



IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS DE MELHORIA CONTÍNUA EM UMA EMPRESA METALOMECÂNICA

DEVIDI DANIEL HARTMANN

julho de 2023

***IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS DE MELHORIA
CONTÍNUA – CASO ESTUDO EM UMA EMPRESA
METALOMECÂNICA***

Deividi Daniel Hartmann

1220508

2022/2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS DE MELHORIA CONTÍNUA – CASO DE ESTUDO EM UMA EMPRESA METALOMECÂNICA

Deividi Daniel Hartmann

1220508

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação da Ph.D Maria Teresa Pereira e coorientação de Ph.D Marisa Oliveira, por parte da IFSUL coorientação da Dra. Dalila Cisco Collatto e com orientação por parte do INEGI da M.Sc Joana Carneiro Moreira.

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isep

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

A todos muito obrigado!

Para uma dissertação de mestrado, o trabalho é realizado de forma individual, mas é necessário o apoio de muitas pessoas diretamente envolvidas. Gostaria de expressar o meu agradecimento aos meus orientadores, Doutora Maria Teresa Pereira, Doutora Marisa Oliveira, Doutora Dalila Cisco Collatto e Mestra Joana Carneiro Moreira do INEGI, pelos ensinamentos, orientações e todo o tempo que disponibilizaram durante o desenvolvimento da dissertação.

Também gostaria de agradecer ao Núcleo de Relações Internacionais do IFSul e às relações externas do ISEP, que em conjunto promoveram este acordo de mobilidade que me proporcionou esta experiência que levarei para toda a minha vida.

Aos meus amigos e colegas que me ajudaram em todo o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal durante este período da minha vida, o meu sincero agradecimento.

À minha família, pelos valores e educação proporcionados, e à minha noiva, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha jornada acadêmica, o meu profundo agradecimento.

A todos, muito obrigado!

RESUMO

O conceito de melhoria contínua é cada vez mais importante para que o setor industrial alcance posições vantajosas em termos de competitividade e é o principal objetivo deste trabalho. Atualmente, as organizações conduzem as suas atividades visando a evolução contínua do seu desempenho económico. A otimização dos processos empresariais é altamente recomendada, uma vez que as exigências dos clientes estão em constante aumento, os padrões de consumo variam constantemente e a necessidade de inovação é uma realidade. Por isso, muitas organizações adotam filosofias de melhoria contínua, Lean Seis Sigma, para melhorar os seus processos, identificando e combatendo desperdícios através de novas fórmulas que garantam esses resultados. O Lean Seis Sigma combina os pontos fortes da filosofia Lean e da filosofia Seis Sigma.

Neste sentido, essas estratégias foram exploradas para compreender de que forma essas filosofias podem ser benéficas para o desenvolvimento da aplicação das mesmas através de um estudo de caso. A implementação de melhoria contínua, ao longo deste trabalho, é estruturada com base na metodologia DMAIC, que integra as ferramentas da filosofia Lean Seis Sigma nas cinco fases de abordagem do problema. Seguindo a metodologia do estudo de caso, é realizada uma pesquisa sobre essas filosofias e os seus respectivos casos de aplicação, a fim de identificar as ferramentas mais adequadas para cada fase do DMAIC. Com base nessa investigação, a metodologia é aplicada num contexto industrial, tendo em conta as ações de desempenho das organizações, utilizando dados reais para definir o problema, observando os processos produtivos atuais, realizando Gemba nas linhas de produção existentes, identificando e implementando oportunidades de melhoria para a melhoria contínua de uma linha.

As ferramentas utilizadas para a melhoria contínua culminaram na implementação do processo One Piece Flow e na padronização dos processos na linha, o que resultou numa redução de 27% no tempo total de produção e numa redução de 70% no comprimento da linha. Isso contribuiu para que a empresa passasse a produzir de forma mais organizada, rápida e com menos desperdícios de tempo, aumentando assim a sua capacidade de produção.

PALAVRAS-CHAVE

DMAIC; Lean; Seis Sigma; Metalomecânica; Melhoria Contínua.

ABSTRACT

The concept of continuous improvement is increasingly important for the industrial sector to achieve advantageous positions in terms of competitiveness and is the main objective of this work. Currently, organizations conduct their activities with the aim of continuous evolution of their economic performance. The optimization of business processes is highly recommended, as customer demands are constantly increasing, consumption patterns are constantly changing, and the need for innovation is a reality. For this reason, many organizations adopt the Lean Seis Sigma philosophy to improve their processes, identifying and combating waste through new formulas that guarantee these results. Lean Seis Sigma combines the strengths of Lean and Seis Sigma philosophies.

In this regard, these strategies were explored to understand how these philosophies can be beneficial for the development of the methodology's application through a case study. The implementation of continuous improvement throughout this work is structured based on the DMAIC methodology, which integrates Lean Seis Sigma methods in the five phases of problem-solving approach. Following the methodology of the case study, research is conducted on these philosophies and their respective application cases in order to identify the most suitable tools for each phase of DMAIC. Based on this research, the methodology is applied in an industrial context, taking into account the performance actions of organizations, using real data to define the problem, observing the current production processes, conducting Gemba on the existing production lines, identifying and implementing improvement opportunities to optimize the line.

The methodology and its tools used for continuous improvement culminated in the implementation of the One Piece Flow process and the standardization of processes on the line, resulting in a 27% reduction in total production time and a 70% reduction in line length. This contributed to the company being able to produce in a more organized, faster manner with less wasted time, thus increasing its production capacity.

KEYWORDS

DMAIC; Lean; Seis Sigma; Metalworking; Continuous Improvement.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento do Tema.....	2
1.2. Metodologia de Trabalho	2
1.3. Organização da Dissertação	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Produção <i>Lean</i> – <i>Toyota Production System</i> (TPS).....	5
2.1.1. Princípios do <i>Lean</i>	6
2.1.2. Ferramentas <i>Lean</i>	9
2.1.2.1. <i>Just In Time</i> (JIT)	9
2.1.2.2. <i>Takt Time</i> (TT).....	10
2.1.2.3. <i>One Piece Flow</i>	10
2.1.2.4. <i>Jidoka</i>	10
2.1.2.5. <i>Heijunka</i>	11
2.1.2.6. <i>Gemba</i>	11
2.1.2.7. Gráfico de Pareto	12
2.1.2.8. <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	12
2.1.2.9. Bordo de Linha	13
2.1.2.10. <i>Standard Work</i>	14
2.1.2.11. Balanceamento de Linha	14
2.1.2.12. Gráfico de <i>Yamazumi</i>	17
2.2. <i>Six Sigma</i>	17
2.2.1. DMAIC	19
2.2.2. <i>Lean Seis Sigma</i> (LSS)	21
2.2.3. <i>Single Minute Exchange or Die</i> (SMED).....	21
3. MÉTODOS E APLICAÇÃO	23
3.1. Contextualização do Ambiente Produtivo	23
3.1.1. <i>Layout</i>	23
3.1.2. Descrição do Produto.....	25
3.1.3. Atuais Modelos de Produção	26
3.1.4. Objetivos do Projeto	26
3.2. Estudo de Variabilidade das Linhas de Produção.....	26
3.2.1. Análise das Linhas de Produção	27
3.2.1.1. Cálculo do indicador <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	31
3.2.1.2. Número de referências atual e perspetiva de crescimento.....	35

3.3. DMAIC.....	37
3.3.1. Fase Define.....	37
3.3.1.1. Famílias de artigo	37
3.3.1.2. Gráfico de <i>Gantt</i>	43
3.3.1.3. <i>Takt Time</i> (TT).....	43
3.3.2. Fase <i>Mensure</i>	44
3.3.2.1. Medição de Tempos	44
3.3.2.2. Mapeamento da Cadeia de Processos	46
3.3.2.3. Gráfico de <i>Yamazumi</i>	47
3.3.2.4. Balanceamento da Linha	54
3.3.2.5. <i>Material Requirement Planning</i> (MRP)	56
3.3.3. Fase <i>Analyse</i>	60
3.3.4. Fase <i>Improve</i>	61
3.3.4.1. Desenvolvimento novo Layout - <i>One Piece Flow</i>	62
3.3.5. Fase <i>Control</i>	65
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1. Apresentação de resultados.....	67
4.1.1. Capacidade Produtiva	67
4.1.2. Melhorias Efetuadas	68
4.2. Discussão de resultados	69
5. CONCLUSÃO	71
5.1. Conclusões finais	71
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXO A – Gráfico de <i>Gantt</i>	77
ANEXO B – Diagrama de Encadeamento.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pirâmide 4P's - Fonte: Aptado de [1]	6
Figura 2. Princípios Lean - Fonte: Aptado de [9]	7
Figura 3. 7 Desperdícios – Adaptado de [15].	8
Figura 4. Componentes Utilizados para calcular OEE – Adaptado de [36]	13
Figura 5. Diagrama de Yamazumi para TC > TC.....	16
Figura 6. Exemplo de um Gráfico de Yamazumi.....	17
Figura 7. Ciclo Seis Sigma – Adaptado de [46], [47]	18
Figura 8. Ciclo DMAIC – Adaptado de [46], [47].....	21
Figura 9. Processo de Aplicação do SMED – Adaptado de [60]	22
Figura 10 Representação do Layout do Setor de Montagem, Teste e Embalagem.....	24
Figura 11 Representação do Layout do Setor de Montagem, Teste e Embalagem com Linhas de Produção em Destaque.....	24
Figura 12 Corpo da Misturadora Referência CRP6668053	25
Figura 13 Corpo da Misturadora Referência CRP6668060	25
Figura 14 Linha de Montagem	27
Figura 15 Linha de Montagem - Anéis de Vedação.....	28
Figura 16 Setor de Teste atual	29
Figura 17 Máquina de Teste Automática	29
Figura 18 Linha de Embalagem	30
Figura 19 Linha de embalagem - Bichas.....	30
Figura 20 Evolução da Velocidade na Linha MO03	32
Figura 21 Evolução da Velocidade na Linha EM07.....	32
Figura 22 Evolução da Qualidade na Linha MO03	33
Figura 23 Evolução da Qualidade na Linha EM07	33
Figura 24 Evolução da Disponibilidade na Linha MO03	34
Figura 25 Evolução da Disponibilidade na Linha EM07.....	34
Figura 26 Evolução da OEE na Linha MO03	35
Figura 27 Evolução da OEE na Linha EM07	35
Figura 28 Seleção das 14 Referências	38
Figura 29 Seleção das 19 Referências	40
Figura 30 Corpo da Misturadora Referência CRP6668054	42
Figura 31 Corpo da Misturadora Referência CRP6668056	42
Figura 32 Operações MO03.....	45
Figura 33 Operações TE02.....	46
Figura 34 Operações EM07	46
Figura 35 Gráfico Yamazumi Montagem.....	47
Figura 36 Gráfico Yamazumi Teste.....	48
Figura 37 Gráfico Yamazumi Embalagem.....	48
Figura 38 Operações Montagem após retirada do Teste e subitens	49
Figura 39 Operações Embalagem após retirada do Teste e subitens	49
Figura 40 Gama Operatória da Misturadora CRP66688001	51
Figura 41 Gráfico Yamazumi Montagem - Identificação de Desperdícios	52

Figura 42 Diagrama de Espaguete Linha de Montagem MO03	52
Figura 43 Gráfico Yamazumi Embalagem - Identificação de Desperdícios	53
Figura 44 Diagrama de Espaguete Linha de Embalagem EM07	53
Figura 45 Takt Time Forecast	54
Figura 46 Diagrama de Espaguete Nova Linha de Produção	54
Figura 47 Gama Operatória Proposta da Misturadora CRP66688001	55
Figura 48 Nova Linha de Produção.....	62
Figura 49 Caixas de Frutas para Suprimento.....	63
Figura 50 Nova Linha de Montagem	63
Figura 51 Nova Linha de Embalagem	64
Figura 52 Parte Inferior da Linha de Produção	65
Figura 53 Linha de Bordo	65
Figura 54 Gráfico de Capacidade Utilizada.....	67
Figura 55 Gráfico de Capacidade Máxima.....	68

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Forecast Misturadoras.....	36
Tabela 2 Gráfico de Pareto - % Acumulada.....	38
Tabela 3 Relação Final Misturadoras	40
Tabela 4 Formação de Famílias	41
Tabela 5 Previsão de procura mensal por referência	43
Tabela 6 Cálculo Tempo de Trabalho Anual.....	44
Tabela 7 Folha de Medição de Tempo de Ciclo	45
Tabela 8 BOM CRP6668001.....	56
Tabela 9 Previsão de Necessidade de Componentes por mês.....	57
Tabela 10 Atribuição de número sequencial.....	58
Tabela 11 Definição do Dimensionamento dos Componentes Kanban da Linha	59
Tabela 12 Definição do Dimensionamento dos Componentes Picking da Linha	60
Tabela 13 Previsão de nova procura mensal por referência.....	61

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
MEM	Mestrado em Engenharia Mecânica
PDISE	Projeto/Dissertação/Estágio
INEGI	<i>Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial</i>
WIP	<i>Work In Process</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
TT	<i>Takt Time</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
LSS	<i>Lean Seis Sigma</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange or Die</i>
TC	Tempo de Ciclo
LT	<i>Lead Time</i>
ALB	<i>Assembly Line Balancing</i>
Uni	Unidade
s	Segundos
IT	<i>Idle Time</i>
N	Número Mínimo de Postos
6S	<i>Six Sigma</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check e Act</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve e Control</i>
MSA	Verificação dos meios de medição

Lista de Símbolos

m	massa	kg
T	temperatura	$^{\circ}C$

1. INTRODUÇÃO

A competição global tem levado a mudanças significativas, resultando na proliferação de produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos e incertos. A evolução das tecnologias e as exigências dos clientes têm proporcionado métodos inovadores que permitem, simultaneamente, uma resposta rápida e custos mais baixos. Na era atual da globalização, o problema atual dos fabricantes é como entregar os seus produtos ou materiais rapidamente, a baixo custo e garantindo a qualidade. O sucesso das organizações num mercado global depende em grande medida das capacidades dos gestores em termos de conhecimento, habilidades, capacidade de resolução de problemas e trabalho em equipa.

A Melhoria Contínua é uma prática utilizada por empresas com o foco em aumentar a eficiência na sua produtividade. O processo de implementação de ferramentas é um ciclo contínuo. Deve ser realizado de forma constante e organizada através do fluxo de informações entre departamentos, gerando um conjunto de ideias e práticas que favorecem a estrutura empresarial.

Quando falamos de melhoria contínua, conceitos como *Lean* e *Seis Sigma* estão associados. O *Lean Seis Sigma* surgiu da junção da filosofia *Seis Sigma* com os conceitos de *Lean Manufacturing*. Esta metodologia permite reduzir a variabilidade dos processos e eliminar desperdícios e atividades que não acrescentam valor. Esta filosofia pode ser descrita como uma caixa cheia de métodos e ferramentas para a redução ou eliminação de desperdícios. Em nível estratégico, pode ser considerada uma filosofia; em nível tático, é considerada um conjunto de princípios; e, em nível operacional, é considerada um conjunto de práticas e ferramentas[1].

A proposta desta dissertação, desenvolvida em colaboração com o Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI), em parceria com a empresa associada referida como empresa X por motivos de confidencialidade, tem como objetivo principal a melhoria contínua. Um dos objetivos específicos é unificar as linhas de montagem, teste e embalagem numa única linha, operando de acordo com a metodologia *One Piece Flow*. Isso visa reduzir desperdícios de horas de trabalho no processo produtivo e garantir a melhor padronização dos produtos oferecidos.

Para alcançar esse objetivo, utilizámos dados reais de fabricação fornecidos pela empresa. Durante o projeto, acompanhámos o funcionamento das linhas que serão alvo da metodologia DMAIC, aplicando ferramentas *Lean e Seis Sigma*, com o intuito de alcançar os resultados esperados pela empresa.

Dessa forma, este trabalho teve como foco a melhoria contínua, utilizando as filosofias *Lean Seis Sigma*. O estudo de caso envolveu a elaboração de uma nova linha de produção, com ênfase na padronização de processos, equilíbrio das operações e eliminação de desperdícios de tempo. A implementação do processo *One Piece Flow* foi adotada para otimizar as operações e eliminar desperdícios, procurando um equilíbrio eficiente entre as atividades. Essas abordagens foram aplicadas com o objetivo de alcançar a melhoria contínua proposta pela empresa, resultando em benefícios significativos para a eficiência e qualidade dos processos produtivos.

1.1. Enquadramento do Tema

As filosofias *Lean* e *Seis Sigma* desempenham um papel importante para o bom funcionamento das organizações, uma vez que a eliminação de desperdícios e a padronização dos processos são fundamentais para aumentar a competitividade. Nos últimos anos, estas metodologias têm sido aplicadas não apenas em setores industriais, mas também em áreas como saúde e educação.

Filosofias como o *Lean* e o *Seis Sigma* são essenciais para manter as vantagens competitivas das empresas. Estes objetivos são alcançados quando as empresas procuram continuamente aplicar estratégias adequadas para controlar desperdícios, reduzir a variabilidade dos processos e implementar práticas social e ambientalmente responsáveis[2].

A filosofia *Lean Seis Sigma* (LSS) surgiu da fusão destas duas filosofias, e as suas ferramentas e técnicas têm o objetivo de melhorar a eficiência das operações, reduzir custos e aumentar a eficácia dos resultados, mantendo a competitividade como foco principal. Com esta integração de filosofias, os resultados são alcançados de forma mais rápida, uma vez que as diferentes ferramentas das filosofias podem ser implementadas simultaneamente e de forma complementar, aproveitando o que há de melhor no LSS[3].

A aplicação destas técnicas promovidas pelo LSS nos processos e produtos tem influenciado toda a indústria mundial, procurando alcançar resultados exponenciais através do foco na melhoria contínua e resolução de problemas. No entanto, alinhar a cultura organizacional é fundamental para possibilitar a adoção desta nova filosofia.

Para lidar com a constante evolução, a empresa na qual a metodologia para a implementação das ferramentas da LSS foi desenvolvida decidiu analisar uma linha de produção específica. Esta linha abrange uma ampla gama de produtos e, portanto, era esperado identificar oportunidades de melhoria que permitissem a eliminação de desperdícios e a padronização dos processos da linha.

1.2. Metodologia de Trabalho

A metodologia utilizada no presente trabalho é um estudo de caso aplicando a metodologia DMAIC da filosofia *Lean Seis Sigma*. Além da revisão de literatura para fundamentar teoricamente o trabalho desenvolvido, destacam-se as seguintes etapas:

- Observação dos processos produtivos atuais;
- Realização do Gemba nas linhas de produção;
- Recolha de dados e posterior análise;
- Identificação de oportunidades de melhoria e otimização da linha;
- Implementação das oportunidades de melhoria identificadas;
- Análise dos resultados obtidos.

1.3. Organização da Dissertação

Capítulo 1 – Neste capítulo, faz-se o enquadramento e pertinência do trabalho e metodologia utilizada;

Capítulo 2 – Apresentação da revisão de literatura das filosofias *Lean* e *Lean Seis Sigma* e suas principais ferramentas e metodologias;

Capítulo 3 - Apresentação dos métodos e aplicação da metodologia DMAIC e ferramentas *Lean* e *Seis Sigma*;

Capítulo 4 - Validação do modelo com caso de estudo;

Capítulo 5 - Conclusão do trabalho e trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No capítulo 2 é realizada uma abordagem à filosofia *Lean* e seus princípios e às várias ferramentas que a constituem, de forma a abranger uma pequena iniciação a todas as ferramentas utilizadas na metodologia, então é realizada a abordagem à filosofia *Seis Sigma* e suas metodologias e ferramentas. De seguida, apresenta-se a origem destas filosofias e aborda-se de forma teórica as ferramentas utilizadas no projeto.

2.1. Produção *Lean* – *Toyota Production System (TPS)*

Os sistemas de produção têm vindo a apresentar muitas evoluções ao longo da sua história já que começaram como produção artesanal e esta foi substituída pela produção em massa o que levou as indústrias a focarem-se cada vez mais na adoção de produções *Lean* [1].

O *Lean* é uma filosofia que tem como propósito fazer mais com menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e também menos espaço e se aproximar ao máximo de fornecer aos seus clientes o que eles desejam. É também utilizado com o intuito de melhorar os produtos através de uma transformação cultural garantindo que todos os elementos da organização estejam cientes das filosofias [2].

Womack e Jones [3]. no livro “*The Machine That Changed the World*” começam a aplicar o termo *Lean* para descrever o *Toyota Production System (TPS)*. Este é o principal livro em citações na área de gestão de operações. Desde a publicação do livro em 1991, empresas em todo o mundo estão fazendo melhorias surpreendentes utilizando as técnicas de produção *Lean* [3].

