gripping device. Place the valve perpendicularly, lower the welding guide and press the start button to begin the cycle. After completing the required welding time, raise the welding guide. Remove the tube. Check welding quality and place the tube on the rail.
Welding of Transducer Support	Remove the tube from the rail. Press the gripping device. Put the transducer holder at a perpendicular angle, lower the welding guide and press the start button to begin the cycle. After completing the required welding time, raise the welding guide. Remove the tube. Check welding quality and place the tube on the rail.
Screwing	Remove the tube from the rail. Place it horizontally on the bending machine. Press the button so that the clamp on the machine grips the tube. Press the start button for the machine to begin the cycle. After the tube has been bent, press the button to release the clamp holding the tube. Remove the tube from the machine and place it on the verification gauge.
Bending	Once the tube has been fitted on the gauge towers and the ends closed, remove the transducer from the box, lubricate it and screw it on the transducer holder, aligning the component at a 90-degree angle. Simultaneously, move the valve toggles and transducer to check geometry. Take the foam and insert it on the spot which has now been marked directly on the gauge. Take a strip of tape and set one end on the second spot marked by the gauge. Remove the tube and finish placing the tape.
Gauge + Tape + Foam	Fit the male flange of the tube on the top holding the sealing rings. Check the tube diameter and pull the ring up to the groove at the end of the tube.
Sealing Ring	Remove the tube from the rail. Place it on the transducer gripping device. Tighten it to torque with the wrench. Fit the tube in the test table towers. Close the two ends of the guiding devices. Close the clamps on the valve, transducer and foam respectively. Press the start button for the machine to begin the cycle. After completing the test, simultaneously release the clamps on the valve and foam. Remove the tube from the transducer. Remove the tubes from the guides and table tower to proceed with packaging.
Testing	Take the tube and the first plug, check the fitting on the end of the male flange and insert the plug. Take the second plug and thread it onto the valve. Take the third plug, check the second fitting on the end of the female flange and insert the plug. Remove the label for the tube from the printer and stick it onto the tube, on the right side of the valve. Place the finished and checked tube in the container for shipping.
Packaging	

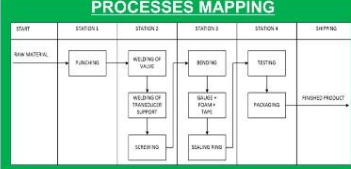
### METHODOLOGY

- ✓ Mapping of the productive process;
- ✓ Identified the critical points, waste and the difficulties of the process;
- ✓ Proposed solution with the implementation of continuous improvement tools, Kaizen and Standard Work;
- ✓ Analysis of results obtained with the OEE efficiency index.

### COMPARISON OF TIMES BEFORE AND AFTER THE STANDARD WORK METHOD WAS APPLIED

Operations	Station	1 <sup>st</sup> Analysis (Before)				2 <sup>nd</sup> Analysis (After)			
		Longest Operation Times on Shifts A, B, C, D (Seconds)				Standard Operation Times (Seconds)			
Punching	1	23.9	1	25.7	1	10.2	1	10.2	
Welding of Valve	1	13.8	1	13.8	1	10.8	1	10.8	
Welding of Transducer Support	2	22.4	2	16.9	2	16.9	2	16.9	
Screwing	3	17.8	2	10.7	2	10.7	2	10.7	
Bending	3	33.7	2	27.8	2	27.8	2	27.8	
Gauge + Tape + Foam	3	4.2	3	2.7	3	2.7	3	2.7	
Testing	4	19.0	3	16.8	3	16.8	3	16.8	
Packaging	4	18.9	3	17.2	3	17.2	3	17.2	
Displacement + Supply	1	4.8 + 1.7	1	3.1 + 1.5	1	3.1 + 1.5	1	3.1 + 1.5	
Displacement + Supply	2	4.8 + 1.7	2	3.1 + 1.5	2	3.1 + 1.5	2	3.1 + 1.5	
Displacement + Supply	3	7.1 + 1.7	3	4.3 + 1.5	3	4.3 + 1.5	3	4.3 + 1.5	
Displacement + Supply	4	2.2 + 1.7	4	0.0	4	0.0	4	0.0	
Total	4	199.1	3	153.8	3	153.8	3	153.8	
Cycle Time	-	64.5	-	60.0	-	60.0	-	60.0	