O TPS foi criado no Japão pela empresa Toyota no ano de 1949, a empresa de fabrico de automóveis apresentava queda nas vendas o que resultou em fortes greves e demissões [4]. Eiji Toyoda e Taiichi Ohno[5]. com o objetivo de reduzir custos de produção para que a empresa se tornasse mais competitiva no mercado global começaram a desenvolver a filosofia *Lean*. A significância do *Lean* para o mercado com suas estratégias fizeram com que esta Indústria no País alavancasse o seu desenvolvimento. O sucesso das técnicas TPS são visivelmente significativas e as suas ferramentas vêm sendo amplamente utilizadas até os dias de hoje para a melhoria contínua dos processos de produção. Devido às suas vantagens, a adoção de suas ferramentas e técnicas foram replicadas por países em todo o mundo com diversas finalidades como, por exemplo: a melhoria de qualidade, a otimização de custos e o rápido retorno dos investimentos aplicados [5].

Taiichi Ohno [6]. enfatiza que enfatiza que no TPS é importante considerar a linha do tempo do processo de negócio desde o momento que o cliente faz o pedido e/ou encomenda até ser fechada a sua faturação, retirando subprocesso e atividade que não agregam valor. Consequentemente, o TPS reduz a linha do tempo através de eliminação de “desperdícios” que não agregam valor [6].

Liker [1] no seu livro “*Toyota Way*” é feita uma abordagem através de uma pirâmide de quatro níveis, conhecida como modelo dos 4P, que é considerado o ponto de partida para a abordagem ao sistema de produção da Toyota. Os 4P são [7]:

Resolução de problemas (*Problem Solving*): melhoria contínua e aprendizagem;

Pessoas e parceiros (*People/Partners*): respeito, desafio e desenvolvimento dos trabalhadores;

Processo (*Process*): eliminar desperdícios;

Filosofia (*Philosophy*): pensamento a longo prazo.

Este modelo é construído através de uma pirâmide (Figura 1) que tem como base a Filosofia, em seguida a eliminação de desperdícios, desenvolvimento pessoal e melhoria contínua através da resolução de problemas.

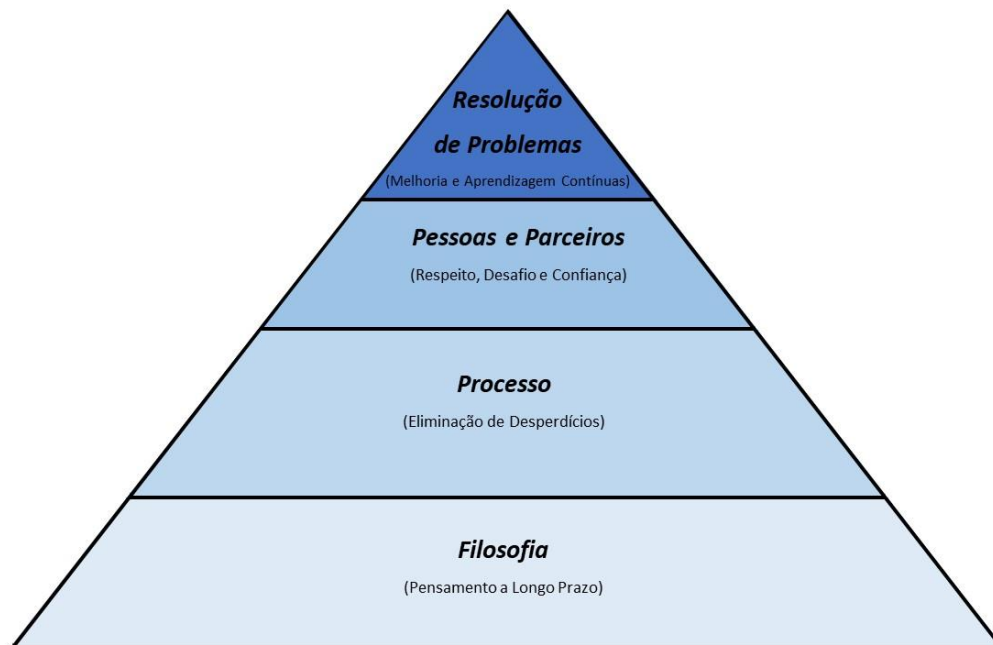


Figura 1. Pirâmide 4P's - Fonte: Aptado de [1]

O TPS é o melhor exemplo quando se pretende aplicar ferramentas *Lean*, ferramenta a qual é caracterizada por vários conceitos que sustentam sua aplicabilidade. Liker e Morgan [8]. representaram o TPS em forma de casa no qual o seu bom funcionamento depende de todos seus componentes. Em uma casa se os pilares ou as fundações estiverem fracas isso pode contribuir para a instabilidade de toda a estrutura em questão. A casa TPS na sua versão mais simples é composta por várias ferramentas desenvolvidas com o passar do tempo [8].

A Casa do TPS esquematiza as ideias e os princípios, transmitindo uma ideia base de que, tal como uma casa, onde o telhado, pilares e alicerces têm que ser fortes para a casa ser forte, o TPS também apresenta telhado, pilares e alicerces que têm uma grande importância para o seu funcionamento.

A produção nivelada, processos *standard*, gestão visual e a filosofia Toyota são considerados os alicerces, que são os princípios para tornar os processos estáveis. As ferramentas *Jidoka* e *Just-in-Time (JIT)* são os pilares da casa. E no interior da casa temos as pessoas, a melhoria contínua, resolução de problemas e redução de desperdícios. O telhado representa o resultado final, que é um produto ou serviço de qualidade, com o menor custo possível e que corresponda às exigências do cliente.

2.1.1. Princípios do *Lean*

O conceito crítico da filosofia *Lean* tem seu foco na criação de valor em conjunto com a redução de desperdícios. A definição de criação de valor tem como requisito principal o cumprimento das

solicitações dos clientes por meio da compreensão dos mesmos, mapeando processos, promovendo o fluxo de valor para as partes interessadas, extraindo valor do cliente e dirigindo em direção à perfeição. A metodologia *Lean* pode ser expressa através de 5 princípios de acordo com a Figura 2 [3], [9].

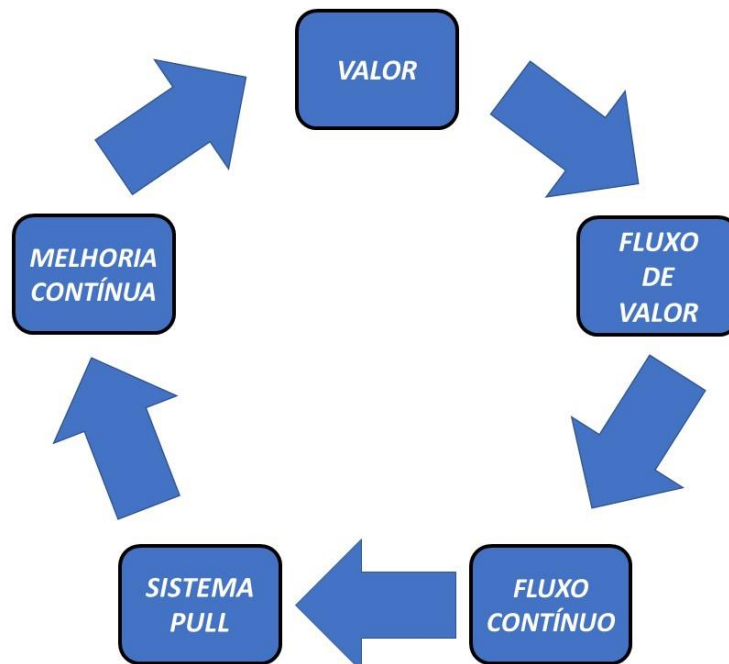


Figura 2. Princípios Lean - Fonte: Adaptado de [9]

O **Valor** deve ser especificado para determinado produto incluindo apenas as características desejadas pelo cliente para evitar desafios [10].

O **Fluxo de Valor (Value Stream)** para cada produto deve ser identificada e constituída não apenas por todas as operações de valor agregado mas também pelas operações que não tem valor agregado para determinado produto ou serviço, desde o conceito até a entrega para seu cliente. O objetivo do *Lean* consiste sempre em eliminar atividades que não acrescentam valor [11].

A criação de um **Fluxo Contínuo** deve permitir reduzir ao máximo o número de interrupções. Este fluxo deve ser desenvolvido através de uma sequência contínua para que o produto ou serviço flua suavemente com planejamento para diminuir o nível de stock e espera, pois os mesmos não acrescentam valor e quebram o fluxo contínuo [10].

O **Sistema Pull** está associado a necessidade do cliente “Puxar” desde o início a procura solicitada, deste modo o cliente é quem determina a cadência de produção. Quando o cliente faz um determinado pedido, os processos de produção são acionados de maneira a produzir apenas a quantidade solicitada de modo a evitar a realização de trabalhos não necessários e, conseqüentemente, a redução da acumulação de stock [9]. Quando uma empresa produz sem a confirmação da encomenda por parte dos clientes, diz-se que trabalha segundo um sistema de produção *Push* “Empurrar”). Neste tipo de sistema, produz-se com base na expectativa de que os valores previstos se tornem valores consolidados [12]. O sistema empurrado promove a produção mesmo quando esta não é necessária, por isso desperdícios são criados como superprodução, transporte e inventário [13]. Adicionalmente, existe ainda um processo produtivo híbrido, que visa

reduzir o tempo de espera do cliente, mantendo ainda alguma configurabilidade ao produto. Neste tipo de processo, os produtos são produzidos até um dado ponto para stock, sendo que o restante processo apenas é iniciado após o lançamento da ordem do cliente [14].

A **Melhoria Contínua** tem como objetivo a perfeição da produção, pelo que deve ser continuamente aplicada para que os processos sejam verificados e novas melhorias sejam incorporadas nos processos em busca do valor perfeito no qual não haverá mais desperdícios.

Tradicionalmente os praticantes do *Lean* focam nas 7 formas de desperdícios (Figura 3) para melhor identificar as áreas com maiores desperdícios e trabalhar nas mesmas de forma a eliminá-los dos processos [7]. Desperdícios são identificados como atividades que não acrescentam valor e estão dentro de processos, aumentando seu tempo e custo de produção. O desperdício nas empresas pode representar até 95% de seu tempo total e por este motivo as organizações investem esforços para minimizá-los. O foco é no aumento da produtividade em áreas que já acrescentam valor a produtos e serviços ao invés de eliminar atividades que não o fazem [15].

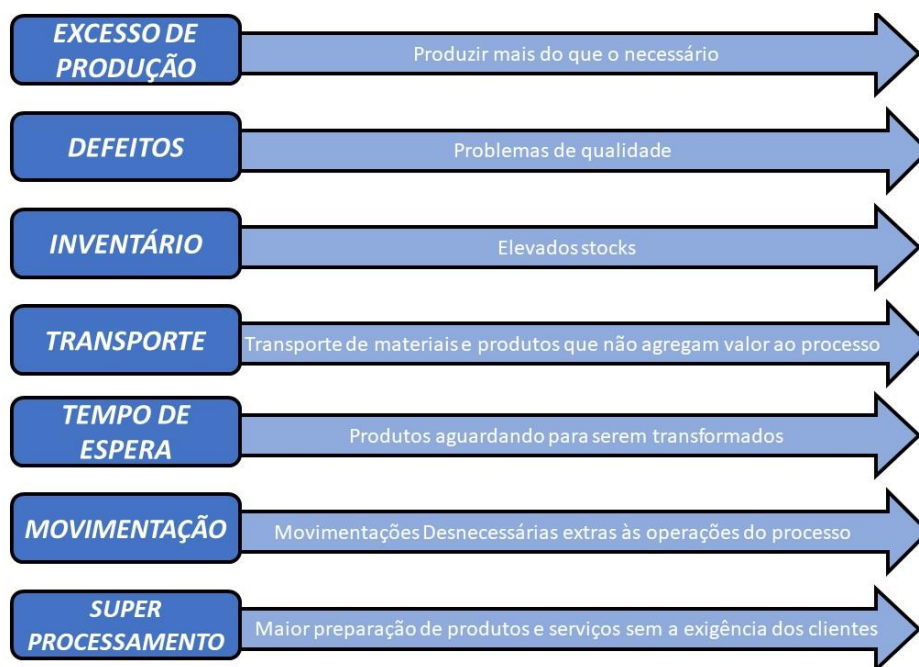


Figura 3. 7 Desperdícios – Adaptado de [15].

O **Excesso de Produção** é uma das 7 formas de desperdício pois produzir mais do que o cliente exige se faz necessário a existência de inventário, ocasiona tempos de espera, e aumenta o consumo de espaço, matérias-primas, mão de obra e máquinas originando custos adicionais [16].

Os Defeitos normalmente causam o desperdício de material e também o aumento da mão de obra e de tempo. O **retrabalho** é um dos problemas causados por defeitos nos processos e faz aumentar custos de produção e conseqüentemente a insatisfação do cliente. Defeitos são resultados de problemas de qualidade e devem ser identificados e corrigidos o quanto antes [17].

Uma empresa com níveis de **Inventário** elevados é conseqüentemente uma empresa com significativa matéria-prima parada, *Work in Process* (WIP) e produto acabado, ocasionando elevados stocks que resultam em custos financeiros e custos de capacidade. Este defeito impede a detecção de quebras de fluxo produtivo e também dificulta a observação da qualidade que pode ter como origem os trabalhadores e máquinas.

Transportes de materiais e produtos entre postos de trabalho são operações que não contribuem para o aumento do valor ao produto todos estes transportes resultam no aumento da duração dos processos, ocasionando uma utilização incorreta de trabalho e espaço, todos eles são considerados defeitos a serem reduzidos com a filosofia *Lean* [15].

O **Tempo de Espera** é um desperdício de tempo para trabalhadores ou máquinas, a existência de “estrangulamentos” ou “gargalos” é a principal ocasionadora destes desperdícios, também são identificados em chão de fábrica. O problema é identificado em qualquer lugar em que produtos estejam aguardando para serem transformados. Uma forma de usar estes tempos parados é na preparação ou manutenção das máquinas e na limpeza dos postos de trabalho [15].

Movimentações Desnecessárias extras às operações do processo também são consideradas como desperdícios do processo o qual não acrescentam valor ao produto. As principais causas são a má organização dos postos de trabalho, ergonomia incorreta de operadores na execução de processos e também o *layout* pouco eficiente. Estas movimentações podem ser corrigidas através de um fluxo contínuo de produção com a padronização de operações e com a qualificação dos trabalhadores.

Com uma maior preparação e processamento de produtos e serviços visto a exigência de clientes faz com que o **Processamento Inadequado** seja minimizado. Este trabalho excessivo que é caracterizado como um desperdício ocorre em circunstâncias nas quais os sistemas de produção são complexos, eles podem ser simplificados. Um exemplo deste problema é a execução de uma operação na qual o cliente não solicitou [18].

As metodologias *Lean* permitem que as organizações padronizem seus processos de forma eficiente e capaz de satisfazer os requisitos dos clientes através da utilização de inúmeras ferramentas criadas para este processo [15].

2.1.2. Ferramentas *Lean*

2.1.2.1. *Just In Time* (JIT)

O *Just In Time* (JIT) na tradução “Na Hora Certa” é um sistema de gestão da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes do momento certo e é considerado uma filosofia que inclui aspetos da administração. Esta filosofia consiste na manutenção do fluxo de material de forma rápida e contínua no decorrer dos processos fazendo com que os produtos estejam no local certo e no momento em que serão necessários. Este sistema pode ser aplicado a uma produção em célula uma vez que o produto vai sendo submetido a várias operações sem haver interrupções no chamado *One Piece Flow* [10].

O sistema surgiu no Japão dentro da empresa Toyota no ano de 1970, este sistema de gestão é capaz de coordenar a produção com a procura de pedidos com o mínimo de atraso. É o principal pilar de muitas empresas e também é conhecido como sistema *Kanban*. O stock de matérias-primas é um dos principais pontos [19].

As principais vantagens são a velocidade, flexibilidade e confiabilidade e as desvantagens são a necessidade de procura estável, o risco de interrupção da produção e as complicações com variedade de produtos.

2.1.2.2. Takt Time (TT)

A origem do termo “*Takt*” é a relação com o batimento cardíaco definido como pulsação e esta ferramenta foi introduzida em uma empresa na Alemanha por volta do ano de 1930 em uma linha de produção de aviões. A Toyota adotou a metodologia por volta da década de 50, esta ferramenta ajudou a produtora de automóveis a se destacar como uma das maiores produtoras de automóveis do mundo [23].

O TT é o tempo no qual é necessário completar a produção de um item para que a empresa consiga entregar a demanda solicitada por parte dos clientes. Como ponto de partida o TT é calculado através da análise da procura e corresponde ao intervalo máximo de produção de produtos. O cálculo para unidades de produção é verificar o tempo disponível para produção e a procura do mesmo [20].

Quando o TT é calculado, as próximas etapas de produção podem utilizar este valor como parâmetro para determinarem os tempos de ciclo necessários e assim estabelecer o ritmo de produção ideal. A definição de tempo de ciclo é o intervalo entre a conclusão de unidades consecutivas de um produto [21].

2.1.2.3. One Piece Flow

Henry Ford criou as linhas de produção em suas unidades de fabrico com a filosofia de produção em série e este processo produtivo passou a ser conhecido como *One Piece Flow* que traduzido se refere a “produção por fluxo por peças individualizadas” e através deste processo é possível reduzir o máximo possível a quantidade de matéria prima em espera entre tarefas [10].

O método é um sistema de produção em que uma única peça passa de processo em processo sem que exista acumulação de stocks. Neste sistema uma peça a sair equivale a uma peça a entrar. O objetivo deste método é tornar o estado de processamento constante e esta ideia é semelhante a um fluxo contínuo, o *One Piece Flow* ajuda a minimizar tempos mortos de espera e também garante que apenas um item fique em espera em vários momentos da cadeia produtiva [16].

Com esta estratégia implementada em linhas de produção, a produção fica mais rápida e fluída e os operadores da linha são motivados de forma mais visível pois se a não execução da sua etapa, todo o processo fica dependente e tal motivação contribui para o aumento da produtividade.

Com a produção contínua, minimizam-se recursos como pessoas, tempo, equipamentos e materiais e criam-se melhores condições de detecção de defeitos presentes nos processos em execução [22].

2.1.2.4. Jidoka

Jidoka representa a “máquina com inteligência humana” e tem como conceito a autonomia que fornece autonomia para os operadores tomarem decisões de parar a linha de produção ao identificar defeitos nos processos através de sinais visuais ou sonoros com o objetivo de avisar a paragem e solicitar ajuda na resolução do problema. Com a detecção da anomalia neste momento, este conceito ajuda a evitar que sejam processados produtos defeituosos em outras etapas evitando assim problemas maiores e desperdícios futuros de materiais e tempo [24].

A aplicação do *Jidoka* pode seguir em cinco etapas, detecção de problemas, paralisação do processo, restabelecer processo de forma ideal, identificação da origem do problema e tomada de medidas necessárias para a extinção do problema [25].

A ferramenta permite reduzir custos com a redução das forças de trabalho, melhorar a flexibilidade em linhas de produção em função da alteração de procura, manter a qualidade e respeitar as condições humanas necessárias [10].

2.1.2.5. Heijunka

Liker & Morgan (2006) concluíram que *Heijunka* é uma das fundações da casa do TPS, pois é fundamental para a aplicação das demais técnicas. *Heijunka* é uma palavra japonesa que significa “Nivelamento” e é considerado um nivelamento de produção em volume e variedade criando assim uma corrente de pedidos e trabalho nivelada e tem por objetivo criar estabilidade, padronização, qualidade e utilização do *kanban* na produção e ele evita irregularidades no processo de desperdícios [26].

Ao reunir todas estas condições, há oportunidade de criar um processo *standard* pois o balanceamento de carga de trabalho é fundamental para a determinação de níveis de inventário nos “supermercados” para que não ocorram paragens no processo *standard* por falta de material [27]. Este processo torna-se mais importante ainda pois com ele os resultados ao aplicar o JIT são mais fáceis de serem positivos [28].

2.1.2.6. Gemba

Gemba é um termo japonês amplamente utilizado no contexto da gestão de processos e melhoria contínua. Literalmente, "gemba" significa "local real" ou "lugar real". Refere-se ao local onde o trabalho é executado, como uma fábrica, um escritório, um hospital, uma linha de produção, entre outros ambientes onde as operações ocorrem[29].

O conceito de *gemba* enfatiza a importância de ir diretamente ao local onde o trabalho é realizado para obter uma compreensão completa dos processos, identificar problemas, oportunidades de melhoria e tomar decisões baseadas em fatos concretos. Esta abordagem incentiva os gestores e líderes a estarem presentes no *gemba*, a observar as atividades em primeira mão, a ouvir as preocupações e sugestões dos colaboradores e a identificar possíveis ineficiências e desperdícios nos processos[30].

Ao estar no *gemba*, é possível obter informações valiosas sobre o fluxo de trabalho, identificar gargalos, observar o uso de recursos e a interação entre as pessoas envolvidas nas operações. Esta proximidade com as atividades do dia-a-dia permite uma compreensão mais profunda dos desafios enfrentados pelos colaboradores e das oportunidades de melhoria que podem passar despercebidas em relatórios ou análises distantes.

A filosofia do *gemba* incentiva a transparência, o envolvimento dos colaboradores e a busca contínua por melhores práticas. Ela promove uma cultura de melhoria contínua, na qual todos os envolvidos são encorajados a contribuir com ideias e soluções para otimizar os processos e alcançar resultados cada vez melhores[9].

2.1.2.7. Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto é uma ótima ferramenta para seleção de projetos, desperdício ou artigos nos quais se devem concentrar recursos, o princípio é popularmente conhecido como 80-20 pois estabelece que “em uma população que contribui para um efeito comum, apenas uma pequena parte é responsável por grande parte do efeito” [31]. Joseph Juran em 1897 concluiu que 80% da riqueza de Milão se encontrava em apenas 20% da população [32]. Esta lógica pode ser aplicada em várias situações como, por exemplo, na identificação de recorrência em problemas nos processos produtivos ou na identificação de vendas em grandes quantidades de alguns itens e na baixa procura de outros [26].

2.1.2.8. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é a avaliação da performance dos processos, considerado como um fator fundamental para as organizações pois contribui para a comparação do estado atual com os objetivos definidos [33]. Considerada uma das principais métricas nos ambientes de produção, o OEE foi introduzido por Nakajima em 1988 e é constituído por três índices (Equação 1) e identifica a percentagem de tempo de produção planeado que é realmente produtivo [34].

$$OEE(\%) = D(\%) \times E(\%) \times Q(\%) \quad (1)$$

1. **Disponibilidade (D)** é o rácio entre o tempo que as máquinas ou operadores estão disponíveis para a produção programada e o tempo disponível para a produção (Equação 2). As perdas associadas estão relacionadas com avarias de ferramentas e máquinas e também com atividades de *setup*.

$$D(\%) = \frac{\text{Tempo Disponível} - \text{Tempo de Paragem}}{\text{Tempo Disponível}} \quad (2)$$

2. **Eficiência (E)** é o rácio entre a taxa teórica de produção de um setor e o número de componentes que realmente foram produzidos (Equação 3). As perdas associadas estão relacionadas com pausas com avarias temporárias ou pausas de curta duração e perdas de velocidade.

$$E(\%) = \frac{\text{Tempo de Ciclo Real} \times \text{Unidades Produzidas}}{\text{Tempo Disponível Operação}} \quad (3)$$

3. **Qualidade (Q)** é o rácio entre o número de componentes produzidos após retirar todos rejeitados por não cumprirem os requisitos e o número total produzido (Equação 4). As perdas associadas estão relacionadas com sucata, retrabalhos e falhas de arranque.

$$Q(\%) = \frac{\text{Unidades Produzidas} - \text{Unidades Defeituosas}}{\text{Unidades Produzidas}} \quad (4)$$

A produção perfeita é representada por um valor de 100% no qual é constituído por um local que só produz peças boas, o mais rápido possível e sem tempo de inatividade, essa métrica é útil como referência pois com ela pode ser comparado os padrões da empresa com os padrões utilizados na indústria para ativos semelhantes e também para comparar com turnos de trabalho diferentes com o mesmo ativo. As informações de OEE podem ser usadas para verificar progressos com a eliminação de desperdícios em determinados processos de produção. Esta ferramenta é um importante *Key Performance Indicator* (KPI) para verificar a eficiência produtiva de uma empresa, departamento ou máquina (Figura 4) [35].

Em geral, as organizações ao utilizar estes indicadores têm o objetivo de atingir padrões de referência mundial [36], nomeadamente:

- Disponibilidade: 90%;
- Eficiência: 95%;
- Qualidade: 99,9%;
- OEE: 85%.

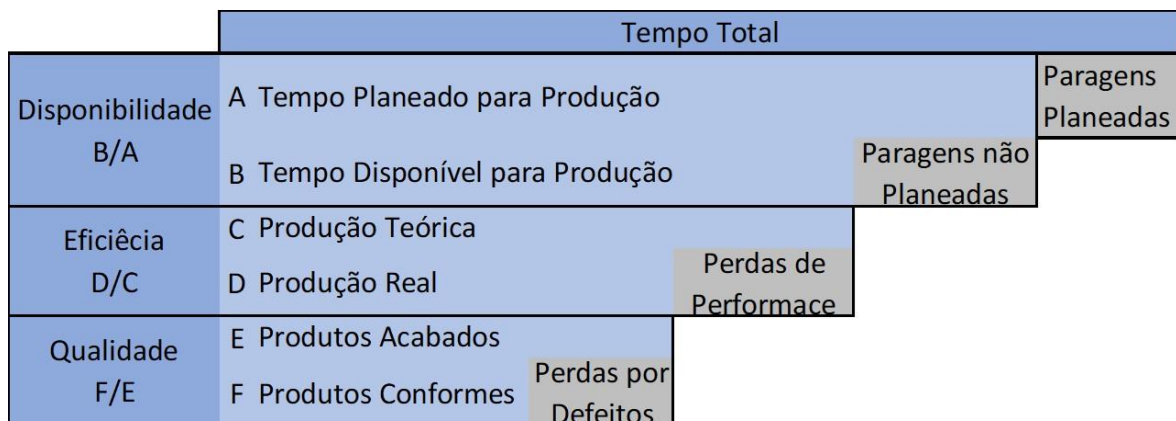


Figura 4. Componentes Utilizados para calcular OEE – Adaptado de [36]

2.1.2.9. Bordo de Linha

O bordo de linha é uma ferramenta essencial na gestão dos materiais em um processo produtivo. Localizado próximo ao operador, o bordo de linha é o ponto onde os materiais necessários para o processo são colocados de forma organizada e acessível.

Além de servir como ponto de armazenamento dos materiais, o bordo de linha desempenha uma função crucial ao conectar os processos logísticos com os processos de produção. É responsabilidade da equipa de logística abastecer o bordo de linha com as quantidades adequadas de materiais necessários para a produção, respeitando os tempos pré-definidos.

Para que o bordo de linha seja eficaz, é necessário um planeamento cuidadoso. As dimensões do bordo de linha devem ser calculadas tendo em conta os fluxos de trabalho, o tipo e a quantidade de materiais utilizados, bem como a frequência de abastecimento. Um layout bem projetado e uma organização eficiente dos materiais no bordo de linha contribuem para a redução de desperdícios, minimização de tempos de espera e aumento da produtividade.

Em suma, o bordo de linha desempenha um papel crucial na gestão eficiente dos materiais em um processo produtivo. Quando adequadamente planeado, organizado e abastecido, o bordo de linha contribui para a melhoria do fluxo de trabalho, redução de desperdícios e aumento da produtividade geral da empresa.

2.1.2.10. Standard Work

O conceito de *Standard Work* foi aprofundado pela Toyota com o objetivo de criar um fluxo de trabalho contínuo e eficaz em um sistema de produção *One Piece Flow* e esta ferramenta é aplicada em muitos trabalhos manuais na Toyota, no setor de produção, logística ou em ambientes administrativos [28].

O *Standard Work* é uma ferramenta do *Lean* e consiste na padronização de operações realizadas pelos trabalhadores, sendo uma das principais ferramentas para a criação de um desempenho consistente. Esta consistência é um requisito fundamental para a implementação de um processo de melhoria contínua [37].

O *Standard Work* visa definir, clarificar e utilizar consistentemente os melhores resultados possíveis de forma que não seja utilizado como um método isolado, mas sim como um auxílio na identificação de problemas, estabelecimento de métodos eficientes e definição da forma de realizar estes métodos [38].

A otimização do *Standard Work* possui 5 passos [39]:

- **Definição** é responsável por estipular a redução do tempo de ciclo de acordo com o TT necessário;
- **Observação do trabalho** deve seguir os movimentos do operador e o tempo necessário para a realização de cada tarefa e identificar as dificuldades e anormalidades que os operadores estão sujeitos;
- **Melhoria do trabalho** através de planeamento e implementação de medidas para eliminar os vários tipos de desperdícios;
- **Estandarização do trabalho** para normalizar os movimentos do operador e o tempo de ciclo, de forma a apresentar aos mesmos os processos de uma forma visual (cartazes, imagens ou vídeos);
- **Consolidação do trabalho** respeitando as novas normas, criando hábitos de trabalho com recurso a indicadores visuais.

2.1.2.11. Balanceamento de Linha

O Balanceamento das Linhas de produção ou de montagem estão alinhados a Filosofia *Lean*. O *Assembly Line Balancing* (ALB) consiste em atribuir tarefas a postos de trabalho com a intenção de equilibrar um sistema de produção em série, desde o início que é o fornecimento de matéria prima

até a embalagem final do produto. A Técnica utilizada para otimização de operações acaba revelando a importância do *Lean* para o contexto industrial. O balanceamento de linha consiste em nivelar a carga de trabalho ao longo dos processos em um fluxo de valor para remover excessos de capacidade. Na prática a restrição de alguns processos pode atrasar o processo como um todo e a capacidade em excesso pode gerar gargalos e também custos fixos. O balanceamento eficiente entre as capacidades e os fluxos de processos produtivos é seguidamente procurada.

Existem vários modelos de linha de montagem que podem variar dependendo o tipo de produto desenvolvido nas linhas. Os modelos de linha de montagem podem ser descritos como:

1. **Single Model Assembly Line** é utilizado quando há um elevado nível de produção de um único produto e com a integração de setups automatizados o **Single Model Line** foi desenvolvido e ocorre quando os produtos são montados na mesma linha e o tempo de setup seja pouco significativo
2. **Mixed Model Assembly Line** é utilizado quando colaboradores trabalham com vários modelos de produtos e por este motivo o tempo de setup entre modelos não é muito significativo.
3. **Multi Model Assembly Line** é utilizado quando a uniformidade do sistema produtivo ou dos produtos é insuficiente para a obtenção dos números de produção pretendidos para reduzir custos e o tempo de consumo, a produção é planeada em *batches*, sendo formados em grupos por dimensionamento de lotes.

Para identificar os melhores conceitos a serem aplicados, uma análise deve ser feita na linha de montagem com o objetivo de verificar quais os modelos aplicáveis, o tipo de controlo de linha, o nível de automação, os tipos de produtos entre outros. Com esta temática, vários conceitos são associados como [9]:

1. **Tempo de Ciclo (TC)** é o tempo máximo consumido por um determinado posto de trabalho e que pode ser associado a um “estrangulamento” em alguma etapa do processo que faz com que o tempo naquela operação seja maior do que em outras operações (Equação 5).

$$TC \text{ (Segundos)} = \frac{\text{Tempo de Produção}}{\text{Unidades Requeridas}} \quad (5)$$

2. **Takt Time (TT)** já mencionado anteriormente, é definido quando uma empresa estipula com o cliente uma taxa de produção para um determinado produto (Equação 6) [40].

$$TT \text{ (Segundos)} = \frac{(\text{Tempo Efetivo de Trabalho} - \text{Tempo de Paragens}) \times 60}{\text{Volume Médio Diário}} \quad (6)$$

3. **Lead Time (LT)** é a soma dos tempos utilizados para a produção em toda a linha (Equação 7).

$$LT(\text{Dias}) = (\text{Dia de Expedição do Produto} - \text{Dia de Chegada da Matéria Prima}) \quad (7)$$

4. **Idle Time (IT)** é tempo em que a máquina ou o trabalhador não está sendo utilizado, mesmo que seja totalmente funcional
5. **Número Mínimo de Postos (N)** é a quantidade mínima de postos de trabalho necessária para satisfazer em um determinado período de tempo (Equação 8)

$$N(\text{Uni}) = \frac{\sum T_i}{TC} \quad (8)$$

De todos estes conceitos, para a realização de um balanceamento é fundamental que o **TC** e o **TT** estejam bem claros. O Tempo de Ciclo constitui o estrangulamento, ou seja, o tempo mais baixo em relação a todos os postos de trabalho existentes, e o TT é definido também como um tempo de ciclo que é constituído de uma variável obtida com a procura do cliente. Os dois pontos variam com o tempo disponível então são afetados com paragens no processo.

O tempo de TC nunca deve ultrapassar o TT (Figura 5) pois, se isso ocorrer, a linha em questão não consegue abastecer as quantidades solicitadas pelo cliente pois o tempo de ciclo é superior ao ritmo de produção [40]. Assim como o TC não deve ter uma diferença muito inferior ao TT pois isso ocasionaria grandes tempos de folga e uma baixa ocupação de recursos dando origem a desperdícios para a empresa em questão [41]. O principal objetivo do balanceamento de linha é de uma forma com que estes dois conceitos estejam com folgas minimizadas e com isso seja realizada a maximização dos recursos existentes para a produção [43].

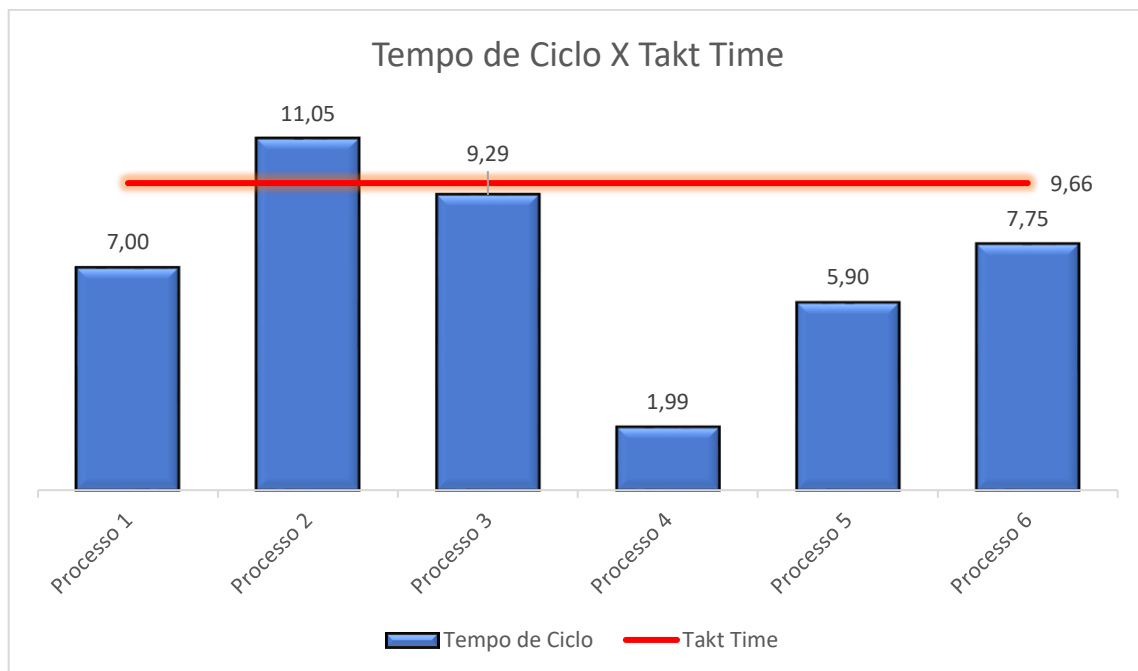


Figura 5. Diagrama de Yamazumi para TC > TC

2.1.2.12. Gráfico de Yamazumi

O gráfico *Yamazumi* é uma ferramenta *Lean* utilizada para representar o tempo das várias tarefas realizadas num posto de trabalho (Figura 6), nos gráficos gerados, o eixo vertical representa o tempo e o horizontal o posto de trabalho. As tarefas podem ser diferenciadas em tarefas que acrescentam valor, que não acrescentam valor e desperdícios [44].

O gráfico é muito importante pois permite identificar facilmente os postos cujo tempo ultrapassa o TT assim como as tarefas que deverão ser eliminadas[45].

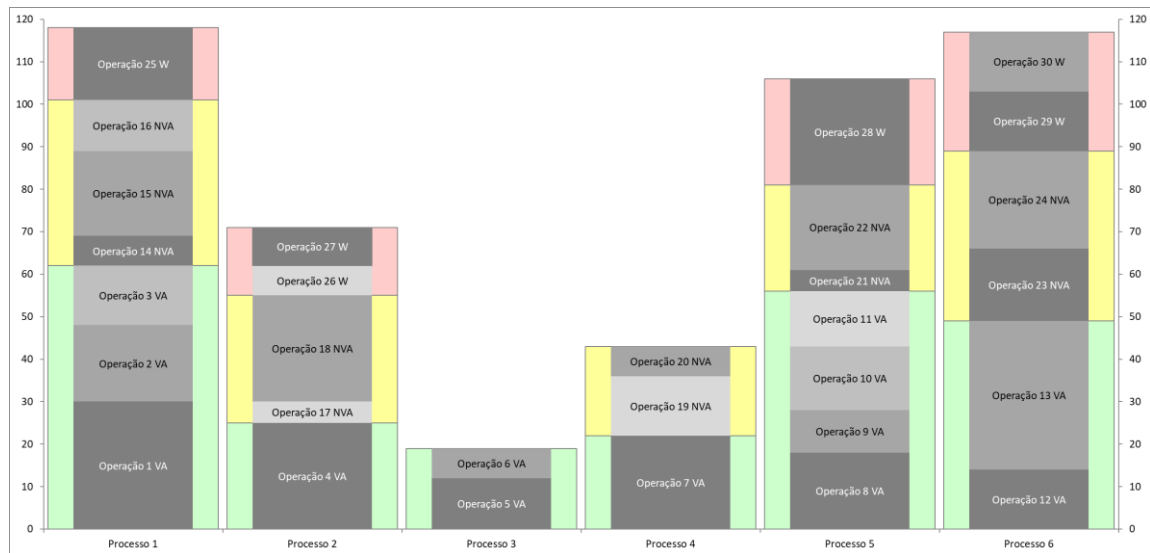


Figura 6. Exemplo de um Gráfico de Yamazumi

2.2. Six Sigma

A metodologia Seis *Sigma* é uma expansão da metodologia 5S de forma a incluir a sensibilização com a segurança [45].

A metodologia 5S conta com cinco palavras japonesas iniciadas em “S”, *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu* e *Shitsuke* e é considerada uma das principais fundações da casa TPS. Esta metodologia tem como objetivo mobilizar, motivar e conscientizar todos em uma empresa para a aplicação de um padrão de atitudes e comportamentos que reflitam na manutenção e melhoria contínua de excelentes condições de ordem, segurança e limpeza dos ambientes de trabalho para melhorar as operações e também o bem-estar de todos e é geralmente aplicada por empresas que pretendem alcançar os seus impactos positivos.

Por sua fácil aplicabilidade em vários tipos de indústria e por gerar ótimas melhorias de processos produtivos, esta prática contribui muito para a melhoria contínua [46], [47].

Seiri “Senso de Utilização” é o ponto inicial para pôr o trabalho em ordem, é utilizado para separar o que é útil do que é inútil “não tem utilidade naquele momento” e o que é necessário do que é desnecessário. Este senso consiste em fazer uma análise nos locais de trabalho e classificar todos os itens como objetos, materiais e informações de acordo com sua utilidade ou frequência de uso naquela operação e só assim deve ser retirado tudo que é inútil para aquele local onde está sendo realizada a atividade;

Seiton “Senso de Organização” consiste em arrumar objetivo ou materiais, facilitando o acesso de forma rápida e fácil. Cada item deve estar em um local definido para facilitar a localização por qualquer pessoa a qualquer momento e um ponto imprescindível deste senso é a conscientização da importância desta organização;

Seisou “Senso de Limpeza” é o senso de executar e manter a limpeza do ambiente, contribuindo para o bem-estar do posto de trabalho e deve ser aplicado de forma regular e sistemática;

Seiketsu “Senso de Saúde” corresponde na padronização e pressupõe a normalização de processos definidos nos três sentidos anteriores e ajuda a melhorar a qualidade de vida através de práticas de higiene;

Shitsuke “Senso de Disciplina” baseia-se em manter e cumprir todas os sentidos anteriores do processo;

Safety “Senso de Segurança” é o principal passo dos 6S e tem como utilidade o fato de manter todos protegidos de perigos que podem ser gerados nos processos de trabalho. A aplicação deste senso é feita através de políticas de proteção e na implementação de equipamentos de segurança para assegurar que não exista nenhum risco de acidente. Para isso é necessário garantir a presença e a manutenção periódica destes equipamentos em seus locais de trabalho.