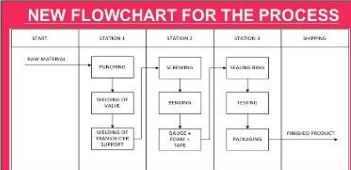
### PROCESSES MAPPING



### ANALYSIS OF THE OEE EFFICIENCY INDICATOR DEVELOPMENT

Weeks	1 <sup>st</sup> Analysis (Before)										2 <sup>nd</sup> Analysis (After)			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Availability (A)	89%	85%	89%	92%	94%	91%	96%	96%	94%	97%	96%	96%	97%	95%
Performance (P)	80%	83%	82%	83%	73%	88%	84%	93%	92%	97%	94%	93%	92%	97%
Quality (Q)	95%	96%	96%	95%	96%	96%	94%	97%	97%	98%	97%	97%	97%	98%
OEE (%) = A x P x Q	68%	68%	70%	77%	66%	83%	85%	87%	87%	88%	87%	87%	87%	88%
Period Average (%)	70%													

### NEW FLOWCHART FOR THE PROCESS



### GERAL DATA/ OBSERVATIONS

- ✓ 4 employees in four shifts for a 12-hour time period.
- ✓ Initial data: Objective = 84 parts/hour. Cycle time = 43 seconds (4 operators). Production = 12936 parts.
- ✓ 1<sup>st</sup> Analysis (Defined by using another production cell as reference): Objective = 55 parts/hour. Cycle time = 64,5 seconds (4 operators). Production = 12 936 parts.
- ✓ Real demand = 9000 parts.
- ✓ 2<sup>nd</sup> Analysis (After application of standard work): Objective = 60 parts/hour. Cycle time = 60 seconds (3 operators). Production = 9240 parts.
- ✓ Number of operations remained the same, but the difference is at the number of works necessary.
- ✓ The new activities' division allowed one to improve the production system balance, reduce manpower costs, and speed up the process. One also adjusted the objectives, capacity, productivity and efficiency to meet the real context of the process.
- ✓ Analysis of OEE in the first 14 weeks of 2017.
- ✓ The time period between weeks 6 and 9 was established as the stage when one would carry out an analysis of the suggested improvements implementation.
- ✓ When considering the first 5 weeks, the percentage average for OEE was situated at approximately 70%.
- ✓ After the period when improvements were implemented and workstations standardized, the average OEE efficiency increased by 16%, reaching an overall average of 86%.

### PROBLEMS IDENTIFIED AND OPPORTUNITIES FOR IMPROVEMENT

Problems	Description	Improvement Opportunity
Excessive movement	Lack of standardization in operations over the four shifts.	Standardize operations over the four shifts by using standard work methodology.
Line balancing	Workstations were not balanced, different times.	Redistribute operations and balance times for each workstation.
Low efficiency	Low efficiency since the currently established objective is not reached (approximately 70%).	Adjust the objectives and operation times to match the line's actual reality.
Lack of capacity	Incapable of meeting the current objective.	Calculate capacity in accordance with the line's new real objective.
Demand and Objective	Failure to match the established objective with customer demand.	Define an objective to meet customer demand, taking the line's available capacity into account. Bring stations closer and improve the reorganization of activities.
Displacements	Long and unnecessary distances covered between workstations.	
Non-cyclical operations	Non-cyclical activities such as line output, supply to the workstation and displacements between stations were not considered when defining the initial objective.	Consider non-cyclical activities such as line output, supply to the station and displacements between stations.
Bottleneck station	Excessively long times required to bend each tube, about 90 seconds.	Reallocate another bending machine to speed up times on the line's critical station.
Gauge + Tape + Foam	The worker must always consult the technical sheet for each part before placing the tape and foam.	Mark the verification gauge on the benches where the tape and foam will be inserted to comply with the technical sheet, thus making the operator's checking activity easier.

### CONCLUSIONS

- ✓ In order to reach the expected results, one eliminated waste and obstacles.
- ✓ Activities were balanced and levelled out with each other, so that workstations presented similar execution times.
- ✓ The variables for supply and displacement were also considered in the process analysis.
- ✓ The implementation of a new bending machine enabled workstation 2 to manufacture two pieces at a time (one on each machine) during production cycle time.
- ✓ Minimized discrepancies in the time needed for activities to be executed over the different shifts.
- ✓ Displacements were reduced by shortening the distance between operations and the objectives were adjusted to the real capacity and availability of the production.
- ✓ Waste was also minimized since there were no longer great quantities of end product stocks in the warehouse.

Organiza: 