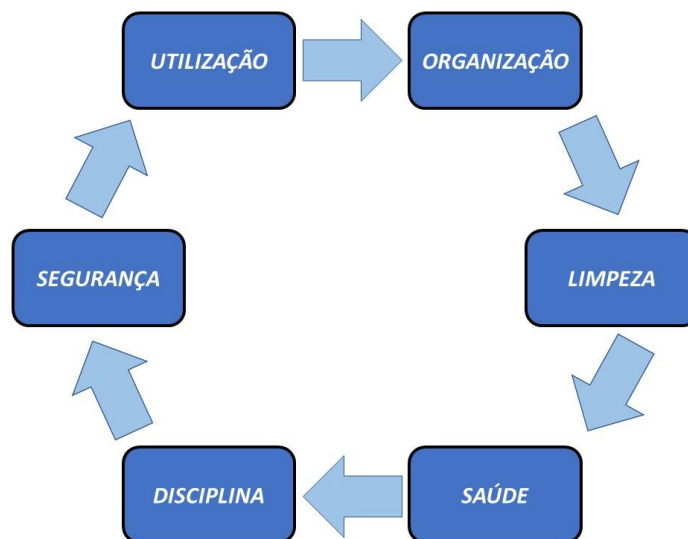


Figura 7. Ciclo Seis Sigma – Adaptado de [46], [47]

O conceito Seis Sigma (Figura 7) foi aplicado no início dos anos 80 na gestão de operações e teve como pioneiro Bill Smith na empresa Motorola que rapidamente adotou suas metodologias em vários setores funcionais da empresa como por exemplo o *marketing*, o setor de compras, engenharia, na manutenção e também em seu suporte administrativo. Rapidamente o sucesso alcançado por seus resultados fez com que esta metodologia fosse utilizada em outras grandes empresas e fez com que nos anos 90 estas empresas economizassem bilhões de dólares em sua gestão de operações [46].

O Seis Sigma fornece ferramentas ou técnicas para determinar o que está deixando os processos lentos para que sejam eliminados os atrasos, implementadas melhorias nos processos, reduzidos problemas ao longo do processo para que assim este processo de fabricação fique mais rápido [47].

Como objetivo desta filosofia que visa reduzir o tempo e os defeitos através de uma redução na variabilidade de processos dentro das organizações e graças a ela a eficiência de 99,9996% pode ser alcançada, o que resulta em apenas 3,4 falhas a cada um milhão de produtos. Também como resultado da implementação desta filosofia, o aumento da fidelidade do cliente e a elevação na moral de colaboradores é alcançada, resultando assim um aumento de produtividade.

Dentro do Seis *Sigma*, dois ramos podem ser aplicados que são o DMAIC e o DMADV. O DMAIC é a abreviatura de Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar e tem como foco os produtos e processos existentes. O DMADV é a abreviatura de Definir, Medir, Analisar, Projetar e Verificar e tem o foco em novos produtos e processos e se diferencia do DMAIC pois seus objetivos e resultados são mais tangíveis, porém ambos os métodos têm como objetivo melhorar a qualidade e eficiência, aumentar a produção e os lucros e possuir uma contínua busca pelo aumento da satisfação dos clientes [49].

As metodologias do Seis *Sigma* são organizadas e sistemáticas e tem como propósito a melhoria de processos estratégicos e também permitem a concepção de novos produtos e serviços. Em seus resultados estão significativas reduções em taxas de defeitos em sua abordagem que permite melhorar a produtividade, qualidade e redução de custos operacionais e sua metodologia recorre a métodos estatísticos e científicos e é utilizado para medir e reduzir a variabilidade de processos.

De forma geral, o Seis *Sigma* é uma estratégia de melhoria de negócios e tem como seu principal foco a melhoria de margem de lucro ao reduzir desperdícios e custos de má qualidade e melhorar a eficiência e eficácia do sistema como um todo de modo a superar as expectativas de todas as partes interessadas.

2.2.1. DMAIC

O DMAIC é uma metodologia de resolução de problemas baseado em dados para identificar e abordar ineficiências em um processo, melhorando seus resultados e tornando estas melhorias mais previsíveis. Esta metodologia é utilizada em todo o mundo e se concentra em melhorar os processos existentes em uma organização [50].

A metodologia DMAIC foi criada pelo estatístico Walter A. Shewhart em 1930 o qual usou como base a metodologia **Plan, Do, Check e Act (PDCA)**. É composto por cinco fases que usam abordagens para vários processos organizacionais como desenvolvimento de *softwares* e outros. Este método é frequentemente ligado ao Seis *Sigma* mas pode ser utilizado para outras estratégias de melhorias de processo. O acrônimo DMAIC significa Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar e todas estas fases pretendem esclarecer questões de forma a contribuir para progressos (Figura 8).

As melhores ferramentas para utilização do ciclo DMAIC diferem de caso para caso e cada projeto possui características únicas, as quais possuem influência nas melhores ferramentas que devem ser utilizadas em cada fase do processo. O responsável pelo projeto deve fazer as ponderações necessárias e adotar as melhores combinações possíveis [51].

Uma característica desta ferramenta é que ela é capaz de oferecer uma estrutura rigorosa e disciplinada ao processo e além de ser utilizada para a melhoria de processos, ela é muito utilizada para a gestão de projetos. Com a sua implementação, a possibilidade de encontrar soluções tendo como base decisões sustentadas por dados e padrões e também fornecer procedimentos formais para a implementação de soluções [52].

A etapa de **Definir (Define)** é utilizada para verificar quais os problemas, oportunidades de melhoria e quais as exigências do cliente. Nesta etapa o processo como um todo é analisado e deve ser determinado a relação do problema com os processos de fabrico e define qual é o problema de qualidade que a organização ou setor está enfrentando. A apropriação da relevância dos objetivos também deve ser definida nesta etapa [53].

Medir (Measure) é a segunda etapa e com ela a situação atual do processo deve ser verificada de forma a identificar quantitativamente as falhas no processo, na capacidade e na capacidade. Antes desta identificação, deverão ser verificados os meios de medição (MSA) de modo a validar a sua fiabilidade. Até este ponto do DMAIC, a metodologia é utilizada para conhecer o cenário atual e suas oportunidades de melhoria através da observação e pesquisas de conhecimento [54].

A fase de **Analisar (Analyze)** é utilizada para realizar um diagnóstico nos dados obtidos na fase de medição para então determinar o principal motivo que está causando as falhas e variações no processo em análise, é nesta etapa também que é identificado a causa e também o efeito e quando identificar mais de uma causa, testes devem ser feitos para identificar quais possuem um maior impacto para o sistema. Um estudo de correlação entre causas e efeitos é realizado nesta mesma etapa para uma melhor validação do estudo e aumento de segurança para seguir para a melhoria [53].

A fase de **melhoria (Improve)** é utilizada para a implementação de medidas que foram desenhadas para melhorar o desempenho e atingir o estado desejável. Nesta etapa, o uso das informações coletadas em todas as etapas anteriores devem ser utilizadas, as causas dos problemas em que foram analisados na última etapa serão utilizadas para que com elas possa ser definido quais as alterações ou melhorias devem ser executadas para melhorar as causas das falhas, para a execução destas melhorias alguns experimentos devem ser efetuados para validar as opções de melhorias identificadas e então utilizar as que apresentarem melhores resultados nos estudos. Fazer uma análise se as melhorias escolhidas no final de todo processo não serão causas de outros problemas, esta análise é importante pois o objetivo é solucionar problemas e isso ocasionaria efeitos colaterais e novos problemas [54].

Ajustamentos da gestão do processo e **controle (Control)** do sistema são realizados na última etapa de forma a validar que os resultados sejam sustentáveis. Nesta fase as melhorias são efetivamente validadas e padronizadas por meio de documentos e imagens para que sejam utilizadas em projetos futuros. A introdução de processos para controlar continuamente todas as ações que foram introduzidas é necessária para que a melhoria não se perca com o tempo [54].

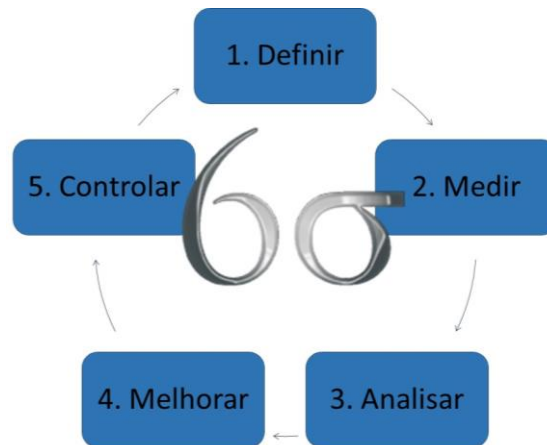


Figura 8. Ciclo DMAIC – Adaptado de [46], [47]

2.2.2. Lean Seis Sigma (LSS)

O *Lean Seis Sigma* (LSS) teve origem nos anos 2000 e foi criado a partir das LSS [55]. Esta filosofia é considerada um método diferenciador de gestão e melhoria e sua aceitação tem crescido rapidamente provocando melhorias significativas na performance das organizações [56].

A prática das filosofias LSS possibilita as empresas formularem estratégias de desenvolvimento sustentável e também a serem responsáveis de maneira social e ambiental por suas práticas, buscando um controle que as forneça vantagens competitivas. As melhorias são identificadas na diminuição de custos, *lead time* e na melhoria de qualidade com a eliminação de desperdícios e variação de processos e com isso a satisfação dos clientes é alcançada [57].

Combinando o *Lean* com o *Seis Sigma*, é possível utilizar o melhor das duas filosofias de modo a alcançar a excelência operacional através da utilização de todas as ferramentas disponíveis para obter o que as metodologias têm de melhor, aumentando a velocidade e a precisão [58].

2.2.3. Single Minute Exchange or Die (SMED)

A *Single Minute Exchange of Die* (SMED) é uma metodologia utilizada para reduzir os tempos de *setup* de equipamentos e máquinas e é conhecido popularmente como uma troca rápida de ferramenta. Teve origem com Taiichi Ohno e posteriormente foi otimizado por Shigeo Shingo, um engenheiro industrial japonês que alcançou resultados incríveis ao ajudar indústrias a reduzir o tempo de *setup* em média 94% (por exemplo, troca de 90 minutos para menos de 5 minutos) em empresas de diversos setores [59].

O conceito principal de SMED é a redução no tempo de *setup*, este tempo é contado a partir da última peça boa de um lote na qual esta sendo produzida até a primeira peça boa do novo lote, todos os ajustes feitos na máquina entre estas produções e todos os tempos gastos com peças defeituosas também são contabilizados como *setup* [60].

Dentro do SMED os tempos de *setup* são divididos em duas partes, o tempo de troca interno e o tempo de troca externo. A troca interna é realizada quando as máquinas estão paradas e nada está sendo produzido, as trocas externas são realizadas mesmo quando as máquinas estão trabalhando e não contabilizam para o cálculo de tempo de *setup*. Três passos são necessários para obter estas

reduções de melhoria, primeiro deve ser separado os *setups* internos e externos e em seguida converter todo o *setup* interno possível em *setup* externo e em seguida verificar os internos não são possíveis serem executados externamente e reduzir ainda mais seus tempos (Figura 9) [61].

Esta metodologia parte do princípio que o tempo de *setup* deve demorar menos de 10 minutos. O principal objetivo do SMED é fazer com que a produção de variados produtos em uma linha tenha flexibilidade e com isso a produção em massa não seja necessária e a linha de produção consiga atender os requisitos dos clientes de diversos produtos sem que o *setup* seja um problema crítico para estas operações. Estas melhorias em uma linha facilitam a execução de um sistema puxado no qual a empresa fabrique apenas o que for solicitado pelos clientes e com isso evite grandes números de stocks [10].

Com os objetivos de redução de tempo entre a produção de lotes, além da indústria conseguir entregar esta variedade de produtos em um Sistema *Pull* e com baixa produção de Stocks, ainda consegue alcançar outro objetivo que é a redução de *Lead Time* do pedido inicial do cliente [61].

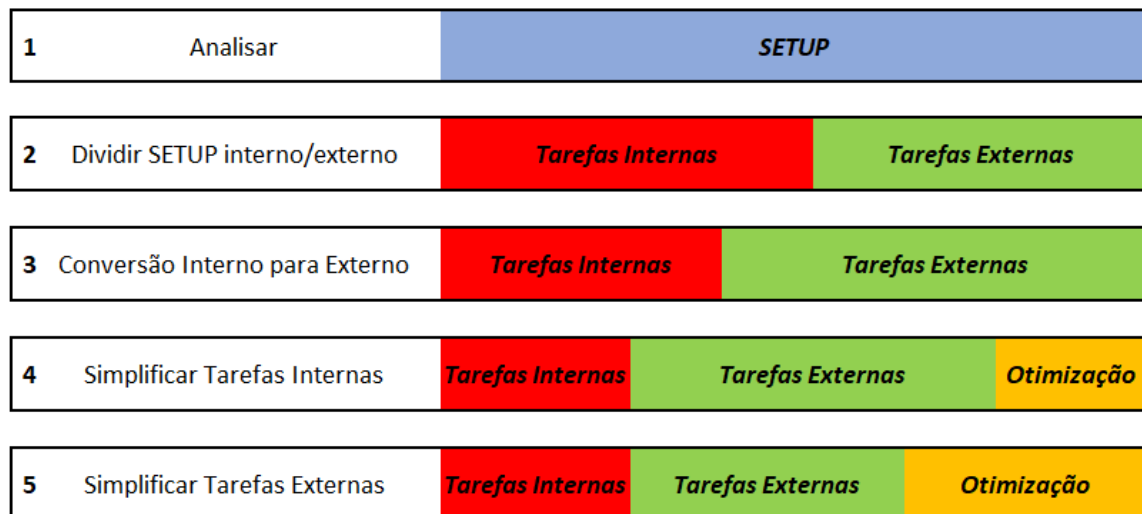


Figura 9. Processo de Aplicação do SMED – Adaptado de [62]

3. MÉTODOS E APLICAÇÃO

O presente capítulo destina-se a apresentar o trabalho efetuado ao longo do projeto.

Numa fase inicial, foi necessário conhecer a empresa onde foi desenvolvido o caso de estudo, o seu ambiente produtivo, bem como compreender todos os processos associados à produção dos artigos em todas as suas operações. Em seguida, foi realizada a análise das referências produzidas nas linhas de Montagem MO03, Teste TE02 e Embalagem EM07 numa abordagem mais específica.

Após a realização das análises iniciais, partiu-se para os estudos de variabilidade das linhas. Inicialmente, foi realizada a análise de todas as referências de misturadoras produzidas, mais especificamente, uma análise multinível, com o estudo de quantidades produzidas em anos anteriores e os cálculos de OEE atuais dos processos inerentes.

No final, foi realizada a implementação da metodologia DMAIC que teve seu início com a definição de famílias para facilitar a padronização de alguns processos e, por fim, a análise e controlo dos resultados obtidos com a implementação das propostas.

3.1. Contextualização do Ambiente Produtivo

O processo de aprendizagem teve início com a realização de uma série de atividades formativas nas diversas áreas da empresa, que possibilitou uma melhor compreensão da estrutura de funcionamento da organização e também foi realizado o *Gemba* nos setores envolvidos. Para tal, teve-se como base o *layout* do setor da empresa, que é representado por 6 linhas de montagem, 3 linhas de teste e 9 linhas destinadas a embalagem e também pelos setores de stock e expedição.

3.1.1. Layout

A empresa por questões de sigilo não disponibilizou o layout original do setor em questão, tornando difícil obter uma compreensão visual precisa de sua disposição. No entanto, com o objetivo de fornecer uma representação visual aproximada, foi criada a Figura 10. Essa figura visa ilustrar a disposição das linhas de montagem, teste e embalagem, bem como do setor de armazém de matéria-prima e da expedição. Embora a Figura 10 não seja baseada no layout original, busca-se apresentar uma visão esquemática das diferentes áreas e sua organização relativa.

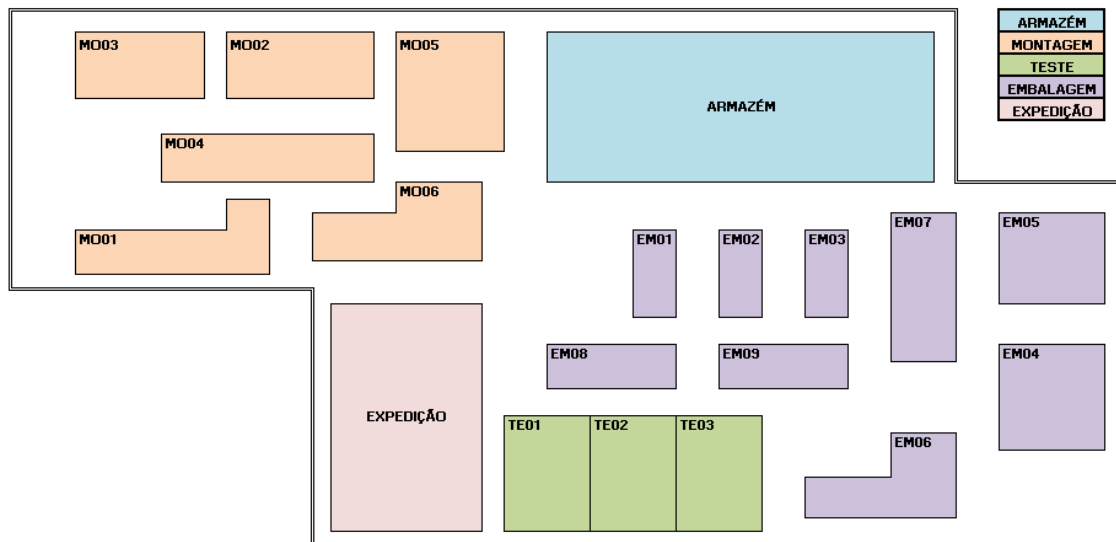


Figura 10 Representação do Layout do Setor de Montagem, Teste e Embalagem

Com estas figuras, podemos distinguir as áreas. Na Figura 10, está o Armazém de Matéria-Prima (MP), assim como os setores de teste e montagem onde decorre o controlo de determinados produtos previamente ao seu armazenamento e expedição.

A divisão está associada por cores aos produtos que cada área ou unidade de produção produz. O setor de montagem está dividido em 6 unidades produtivas, o setor de teste em 3 e o setor de embalagem em 9 unidades de produção. Cada unidade está destinada a produzir para determinados tipos de produtos. O foco foi essencialmente dado às unidades MO03, TE02 e EM07, apresentadas com mais detalhes na Figura 11. Estas unidades produtivas dedicam-se à produção praticamente exclusiva de misturadoras.

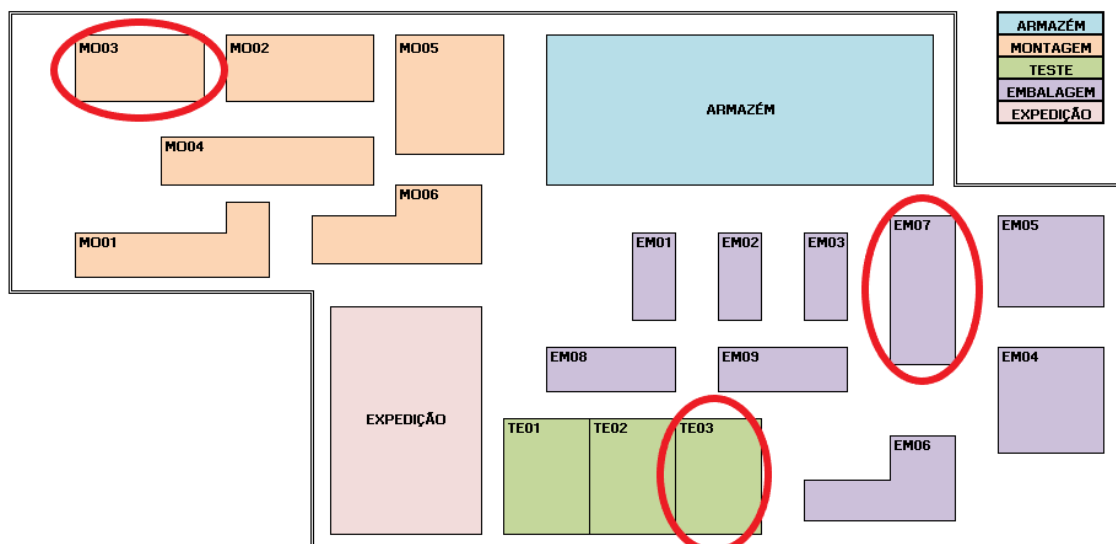


Figura 11 Representação do Layout do Setor de Montagem, Teste e Embalagem com Linhas de Produção em Destaque

Inicialmente, procedeu-se também à observação dos vários postos de trabalho presentes nesta unidade, avaliando-se junto com os colaboradores da empresa fatores como o método e duração das operações efetuadas, os procedimentos a cumprir, a existência de *poka-yokes* e a verificação de problemas nos postos de trabalho. A nível do funcionamento da fábrica, sua operacionalidade

está em 8 horas por dia, 5 dias por semana e as linhas funcionam em um único turno de 8 horas, de acordo com as necessidades do cliente, ou seja, de acordo com a procura no período em questão. Estas linhas possuem a possibilidade de trabalhar horas extra ou durante o fim de semana, em épocas de maior pressão sobre as procuras necessárias.

3.1.2. Descrição do Produto

As linhas produzem 41 referências de misturadoras. Imensa maioria dos componentes entre as referências são semelhantes e são constituídos em sua montagem, basicamente, por: Corpo da torneira, *orings* para vedações, casquilhos, cartucho, manípulos entre outros. Os componentes utilizados na embalagem também são em sua maioria semelhantes e são constituídos por: Saco bolha, caixa, separador, kit excêntrico para ligação de válvulas, chuveiro de mão, suporte, bicha, certificado entre outros. Algumas referências possuem componentes específicos como uma bica e inversores.

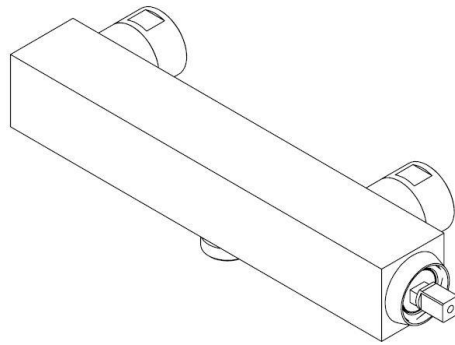


Figura 12 Corpo da Misturadora Referência CRP6668053

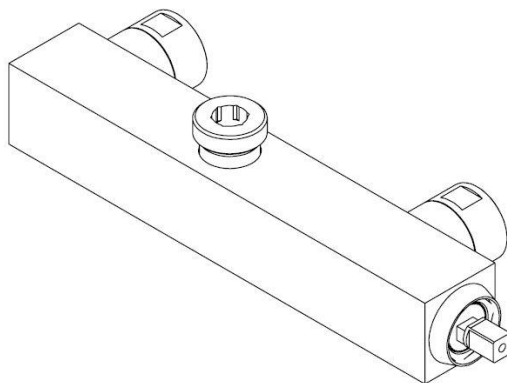


Figura 13 Corpo da Misturadora Referência CRP6668060

A referência da Figura 12 e a referência da Figura 13 presentes nesta linha estão associadas as misturadoras e possuem grandes similaridades. As referências que pertencem ao mesmo projeto são construídas com o mesmo padrão de componentes e operações, são simétricas. Por exemplo, uma determinada referência de misturadora é utilizada para ser aberta na parte superior e outra na parte inferior para o mesmo padrão de parede. Pertencendo, assim, ao mesmo projeto. Ao nível da produção não existem diferenças significativas para estas referências, apenas pequenas trocas de ferramentas devido á simetria de encaixe de algumas peças.

3.1.3. Atuais Modelos de Produção

A produção das linhas em estudo são atualmente realizadas numa lógica de *Make To Order* (MTO).

- *Make To Stock* (MTS) - referências com uma elevada cadência de pedidos, sendo necessária a produção para stock para assegurar um elevado nível de serviço.
- *Make To Order* (MTO) - referências com uma baixa cadência de pedidos, apenas com produção quando existe pedido.

3.1.4. Objetivos do Projeto

Para a contextualização do problema existente, que está diretamente associado as linhas de montagem, teste e embalagem, destacadas a vermelho na Figura 11. O problema em estudo tem por objetivo apresentar uma solução que possibilite a criação de uma única linha que unifique estes três processos em uma metodologia *One Piece Flow* para uma redução da elevada variabilidade das linhas, assim como a diminuição de possíveis desperdícios nos processos associados, indo ao encontro das necessidades do cliente.

A falta de padronização nos processos, o grande número de componentes aguardando para produção e os registos de eficiência abaixo dos objetivos para as misturadoras tem provocado resultados inferiores aos orçamentados, comprometendo assim, o prazo de entrega ao cliente, aumento dos custos de produção e, conseqüentemente, do lucro, ou seja, resultando em prejuízos avultados para a empresa.

Neste sentido, com vista a aumentar a eficiência e a reduzir stock de itens em produção a empresa traçou um plano com a envolvência de vários elementos que atuam conforme as responsabilidades atribuídas e com foco nestas melhorias.

O desenvolvimento deste trabalho visou responder às solicitações colocadas pela empresa, cujos principais objetivos foram:

- Padronização dos processos;
- *One Piece Flow*;
- Reduzir o tempo para realização das operações (cumprimento do *takt time*);
- Identificar e eliminar desperdícios.

A linha deve responder a algumas solicitações como o cumprimento dos requisitos de ergonomia, área disponível para a estação de trabalho e medidas padronizadas do bordo de linha. O objetivo do Lean é desenvolver a linha com a sequência de operações definida de forma a responder a todas as solicitações colocadas pela empresa.

3.2. Estudo de Variabilidade das Linhas de Produção

Esta secção teve início com a realização do estudo e variabilidade das linhas MO03, TE02 e EM07. A compreensão da situação atual das linhas. A identificação e explicação dos problemas existentes ajudou para a iniciação do estudo de variabilidade das mesmas.

3.2.1. Análise das Linhas de Produção

Nesta primeira fase, era necessário compreender melhor o funcionamento das linhas. Como tal, partiu-se para a contextualização e análise do processo produtivo associado para as áreas de montagem, teste e embalagem. Para compreender estes processos de uma forma global, é necessário conhecer todos os componentes que serão necessários e em qual etapa os utilizar.

Atualmente a empresa não tem uma gama operatória padronizada, ficando a critério dos operários a sequência de produção dos componentes, foram realizados vídeos dos operadores realizando as operações e após isso foi verificada a necessidade de criar uma padronização de processos para todas as etapas de produção.

Na Figura 14 e na Figura 15 estão representadas imagens da atual linha de montagem a qual possui muitos componentes que em sua grande maioria não são utilizados pela grande maioria das misturadoras produzidas.

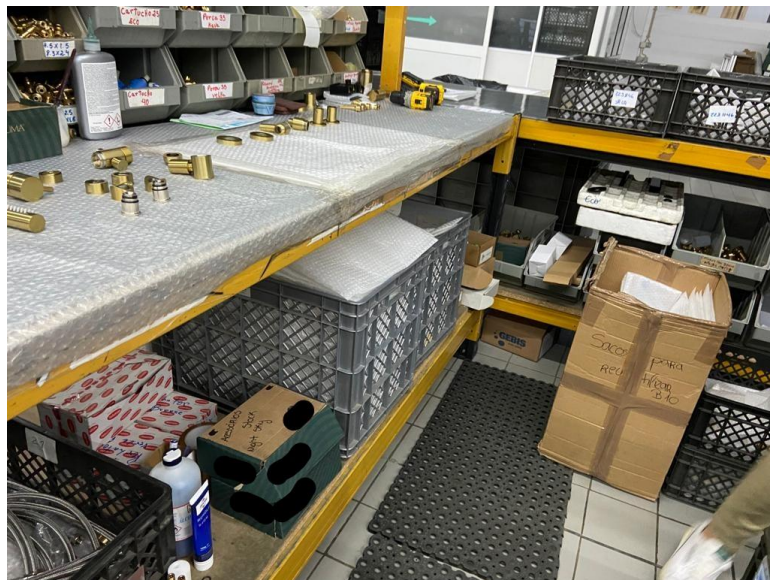


Figura 14 Linha de Montagem

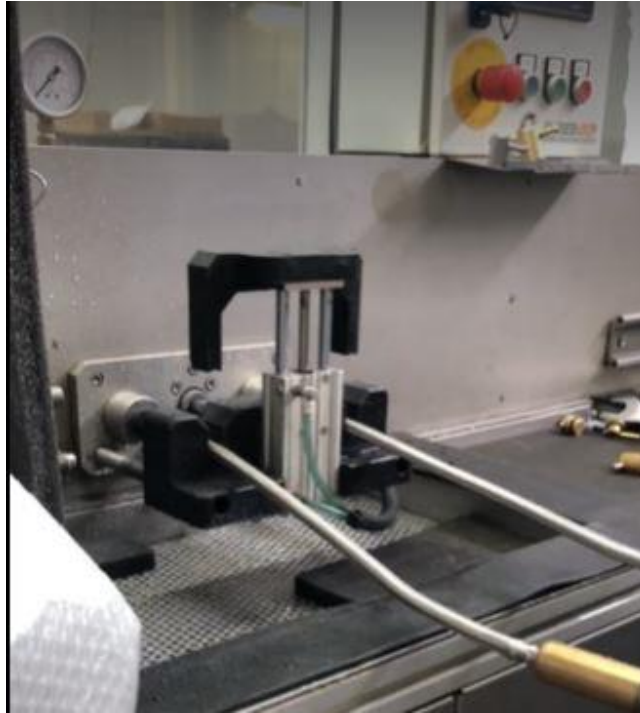


Figura 16 Setor de Teste atual

Atualmente existe um setor exclusivamente dedicado ao teste das misturadoras representado na Figura 16 que utiliza métodos que implicam o consumo de água e, muitas vezes, acumulam peças em espera o que provoca um aumento do Lead Time do processo.

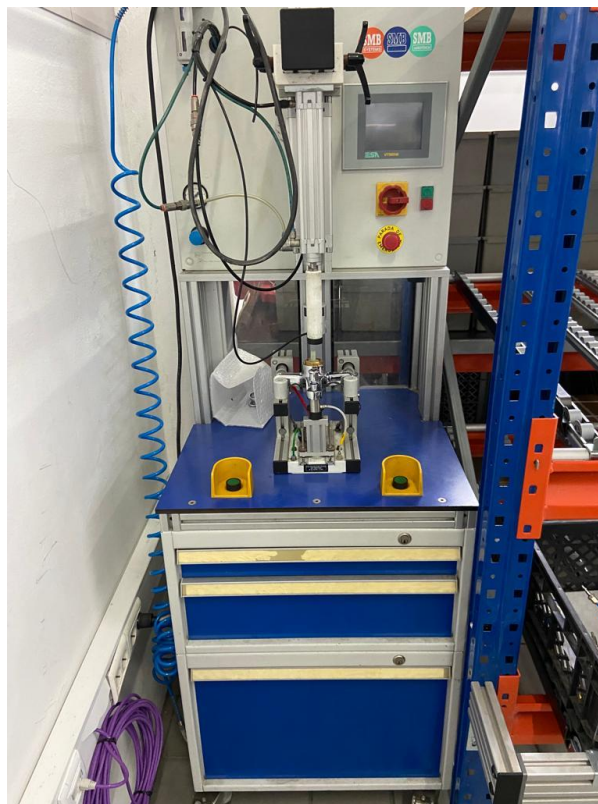


Figura 17 Máquina de Teste Automática

O objetivo da empresa é anexar a máquina representada na Figura 17 na nova linha, unificando assim as três etapas num só processo garantindo a metodologia *One Piece Flow*.

Ao verificar a linha de embalagem Figura 18 e Figura 19, assim como identificado na linha de montagem o seu tamanho e quantidade de componentes fazem com que os desperdícios sejam visualizados facilmente já em uma primeira análise.



Figura 18 Linha de Embalagem



Figura 19 Linha de embalagem - Bichas

Na análise dos tempos de execução foram identificados processos que podem ser retirados do setor de embalagem e passados para antes do teste o que ajudaria no balanceamento para que a linha tenha disponibilidade de ser operada tanto com um quanto com dois operadores ao mesmo tempo.

3.2.1.1. Cálculo do indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Após a descrição dos processos produtivos a analisar e respectivas linhas o mapeamento dos processos das linhas em questão, seguiu-se a análise mais focada nas linhas MO03, TE02 e EM07. A empresa utiliza como principal KPI (*Key Performance Indicator*) o indicador OEE. Como métodos para a obtenção dos indicadores a empresa utiliza o **Conceito de *Labour Effectiveness***.

Em indústrias deste setor, a produtividade da produção de linhas depende quase que em sua totalidade do trabalho humano e o cálculo de OEE é realizado pelo trabalho realizado pela mão de obra direta dos operários. Para sistemas de produção como este, a otimização da mão de obra tem maior relevância sobre a otimização de máquinas para alcançar o melhor e maior aproveitamento das linhas.

Os valores de velocidade, qualidade e disponibilidade nestes processos são calculados de forma distinta do modo tradicional.

Para o cálculo do indicador de **Velocidade** a empresa utiliza os valores definidos quando um novo modelo é introduzido na linha de produção. Quando uma nova referência é introduzida, seus valores de taxa de produção são estabelecidos com base na previsão de custos e objetivos. Uma meta de produtividade por pessoa referenciada por PHh (Produção por hora-homem) é definida.

A velocidade então é calculada com a divisão do tempo teórico para produzir X unidades pelo tempo real utilizado para produzir as mesmas X unidades (Equação 9).

$$Velocidade = \frac{\text{Tempo Teórico para Produzir X Unidades}}{\text{Tempo Real Utilizado na Produção de X Unidades}} \quad (9)$$

Para o cálculo da Qualidade o Conceito de *Labour Effectiveness* utiliza o tempo gasto para produção de X referências sem defeitos dividido pelo tempo gasto para produzir as mesmas X referências mais o tempo gasto para produzir as referências com defeitos neste intervalo de amostragem (Equação 10).

$$Qualidade = \frac{\text{Tempo Total para Produzir o Total de Unidades sem Defeito}}{\text{Tempo Utiliza Real (Unidades com e sem Defeito)}} \quad (10)$$

O cálculo do indicador de Disponibilidade é calculado multiplicando o número de funcionários no local pelo tempo despedido o que resulta no número de horas-homem trabalhadas. Em seguida é determinado o tempo não produtivo em horas-homem multiplicando o número de trabalhadores alocados pelas horas de paragem da linha. O cálculo final é o Tempo de produção disponível - Tempo de Paragem dividido pelo tempo de produção disponível (Equação 11).

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de Distribuição Disponível} - \text{Tempo de Paragem}}{\text{Volume Médio Diário}} \quad (11)$$

Com o levantamento dos dados históricos da empresa, de janeiro de 2021 até dezembro de 2021, foi verificada a percepção do desempenho das linhas de produção. Foi verificado que a componente velocidade é o indicador que apresenta maior oscilação ao longo do tempo. Os três componentes apresentam oscilações consideráveis, mas o foco do projeto incidirá sobre a melhoria da velocidade da OEE.

De seguida, os dados recolhidos são apresentados e analisados com as oscilações da velocidade, qualidade e disponibilidade, e também as variações gerais da OEE das linhas MO03 e EM07, por não ser o objetivo do trabalho em questão a linha TE02 não foi analisada.

Os históricos da velocidade foram analisados e variam entre 74,54% (janeiro) e 92,31% (novembro) na linha MO03 de acordo com a Figura 20 e na linha EM07 de acordo com a Figura 21 variam entre 73,50% (março) e 90,21% (julho). A velocidade média da linha MO03 é 76,98% (excluindo o valor do mês de novembro por ser um *outlier*) e a velocidade média da linha EM07 é 79,12% (excluindo o valor do mês de julho por ser um *outlier*). Este valor médio é muito inferior a referência mundial que é de 95%, portanto o projeto possui uma margem significativa para melhoria.

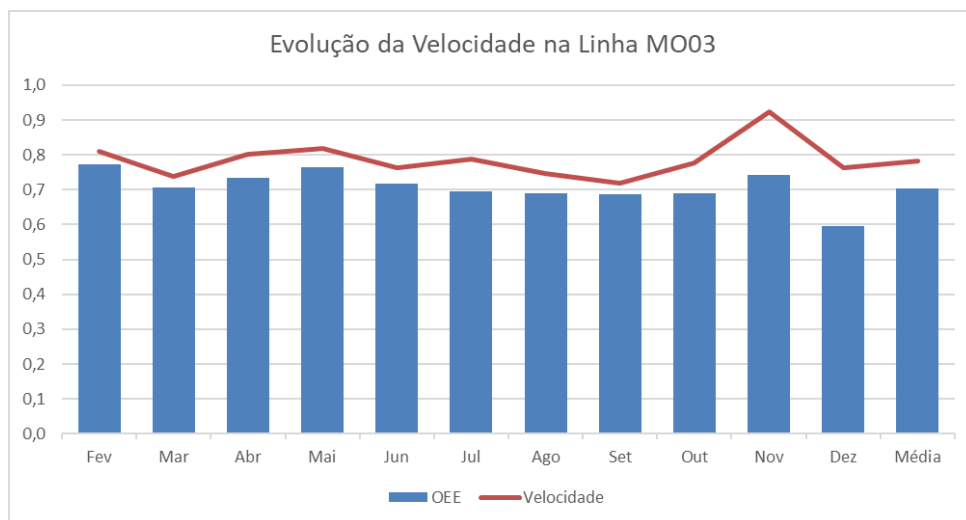


Figura 20 Evolução da Velocidade na Linha MO03

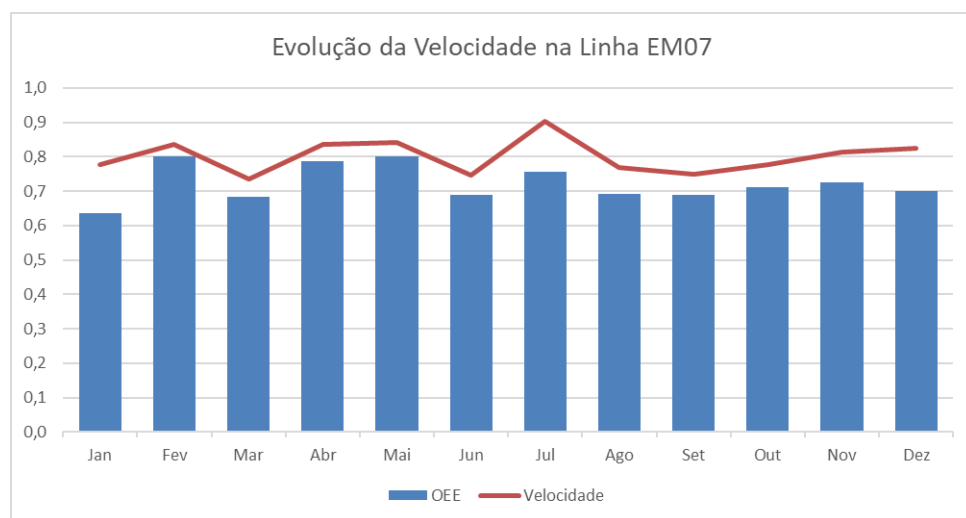


Figura 21 Evolução da Velocidade na Linha EM07

Os históricos da qualidade variam entre 88,21% (novembro) e 99,81% (junho) na linha MO03 de acordo com a Figura 22 e na linha EM07 variam entre 90,25% (julho) e 99,36% (setembro) de acordo com a Figura 23. A qualidade média da linha MO03 é 98,11% (excluindo o valor do mês de novembro por ser um *outlier*) e a qualidade média da linha EM07 é 98,10% (excluindo o valor do mês de Julho por ser um *outlier*). Encontrando-se próximo do valor de 99% que é considerado referência mundial.

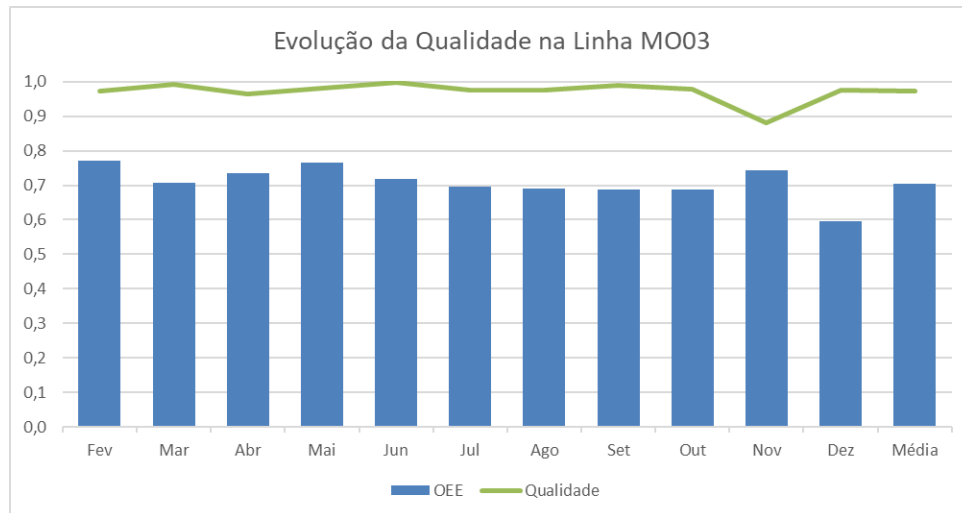


Figura 22 Evolução da Qualidade na Linha MO03

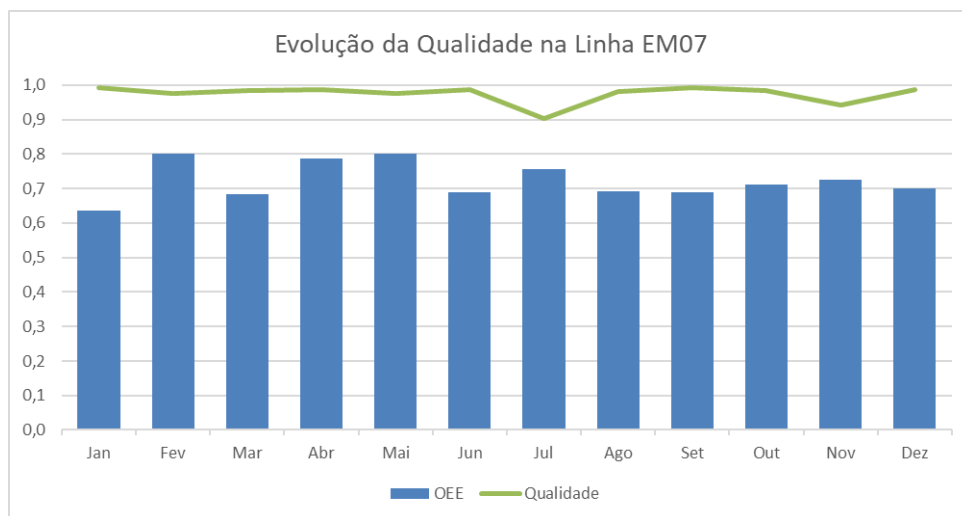


Figura 23 Evolução da Qualidade na Linha EM07

Os históricos da disponibilidade variam entre 80,23% (dezembro) e 97,81% (fevereiro) na linha MO03 de acordo com a Figura 24 e na linha EM07 variam entre 82,58% (janeiro) e 98,36% (fevereiro) de acordo com a Figura 25. A disponibilidade média da linha MO03 é 92,52% e a disponibilidade média da linha EM07 é 92,67%. Este valor é superior aos 90% que é considerado referência mundial.

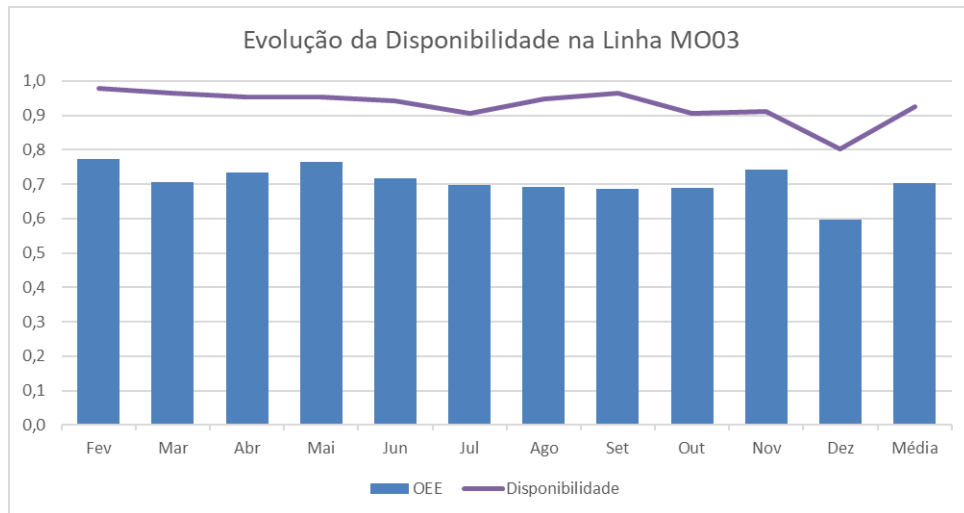


Figura 24 Evolução da Disponibilidade na Linha MO03

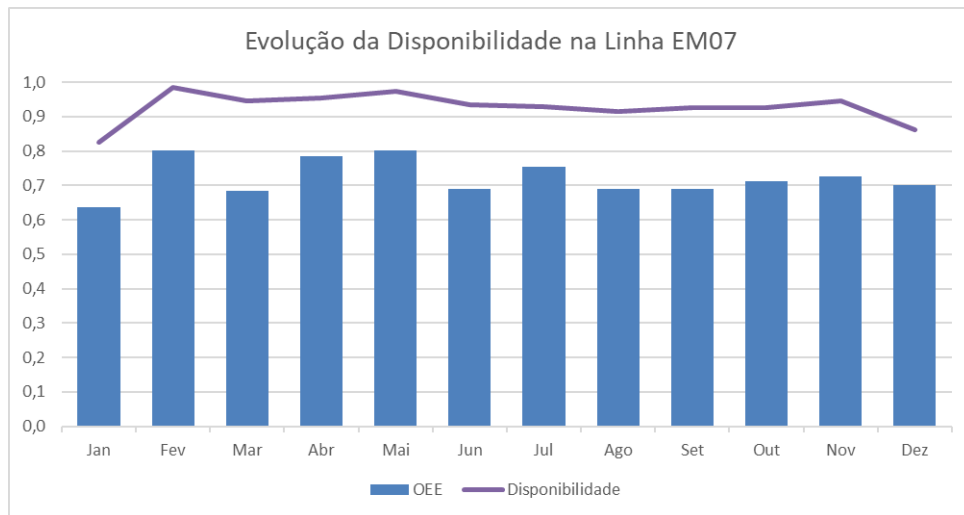


Figura 25 Evolução da Disponibilidade na Linha EM07

Com base nos dados históricos da OEE da linha MO03 Figura 26 e da linha EM07 Figura 27, é verificado que os valores variam respetivamente entre 59,67% (do mês de dezembro) e 77,18% (do mês de fevereiro) e 63,67% (do mês de janeiro) e 80,15% (do mês de fevereiro). O valor de referência mundial é de 85% o que torna nítido a grande margem de melhoria.

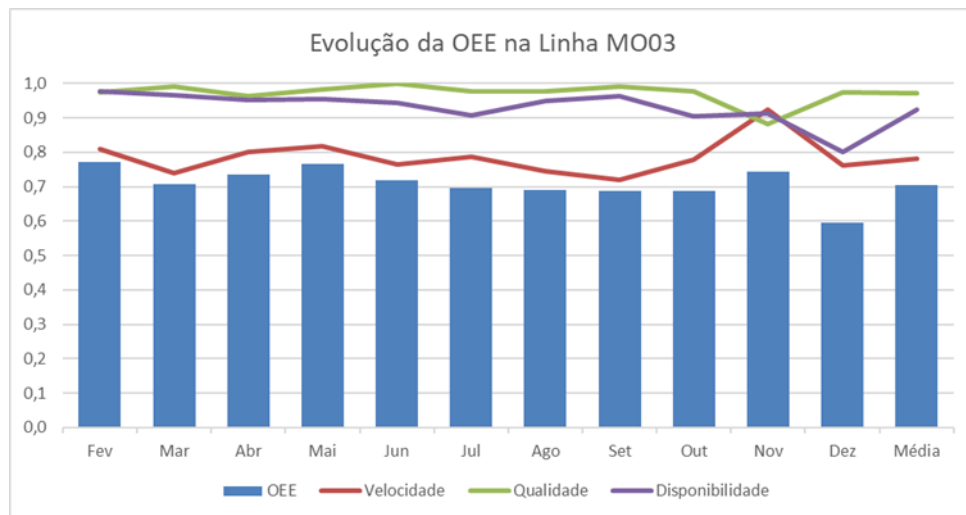


Figura 26 Evolução da OEE na Linha MO03

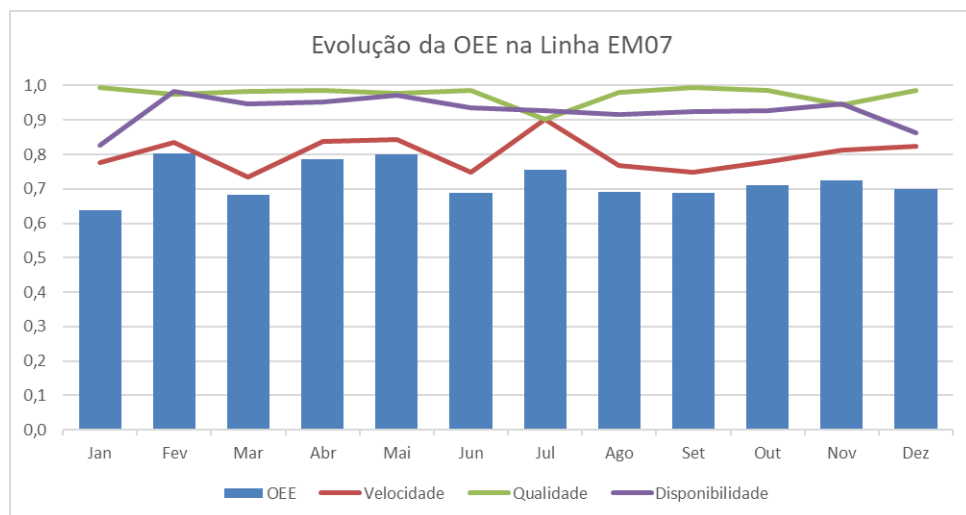


Figura 27 Evolução da OEE na Linha EM07

Os valores de Qualidade e Disponibilidade apresentam estabilidade ao longo dos meses analisados já os valores referentes a Velocidade apresentam maior instabilidade e maior intervalo de variação e também é o indicador que apresenta a menor média.

A partir dos dados apresentados se torna visível que a melhoria nos dados de Velocidade podem contribuir para o aumento dos valores de OEE para a nova linha em comparação com as atuais linhas de produção.

3.2.1.2. Número de referências atual e perspectiva de crescimento

Para avaliar a dimensão do projeto e a quantidade de referências que são produzidas atualmente pela empresa foi desenvolvido um levantamento de toda a produção e venda de misturadoras no ano anterior. Foram analisados todos os pedidos para o ano de 2022 e através de pesquisas de mercado feitas por profissionais da empresa, foi elaborado um *Forecast* com as previsões de procura para o ano seguinte.

Tabela 1 Forecast Misturadoras

Referências	Vendas 2022	Forecast 2023	%
CRP6668056	1497	2068	12,59%
CRP6668018	1379	1904	11,60%
CRP6668050	1303	1799	10,96%
CRP6668048	1073	1482	9,02%
CRP6668001	1042	1439	8,76%
CRP6668047	906	1251	7,62%
CRP6668046	680	939	5,72%
CRP6661012	656	0	0,00%
CRP6668049	655	905	5,51%
CRP6668062	619	0	0,00%
CRP6668042	390	539	3,28%
CRP6668059	390	0	0,00%
CRP6668027	376	519	3,16%
CRP6668051	361	499	3,04%
CRP6668040	341	0	0,00%
CRP6668028	257	355	2,16%
CRP6668060	251	347	2,11%
CRP6668054	239	330	2,01%
CRP6668009	177	244	1,49%
CRP6668026	176	243	1,48%
CRP6668008	153	211	1,29%
CRP6668041	138	191	1,16%
CRP6668021	125	173	1,05%
CRP6661009	114	157	0,96%
CRP6668022	86	119	0,72%
CRP6668023	82	113	0,69%
CRP6668052	80	110	0,67%
CRP6668004	78	108	0,66%
CRP6668034	68	94	0,57%
CRP6668053	49	68	0,41%
CRP6668032	40	55	0,34%
CRP1021002	22	30	0,19%
CRP6668033	19	26	0,16%
CRP6668132	18	25	0,15%
CRP6668133	14	19	0,12%
CRP6668005	13	18	0,11%
CRP1681001	10	14	0,08%

CRP6668006	10	14	0,08%
CRP6668126	5	7	0,04%
CRP6668130	4	6	0,03%
CRP6668127	1	1	0,01%
TOTAL	13897	16439	100%

^aOs dados foram coletados entre o dia 01 de Janeiro até dia 31 de Dezembro de 2022

O *Forecast* identificou alguns modelos que estão sendo descontinuados e os cálculos além de representarem um aumento na produção por ganho de *marketshare* por parte da empresa com relação as concorrentes, também assumiu um aumento de produção devido a economia no país estar aumentando e repassou a produção dos itens descontinuados para alguns modelos já produzidos (Tabela 1).

A contagem de referências passou de 41 para 37 e para o ano é esperado uma procura de 16.439 misturadoras distribuídas nos 12 meses, para a empresa a padronização da linha é fundamental e para isso é necessário a separação das referências por famílias e os itens com baixa produção serem produzidos fora da linha em projeto neste trabalho.

3.3. DMAIC

O caso de estudo aborda a aplicação da metodologia DMAIC na melhoria dos processos.

Nesta secção são apresentadas as várias etapas deste ciclo, aplicado ao projeto de melhoria.

3.3.1. Fase Define

Na primeira fase do ciclo DMAIC, é realizado uma definição completa do projeto. Para tal, foi preciso selecionar o projeto e, posteriormente, estabelecer quais as metas e objetivos a atingir. É apresentado a Formação de Famílias, Calendarização de Projetos e Cálculo de Tempos.

3.3.1.1. Famílias de artigo

Após a seleção do projeto e posterior estudo de procura, foi utilizado como ferramenta o Gráfico de Pareto que tem como objetivo a seleção das principais referências de misturadoras produzidas pela empresa.

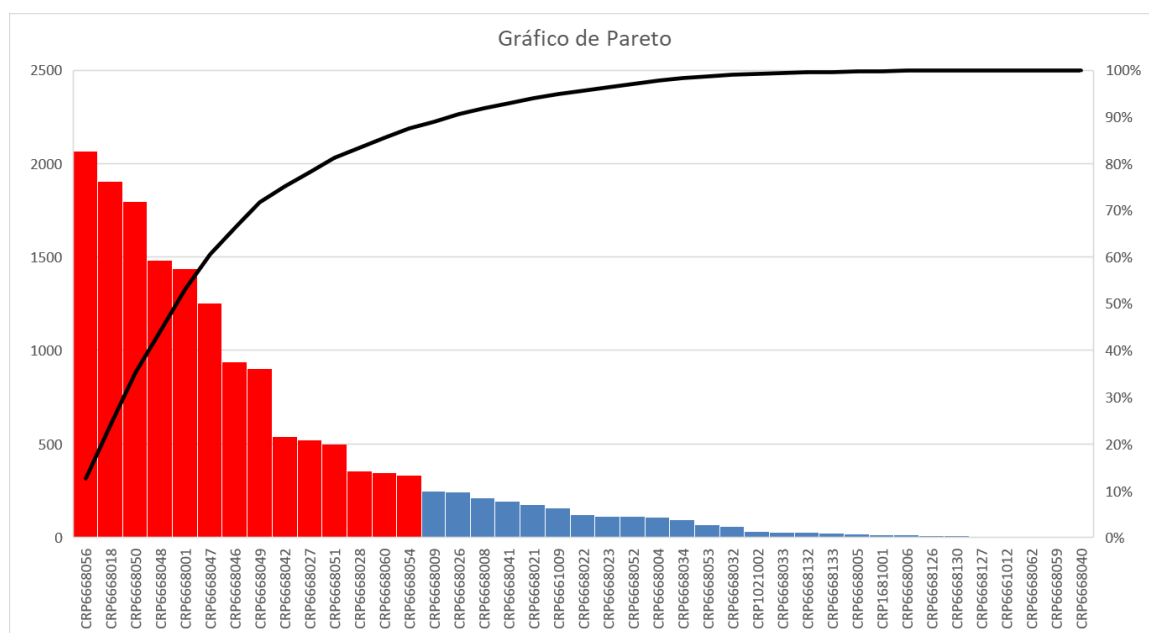


Figura 28 Seleção das 14 Referências

Com a elaboração do gráfico de Pareto foram identificadas as referências com maiores procuras, das 41 referências, de acordo com a Figura 28, foram selecionadas 14 que equivalem a 87,49% da produção prevista para as linhas (Tabela 2).

Tabela 2 Gráfico de Pareto - % Acumulada

Referências	Forecast 2023	% Acumulado
CRP6668056	2068	12,58%
CRP6668018	1905	24,17%
CRP6668050	1800	35,12%
CRP6668048	1482	44,13%
CRP6668001	1439	52,89%
CRP6668047	1252	60,50%
CRP6668046	940	66,22%
CRP6668049	905	71,73%
CRP6668042	539	75,00%
CRP6668027	520	78,17%
CRP6668051	499	81,20%
CRP6668028	355	83,36%
CRP6668060	347	85,47%
CRP6668054	331	87,49%
CRP6668009	245	88,98%
CRP6668026	244	90,46%
CRP6668008	212	91,75%
CRP6668041	191	92,91%
CRP6668021	173	93,97%

CRP6661009	158	94,93%
CRP6668022	119	95,65%
CRP6668023	114	96,34%
CRP6668052	111	97,02%
CRP6668004	108	97,68%
CRP6668034	94	98,25%
CRP6668053	68	98,66%
CRP6668032	56	99,00%
CRP1021002	31	99,19%
CRP6668033	27	99,36%
CRP6668132	25	99,51%
CRP6668133	20	99,63%
CRP6668005	18	99,74%
CRP1681001	14	99,82%
CRP6668006	14	99,91%
CRP6668126	7	99,95%
CRP6668130	6	99,99%
CRP6668127	2	100,00%
CRP6661012	0	100,00%
CRP6668062	0	100,00%
CRP6668059	0	100,00%
TOTAL	16439	100%

^aValores em azul selecionados após elaboração do Diagrama de Pareto

Para definir as famílias a fase consistiu em analisar com maior detalhe todas as referências produzidas na linha. Uma vez que esta linha está associada à produção de tantas referências distintas, foi necessário priorizar quais as referências a considerar para que o processo decorresse com a máxima eficácia. Como tal, selecionou-se os dados disponibilizados no *Forecast* para 2022 da empresa e os itens já selecionados com o Gráfico de Pareto (Figura 29). Foram selecionadas outras referências que inicialmente não estão nos 87,54% por possuírem grande similaridade com as já selecionadas.

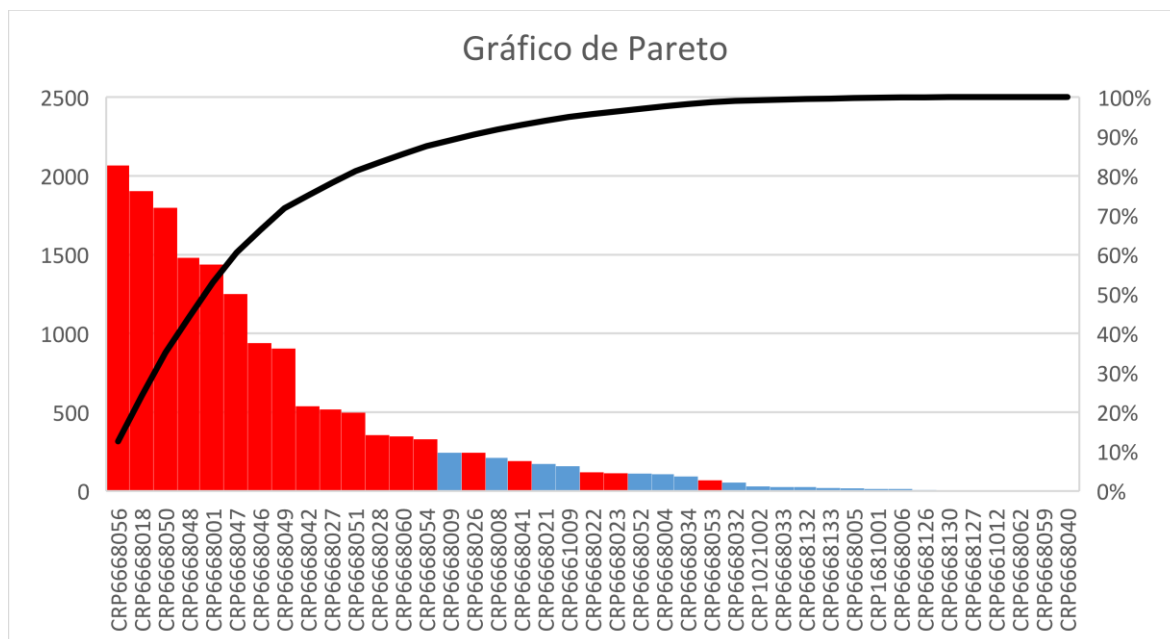


Figura 29 Seleção das 19 Referências

Com a seleção das referências similares, dentro de todas as referências a seleção de 19 modelos de misturadoras em um total de 92% da produção total das linhas de montagem, teste e embalagem (Tabela 3).

Tabela 3 Relação Final Misturadoras

Referências	Forecast 2023	% Acumulado
CRP6668056	2068	12,58%
CRP6668056	2068	12,58%
CRP6668018	1905	24,17%
CRP6668050	1800	35,12%
CRP6668048	1482	44,13%
CRP6668001	1439	52,89%
CRP6668047	1252	60,50%
CRP6668046	940	66,22%
CRP6668049	905	71,73%
CRP6668042	539	75,00%
CRP6668027	520	78,17%
CRP6668051	499	81,20%
CRP6668028	355	83,36%
CRP6668060	347	85,47%
CRP6668054	331	87,49%
CRP6668026	244	88,97%
CRP6668041	191	90,13%
CRP6668022	119	90,86%
CRP6668023	114	91,55%

CRP6668053	68	92,00%	
TOTAL		15109	100%

^aMisturadoras selecionadas para o projeto

O primeiro passo para a formação de famílias consistiu na análise de algumas informações fornecidas, designadamente pela compreensão dos processos produtivos das referências em estudo, recorrendo a análise das fichas técnicas e planos respetivos.

De seguida, partiu-se para a integração das referências analisadas em famílias. Assim, referências com processos e fluxos produtivos semelhantes entre si foram agrupados na mesma família. Para cada família, era também atribuída uma descrição que distinguísse a família de produtos em causa das restantes famílias formadas. De acordo com os passos enunciados, obteve-se a distribuição de famílias apresentadas na Tabela 4.

Pela baixa diferença entre os processos a que cada referência é submetida, o número de famílias obtido foi pequeno, o que serve como um bom indicativo para a padronização dos processos na linha de produção.

Tabela 4 Formação de Famílias

Referências	Descrição	Família	Proporção por Família
CRP6668001	Montagem + Bica	1	11,71%
CRP6668054			
CRP6668056	Montagem	2	16,42%
CRP6668053			
CRP6668060			
CRP6668050			
CRP6668047			
CRP6668046	Sem Montagem	3	71,87%
CRP6668049			
CRP6668027			
CRP6668026			
CRP6668041			
CRP6668022			
CRP6668018			
CRP6668048			
CRP6668042			
CRP6668051			
CRP6668028			
CRP6668023			

^aForam definidas 3 famílias

Constatou-se que a grande variabilidade da linha se manifestava sobretudo pela existência de um fluxo produtivo distinto para as referências com baixa produção que foram cortadas do projeto

através do Gráfico de Pareto realizado anteriormente e também pela existência de misturadoras com processos de montagem de uma bica o que torna perceptível a heterogeneidade da linha. Através da Figura 30 (com bica) e Figura 31 (sem bica), torna-se possível observar a diferença entre as referências.

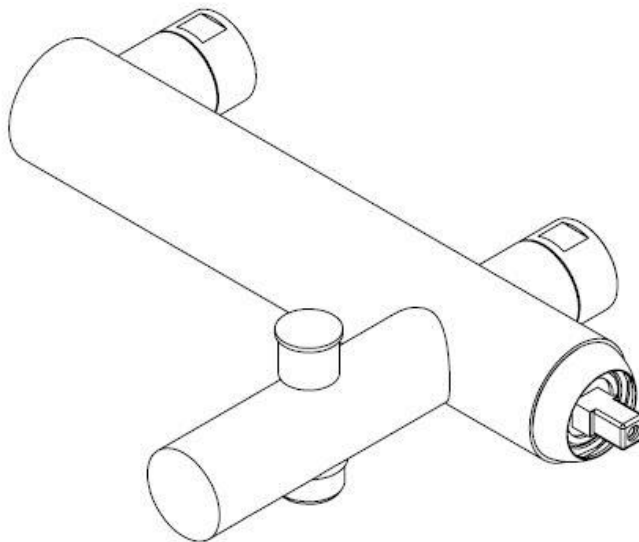


Figura 30 Corpo da Misturadora Referência CRP6668054

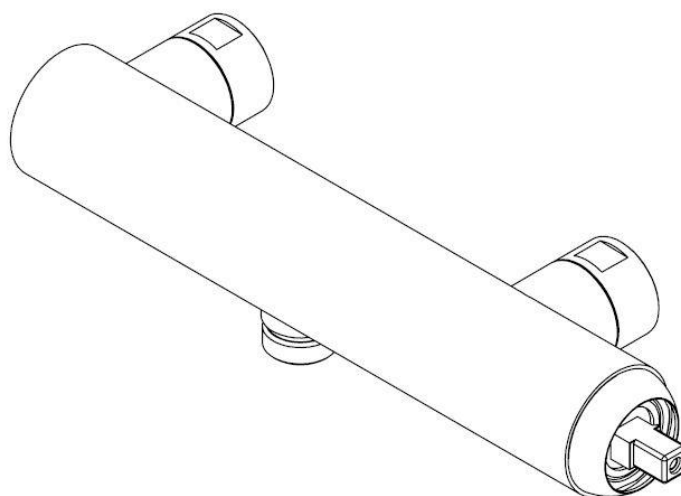


Figura 31 Corpo da Misturadora Referência CRP6668056

Tendo por base dados relativos ao *Forecast* para as misturadoras, pode-se observar através da Tabela 3 a produção anual para todas as famílias. Desde logo, teve-se o cuidado de utilizar os dados mais recentes, uma vez que os pedidos para a linha têm aumentado significativamente todos os anos. Assim, a utilização de dados pouco atuais pode inviabilizar as análises necessárias para a formação da linha, uma vez que essa realidade já não caracteriza a linha atualmente e muito menos acompanha a tendência de produção crescente a que a mesma está sujeita.

Tabela 5 Previsão de procura mensal por referência

Referências	Família	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Média
CRP6668001	1	127	115	132	104	127	121	120
CRP6668054	1	29	26	30	24	29	28	28
CRP6668056	2	182	165	190	149	182	174	172
CRP6668053	2	6	5	6	5	6	6	6
CRP6668060	2	31	28	32	25	31	29	29
CRP6668050	3	158	144	166	130	158	151	150
CRP6668047	3	110	100	115	90	110	105	104
CRP6668046	3	83	75	86	68	83	79	78
CRP6668049	3	80	72	83	65	80	76	75
CRP6668027	3	46	42	48	37	46	44	43
CRP6668026	3	21	20	22	18	21	20	20
CRP6668041	3	17	15	18	14	17	16	16
CRP6668022	3	10	10	11	9	10	10	10
CRP6668018	3	168	152	175	137	168	160	159
CRP6668048	3	130	119	136	107	130	124	124
CRP6668042	3	47	43	50	39	47	45	45
CRP6668051	3	44	40	46	36	44	42	42
CRP6668028	3	31	28	33	26	31	30	30
CRP6668023	3	10	9	10	8	10	10	10
TOTAL		1330	1209	1391	1088	1330	1270	1260

^aPrevisão de Demanda dos primeiros 6 meses do ano

Através da Tabela 5, pode-se verificar que em média, serão produzidas 1.260 peças por mês. Os dias úteis para cada mês de 2023 foram considerados para o cálculo.

3.3.1.2. Gráfico de *Gantt*

Após a definição do projeto, realização do diagrama de Pareto e Formação de famílias, prosseguiu-se para a elaboração do Gráfico de *Gantt* com a calendarização do projeto que é apresentado no Anexo A.

3.3.1.3. *Takt Time* (TT)

O TT é o ritmo de produção necessário para manter a entrega dos pedidos do cliente. Para o cálculo do TT, a procura é retirada do *Forecast*, que determina as quantidades previstas a produzir, possibilitando o nivelamento dos stocks a resposta aos pedidos do cliente, mantendo uma produção constante.

Já a disponibilidade representa o tempo útil de produção, sendo excluídos os intervalos e paragens planeadas. A disponibilidade anual foi calculada levando em consideração o ano de 2023 com 228

dias úteis obtidos com o cálculo dos dias úteis menos os 22 dias de férias e está representado na Tabela 6:

Tabela 6 Cálculo Tempo de Trabalho Anual

Nº Turnos	Horas de Trabalho Bruto por Dia	Dias de Trabalho em 2023	Paragens Planificadas (Horas/Dia)	Tempo de Trabalho Anual
1	8	228	0,5	1.710

^aForam contabilizados os feriados em dias úteis e férias geral de 22 dias

Considerando que a linha só produz uma referência para efeitos de cálculo. O número de turnos adotado foi 1, correspondendo a uma disponibilidade de 1.710 horas de trabalho anuais, com uma previsão de procura de 15.109 misturadores/ano que equivalem aos 92% da procura de misturadoras produzidas pela empresa.

Tendo em conta os dados fornecidos, torna-se possível o cálculo do TT através da Equação 12:

$$TT \text{ (Segundos)} = \frac{1.710 \text{ Horas / Ano} * 3.600 \text{ Segundos/Hora}}{15.109 \text{ Misturadoras/Ano}} \quad (12)$$

O TT obtido foi equivalente a 407,4 s.

3.3.2. Fase Mensure

Nesta segunda fase do DMAIC, alguns indicadores e ferramentas serão utilizadas para a recolha de dados que vão ser utilizados para a análise do desempenho da nova linha de produção das misturadoras.

3.3.2.1. Medição de Tempos

Nesta fase, partiu-se para a amostragem de tempos de ciclo para cada família formada nas linhas de montagem, teste e embalagem. Antes disso, foi analisada a situação inicial das linhas nas quais não foi identificado a utilização de uma gama operatória com processos definidos.

De seguida, iniciou-se na íntegra o processo de medição de tempos, durante o qual foram considerados os seguintes pressupostos:

- Operador a trabalhar em *One Piece Flow*;
- Operador a trabalhar a um ritmo normal;
- Filmagem dos ciclos iguais e repetitivos;
- Operador tem de estar habilitado para o posto;
- Definir os “*Top’s* – Tempo de início/fim de ciclo”;
- Apontar tempos de espera.

Para a recolha dos tempos de cada posto, a folha de medição de tempos na Tabela 7 foi usada:

Medição de Tempo de Ciclo																	
Referência:													Linha:				
Tarefa	Micro Tarefa	Ciclos												Min	Média	Maxi	V%
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1.																	
1.1																	
1.2																	
1.3																	
1.4																	
1.5																	
2.																	
2.1																	
2.2																	
2.3																	
2.4																	
2.5																	
Tempo de Ciclo com Espera																	
Tempo Operatório sem Espera														X	X	X	X
Observações																	
a																	
b																	
c																	
d																	

Tabela 7 Folha de Medição de Tempo de Ciclo

Foram determinados os seguintes conjuntos, postos de trabalhos e operações correspondentes nas linhas de MO03 Figura 32 Operações MO03, TE02 Figura 33 Operações TE02 e EM07 Figura 34 Operações EM07:

Tarefa	Mini Tarefa	Posto
1.	Montagem Bica	
1.1	Separação de bica	Montagem
1.2	deslocamento pra buscar CQS ligação (abaixo da bancada)	Montagem
1.3	separação dos orings necessários (2un 14x2,5)	Montagem
1.4	montagem dos orings no CQS	Montagem
1.5	roscagem do CQS de ligação da bica ao corpo	Montagem
1.6	separação dos CQS record	Montagem
1.7	separação dos orings (2un 12x2)	Montagem
1.8	inserção dos orings no CQS record	Montagem
1.9	separação dos CQS 3/4	Montagem
1.10	pré-montagem do CQS record no CQS 3/4	Montagem
1.11	aplicação de pasta nos orings do CQSs pré-montados	Montagem
1.12	roscagem dos CQS pré-montados na Bica	Montagem
2.	Preparação para Montagem dos 3 CQS	
2.1	buscar corpo na caixa de fruta e tirar do saco bolha	Montagem
2.2	separar quantidade necessária de componentes:	Montagem
2.3	montagem CQS	Montagem
2.4	aplicação de cola	Montagem
2.5	roscagem dos CQS pré-montados o Corpo	Montagem
3.	Montagem Bica no Corpo	
3.1	aplicação de cola no CQS	Montagem
3.2	montagem da bica no espigão (CQS ligação)	Montagem
3.3	separação da quantidade necessaria do perno m5x6	Montagem
3.4	roscagem do perno m5x6	Montagem
3.5	deslocamento pra buscar manipulo do inversor	Montagem
3.6	roscagem do mpl do inversor	Montagem
4.	Montagem Corpo	
4.1	montagem do cartucho no corpo	Montagem
4.2	montagem da porca no corpo	Montagem
4.3	deslocamento pra buscar ferramenta (cx. ferramenta)	Montagem
4.4	setup da ferramenta	Montagem
4.5	aperto da porca (cartucho)	Montagem
4.6	roscagem da campanula	Montagem
4.7	inserção do corpo finalizado no saco bolha e caixa	Montagem

Figura 32 Operações MO03

Tarefa	Mini Tarefa	Posto
5.	<i>Inserção do Corpo na máquina de ensaio</i>	
5.1	<i>Remover corpo do saco bolha</i>	Teste
5.2	<i>roscar bichas para ensaio</i>	Teste
5.3	<i>Inserir bicha na máquina de ensaio</i>	Teste
5.4	<i>ativação e preparação da máquina de ensaio</i>	Teste
6.	<i>Ensaio na água</i>	
6.1	<i>Testar cartucho e saída da água pela bica do corpo</i>	Teste
6.2	<i>testa inversor e saída da água</i>	Teste
7.	<i>Finalização do ensaio</i>	
7.1	<i>Expulsar a água do interior da peça com ar, pelo inversor</i>	Teste
7.2	<i>Expulsar a água do interior da peça com ar, pela bica</i>	Teste
7.3	<i>Desativar máquina de ensaio</i>	Teste
7.4	<i>Desenroscar bichas da corpo</i>	Teste
7.5	<i>Limpeza do corpo com pistola de ar comprimido</i>	Teste
7.6	<i>Inserir monocomando no saco e finalizar</i>	Teste

Figura 33 Operações TE02

Tarefa	Mini Tarefa	Posto
8.	<i>Preparação e montagem MPL</i>	
8.1	<i>Remover corpo do saco bolha</i>	Embalagem
8.2	<i>Deslocamento pra buscar o MPL</i>	Embalagem
8.3	<i>Deslocamento pra buscar o perno Ø6 para o MPL</i>	Embalagem
8.4	<i>Separar perno M5x6</i>	Embalagem
8.5	<i>Apontar e roscar perno no interior do MPL</i>	Embalagem
8.6	<i>Inserir MPL no corpo e apertar perno</i>	Embalagem
8.7	<i>Montagem do perno Ø6 no MPL</i>	Embalagem
8.8	<i>Limpeza do corpo com pano</i>	Embalagem
9.	<i>Embalagem</i>	
9.1	<i>Inserir monocomando no saco bolha</i>	Embalagem
9.2	<i>buscar fita cola</i>	Embalagem
9.3	<i>Dobrar e aplicar fita cola no saco bolha</i>	Embalagem
9.4	<i>Deslocamento para buscar embalagem</i>	Embalagem
9.5	<i>Dobragem da embalagem</i>	Embalagem
9.6	<i>Alojamento do monocomando na embalagem</i>	Embalagem
9.7	<i>Deslocamento para buscar Kit Excêntrico (abaixo da bancada)</i>	Embalagem
9.8	<i>Alojamento kit Excentrico na embalagem</i>	Embalagem
9.9	<i>Deslocamento para buscar suporte de parede elo</i>	Embalagem
9.10	<i>Alojamento do suporte de parede elo na embalagem</i>	Embalagem
9.11	<i>Deslocamento para buscar Chv. de mão (abaixo da bancada)</i>	Embalagem
9.12	<i>Inserir no saco bolha o CHV + Filtro de Rede</i>	Embalagem
9.13	<i>Alojar o CHV na embalagem</i>	Embalagem
9.14	<i>Deslocamento pra buscar separador para embalagem</i>	Embalagem
9.15	<i>Aplicar separador na embalagem</i>	Embalagem
9.16	<i>Deslocamento para buscar bicha flexível de 1,75 + certificado</i>	Embalagem
9.17	<i>Inserir bicha flexível + certificado dentro da embalagem</i>	Embalagem
9.18	<i>Dobragem final para fechar embalagem</i>	Embalagem
9.19	<i>Lacrar embalagem com etiqueta azul</i>	Embalagem
9.20	<i>inserção do corpo finalizado na caixa</i>	Embalagem

Figura 34 Operações EM07

Para cada família de referência, efetuou-se a medição dos tempos em cada um dos postos de trabalho, obtendo-se os tempos de produção por posto para todas as famílias,

3.3.2.2. Mapeamento da Cadeia de Processos

Nesta etapa do DMAIC, é apresentado o estado geral em que a linha de produção foi encontrada. Foi realizado o mapeamento dos processos realizados nas três linhas que envolvem a produção. Os processos de montagem, teste e embalagem das referências selecionadas atualmente são realizados separadamente o que faz seu Lead Time chegar a tempos muito altos. Para as 3 famílias as quais pertencem as 19 referências os processos são semelhantes.

O processo é iniciado com o setor de montagem onde é realizada a primeira etapa de montagem das misturadoras e após isso os itens são pré-embalados para não degradar os componentes. Posteriormente, os processos de teste são realizados e em seguida a embalagem que é a última etapa antes da expedição, no processo de teste assim como no processo de montagem é necessário a pré embalagem e os processos de teste e embalagem se encontram com desperdícios de tempo de matéria-prima e de tempo com estes processos.

Em determinadas referências como, por exemplo, CRP6668054 o subconjunto bica atualmente é feito em processos de montagem mas tendem a ser considerados subconjuntos e passarão a ser produzidos antes do processo de montagem da nova linha.

Com estas informações encontradas nos processos de *Define*, se identificou alguns pontos nos quais o *One Piece Flow* para a nova linha se faz necessário e é extremamente eficiente para diminuição de tempos de *Lead Time* e recursos.

A elaboração do Diagrama de Encadeamento Anexo B se fez necessário para identificar os pontos nos quais os processos se dariam com subitens e ajudou a identificar as etapas a serem removidas com a elaboração dos gráficos de *Yamazumi*.

3.3.2.3. Gráfico de *Yamazumi*

Yamazumi foi uma das ferramentas utilizadas para análise de operações e que pode ser utilizada para fazer o balanceamento da linha. Para cada referência procedeu-se á observação e registo das tarefas alocadas a cada posto de trabalho. Depois procedeu-se á análise dos vídeos e cronometragem das operações em cada posto de trabalho. A partir destas amostras foram calculados os tempos médios após remoção de *Outliers*.

Em determinados postos de trabalho, os operadores além de realizar as operações produtivas também executam outras funções como transporte de materiais, etiquetagem e embalagem das caixas, entre outras funções. Os tempos dos movimentos e funções secundárias também são registadas. Após a finalização dos registos dos tempos de todas as tarefas acopladas aos diferentes postos de trabalho são contruídos os Gráficos de *Yamazumi* para cada setor atual de operações.

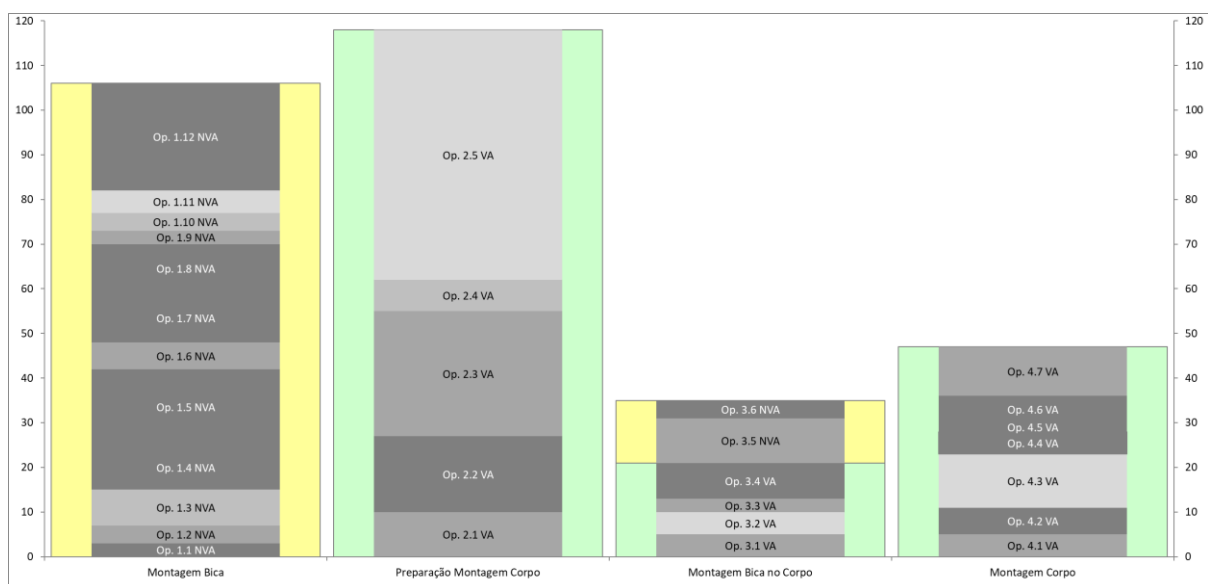


Figura 35 Gráfico Yamazumi Montagem

Para o Gráfico de *Yamazumi* do setor de montagem foram encontradas operações de Montagem da Bica e de componentes da bica que serão removidos do atual trabalho em desenvolvimento e entraram apenas como subitens pré-montados (Figura 35).

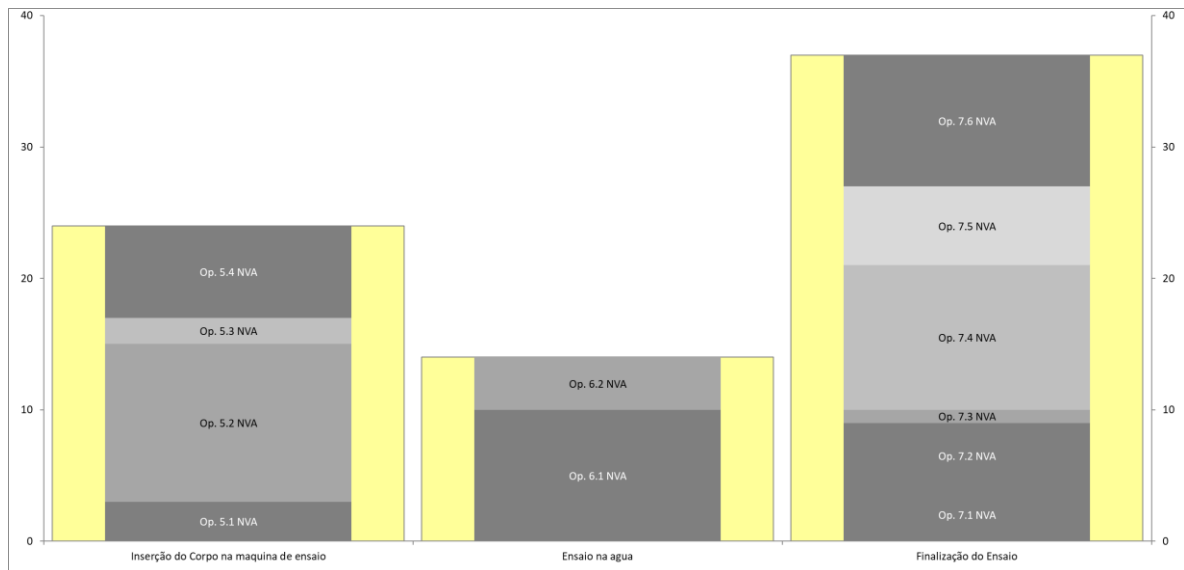


Figura 36 Gráfico Yamazumi Teste

Todos os processos nos quais envolvem o setor de teste foram devidamente encontrados e serão posteriormente removidos do desenvolvimento desta nova linha (Figura 36). Após alguns estudos do processo de automação da máquina de teste a empresa definiu através de estudos que os tempos que devem fazer parte deste trabalho são apenas o tempo de inserção e o tempo de remoção dos itens da máquina o que está pré-definido como 11 segundos para inserção e 11 segundos para remoção.

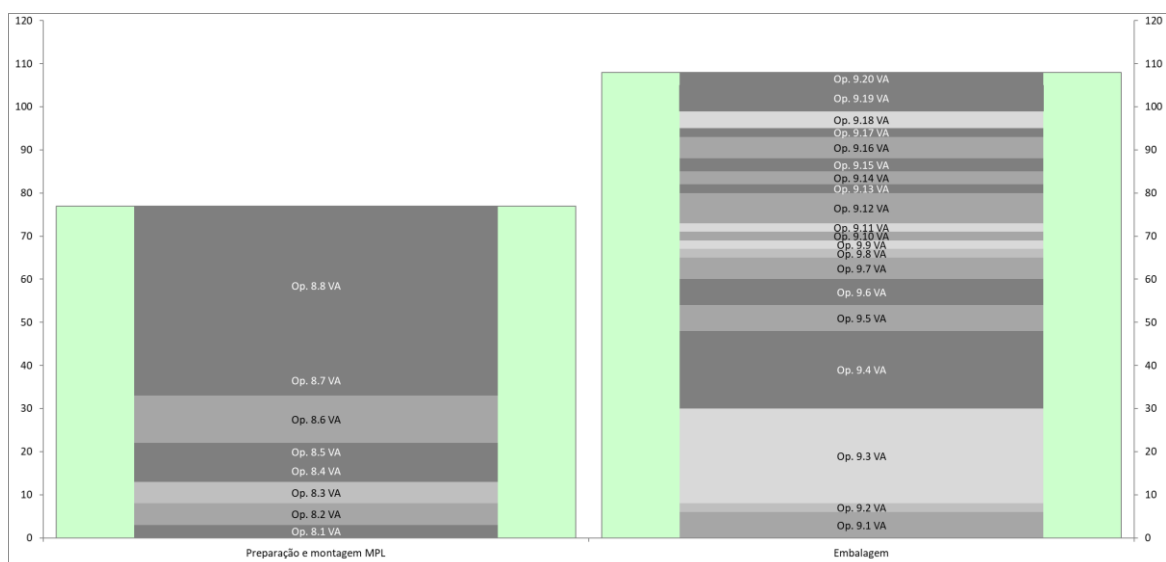


Figura 37 Gráfico Yamazumi Embalagem

Com o gráfico de *Yamazumi* da embalagem não foram identificados processos que serão removidos, para as três famílias esta sequência de embalagem é similar e poucos tempos mudam de um item para outro (Figura 37).

Após a construção do Diagrama de Encadeamento e dos Gráficos de *Yamazumi* foi possível criar a sequência de operações de todos os processos que realmente fazem parte do objetivo desta melhoria.

Tarefa	Mini Tarefa	Posto
1.	<i>Preparação para Montagem dos 3 CQS</i>	
1.1	<i>buscar corpo na caixa de fruta e tirar do saco bolha</i>	<i>Montagem</i>
1.2	<i>separar quantidade necessária de componentes:</i>	<i>Montagem</i>
1.3	<i>montagem CQS</i>	<i>Montagem</i>
1.4	<i>aplicação de cola</i>	<i>Montagem</i>
1.5	<i>roscagem dos CQS pré-montados o Corpo</i>	<i>Montagem</i>
2.	<i>Montagem Bica no Corpo</i>	
2.1	<i>aplicação de cola no CQS</i>	<i>Montagem</i>
2.2	<i>montagem da bica no espigão (CQS ligação)</i>	<i>Montagem</i>
2.3	<i>separação da quantidade necessaria do perno m5x6</i>	<i>Montagem</i>
2.4	<i>roscagem do perno m5x6</i>	<i>Montagem</i>
3.	<i>Montagem Corpo</i>	
3.1	<i>montagem do cartucho e porca no corpo</i>	<i>Montagem</i>
3.2	<i>deslocamento pra buscar ferramenta (cx. ferramenta) e SETUP</i>	<i>Montagem</i>
3.3	<i>aperto da porca (cartucho) e roscagem da campanula</i>	<i>Montagem</i>
3.4	<i>inserção do corpo finalizado na máquina de teste</i>	<i>Montagem</i>

Figura 38 Operações Montagem após retirada do Teste e subitens

As operações que fazem parte da atual montagem estão divididas em três tarefas as quais são descritas na Figura 38 com suas respectivas subtarefas.

Tarefa	Mini Tarefa	Posto
4.	<i>Preparação e montagem MPL</i>	
4.1	<i>Remover corpo da máquina de teste</i>	<i>Embalagem</i>
4.2	<i>Deslocamento pra buscar o MPL e perno Ø6 para o MPL</i>	<i>Embalagem</i>
4.3	<i>Separar perno M5x6</i>	<i>Embalagem</i>
4.4	<i>Apontar e rosca perno no interior do MPL</i>	<i>Embalagem</i>
4.5	<i>Inserir MPL no corpo e apertar perno Ø6</i>	<i>Embalagem</i>
5.	<i>Embalagem</i>	
5.1	<i>Limpeza do corpo com pano</i>	<i>Embalagem</i>
5.2	<i>Inserir monocomando no saco bolha</i>	<i>Embalagem</i>
5.3	<i>Deslocamento para buscar fita cola</i>	<i>Embalagem</i>
5.4	<i>Dobrar e aplicar fita cola no saco bolha</i>	<i>Embalagem</i>
5.5	<i>Deslocamento para buscar embalagem</i>	<i>Embalagem</i>
5.6	<i>Dobragem da embalagem</i>	<i>Embalagem</i>
5.7	<i>Alojamento do monocomando na embalagem</i>	<i>Embalagem</i>
5.8	<i>Deslocamento para buscar Kit Excêntrico (abaixo da bancada)</i>	<i>Embalagem</i>
5.9	<i>Alojamento kit Excentrico na embalagem</i>	<i>Embalagem</i>
5.10	<i>Deslocamento para buscar suporte de parede elo</i>	<i>Embalagem</i>
5.11	<i>Alojamento do suporte de parede elo na embalagem</i>	<i>Embalagem</i>
5.12	<i>Deslocamento para buscar Chv. de mão (abaixo da bancada)</i>	<i>Embalagem</i>
5.13	<i>Inserir no saco bolha o CHV + Filtro de Rede e Alojamento do CHV na embalagem</i>	<i>Embalagem</i>
5.14	<i>Deslocamento pra buscar separador para embalagem</i>	<i>Embalagem</i>
5.15	<i>Aplicar separador na embalagem</i>	<i>Embalagem</i>
5.16	<i>Deslocamento para buscar bicha flexível de 1,75 + certificado</i>	<i>Embalagem</i>
5.17	<i>Inserir bicha flexível + certificado dentro da embalagem e fechar embalagem</i>	<i>Embalagem</i>
5.18	<i>Lacrar embalagem com etiqueta azul</i>	<i>Embalagem</i>
5.19	<i>inserção do corpo finalizado na caixa</i>	<i>Embalagem</i>

Figura 39 Operações Embalagem após retirada do Teste e subitens

O setor de Embalagem atualmente está realizando um processo de montagem o qual só é utilizado nas referências das famílias 1 e 2, todos os itens da Família 3 iniciam na operação 4.1 e seu segundo processo está na operação 5.1 (Figura 39).

Como as operações estão definidas e seus tempos de realização já foram definidos, foi desenvolvido a Gama Operatória atual. Como exemplo foi utilizado a referência CRP6668001 que faz parte da família 1 e possui todas as operações existentes nas atuais linhas (Figura 40).

CRP6668001

Tarefas e micro tarefas



Resumo	Tempo
MONTAGEM	0:03:06
ENSAIO	0:00:00
EMBALAGEM	0:03:13
TEMPO ATUAL	0:06:19

Tarefas	Micro tarefa	Micro tarefa	Duração Anterior
1.		1: Preparação para Montagem dos 3 CQS	
	1.1	buscar corpo na caixa de fruta e tirar do saco bolha	00:00:10
	1.2	separar quantidade necessária de componentes:	00:00:17
	1.3	montagem CQS	00:00:28
	1.4	aplicação de cola	00:00:07
	1.5	roscagem dos CQS pré-montados o Corpo	00:00:56
2.		2: Montagem Bica no Corpo	
	2.1	aplicação de cola no CQS	00:00:05
	2.2	montagem da bica no espigão (CQS ligação)	00:00:05
	2.3	separação da quantidade necessária do perno m5x6	00:00:03
	2.4	roscagem do perno m5x6	00:00:08
3.		3: Montagem Corpo	
	3.1	montagem do cartucho e porca no corpo	00:00:11
	3.2	deslocamento pra buscar ferramenta (cx. ferramenta) e SETUP	00:00:17
	3.3	aperto da porca (cartucho) e roscagem da campanula	00:00:08
	3.4	inserção do corpo finalizado na máquina de teste	00:00:11
4.		4: Preparação e montagem MPL	
	4.1	Remover corpo da máquina de teste	00:00:11
	4.2	Deslocamento pra buscar o MPL e perno Ø6 para o MPL	00:00:10
	4.3	Separar perno M5x6	00:00:05
	4.4	Apontar e roscar perno no interior do MPL	00:00:04
	4.5	Inserir MPL no corpo e apertar perno Ø6	00:00:18
5.		5: Embalagem	
	5.1	Limpeza do corpo com pano	00:00:37
	5.2	Inserir monocomando no saco bolha	00:00:06
	5.3	Deslocamento para buscar fita cola	00:00:02
	5.4	Dobrar e aplicar fita cola no saco bolha	00:00:22
	5.5	Deslocamento para buscar embalagem	00:00:18
	5.6	Dobragem da embalagem	00:00:06
	5.7	Alojamento do monocomando na embalagem	00:00:06
	5.8	Deslocamento para buscar Kit Excêntrico (abaixo da bancada)	00:00:05
	5.9	Alojamento kit Excêntrico na embalagem	00:00:02
	5.10	Deslocamento para buscar suporte de parede elo	00:00:02
	5.11	Alojamento do suporte de parede elo na embalagem	00:00:02
	5.12	Deslocamento para buscar Chv. de mão (abaixo da bancada)	00:00:02
	5.13	Inserir no saco bolha o CHV + Filtro de Rede e Alojamento do CHV na embalagem	00:00:09
	5.14	Deslocamento pra buscar separador para embalagem	00:00:03
	5.15	Aplicar separador na embalagem	00:00:03
	5.16	Deslocamento para buscar bicha flexível de 1,75 + certificado	00:00:05
	5.17	Inserir bicha flexível + certificado dentro da embalagem e fechar embalagem	00:00:06
	5.18	Lacrar embalagem com etiqueta azul	00:00:06
	5.19	inserção do corpo finalizado na caixa	00:00:03

Figura 40 Gama Operatória da Misturadora CRP6668001

Após análises nos tempos de produção de todas as operações e inserção do tempo médio para inserir e retirar o corpo das misturadoras na máquina de teste, a Gama Operatória foi elaborada para identificar os principais pontos de melhoria e otimização da linha que são os deslocamentos

e separações de peças para a execução das operações inerentes a montagem e embalagem (Figura 41).

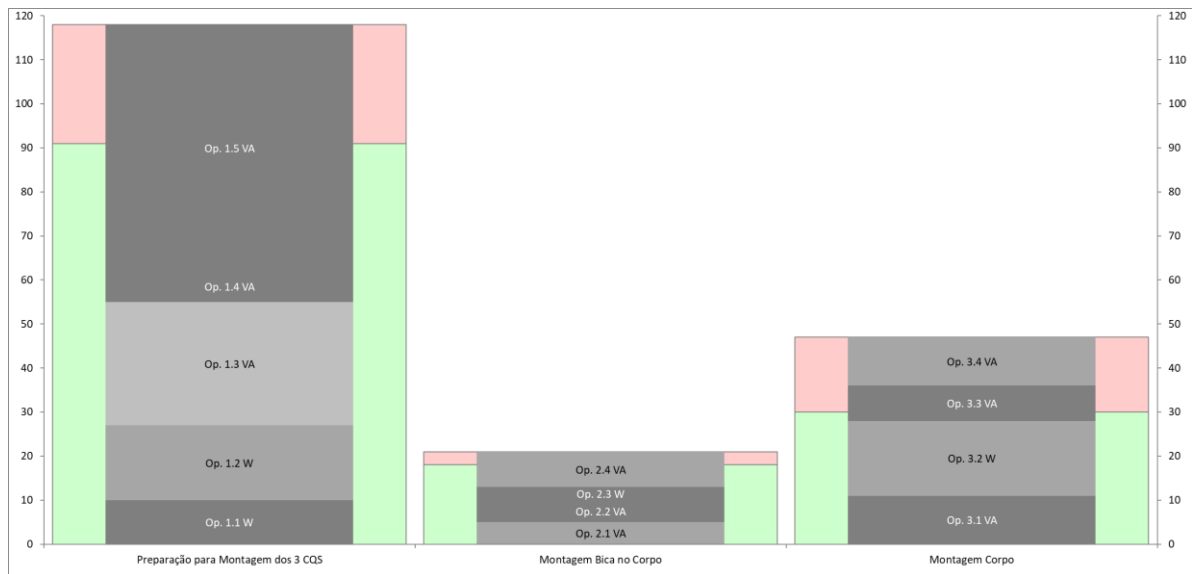


Figura 41 Gráfico Yamazumi Montagem - Identificação de Desperdícios

Na etapa de Montagem, que é dividida em três estágios distintos, conforme representado na Figura 42, o tempo total planejado, de acordo com o modelo de referência CRP66688001, é de 186 segundos. Durante a análise minuciosa dessa etapa, identificaram-se desperdícios relacionados a deslocamentos desnecessários. Para auxiliar na verificação e compreensão dessas deslocamentos, foi elaborado um Diagrama de Espaguete que representa visualmente a linha de montagem. Esse diagrama permite uma observação e análise das deslocamentos realizadas pelos operadores para a separação de materiais e para o *Setup* de ferramentas. O objetivo principal da nova configuração da linha é reduzir e, idealmente, eliminar essas deslocamentos desnecessários, aprimorando o fluxo de trabalho e aumentando a eficiência do processo de montagem.

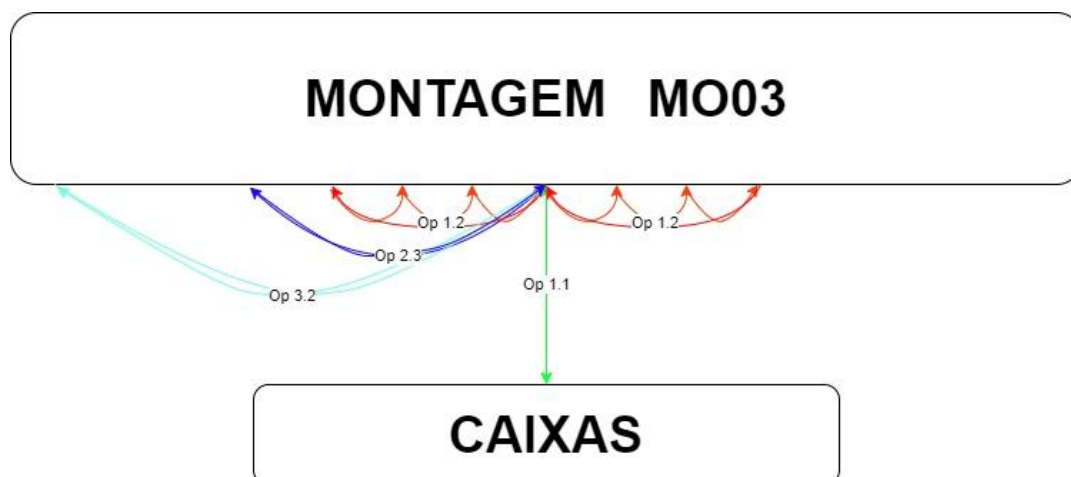


Figura 42 Diagrama de Espaguete Linha de Montagem MO03

Além disso, uma análise detalhada da etapa de Montagem revelou um tempo calculado de desperdício de 47 segundos. Esses 47 segundos representam mais de 25,3% de desperdício em relação ao tempo total planejado para essa etapa. Essa descoberta enfatiza a importância de otimizar a organização *Lean* na nova linha de montagem. Ao implementar práticas *Lean*, como a

redução de deslocações desnecessárias, é possível otimizar o fluxo de trabalho, minimizar o desperdício de tempo e aumentar significativamente a eficiência operacional.

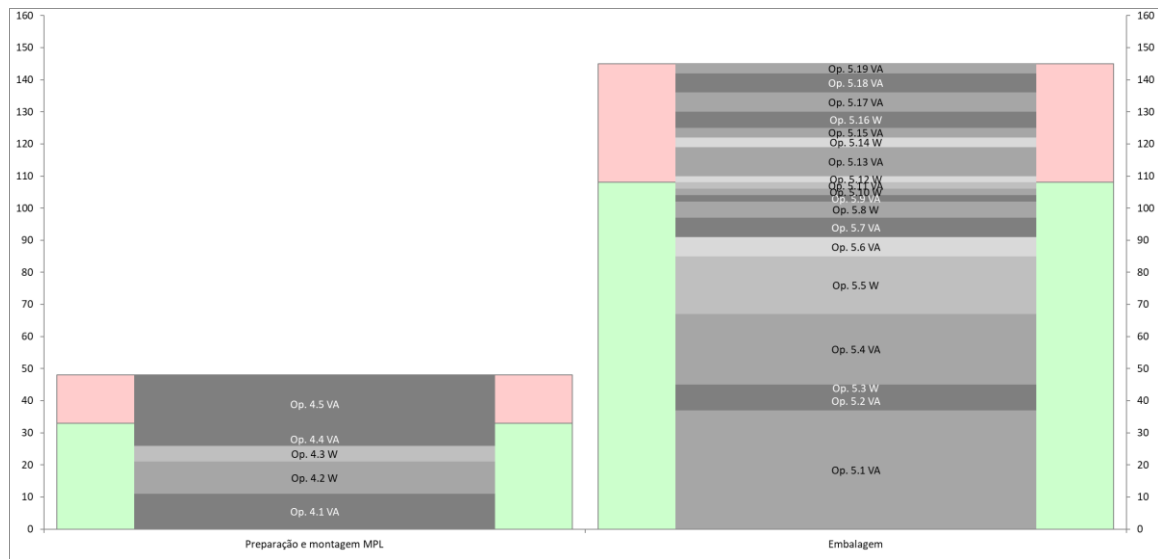


Figura 43 Gráfico Yamazumi Embalagem - Identificação de Desperdícios

Na etapa de embalagem, foi identificado um tempo de 193 segundos desde a operação 4.1, que consiste na remoção do corpo da máquina de teste, até a inserção do corpo finalizado na caixa para expedição. Tal como na etapa de montagem, foi elaborado um Diagrama de Espaguete (Figura 44) para facilitar a identificação dos desperdícios. Os principais desperdícios encontram-se nos deslocamentos para buscar materiais e na separação de componentes para embalagem. Através da aplicação do *Gráfico de Yamazumi* (Figura 43), foi possível identificar um desperdício de 52 segundos, o que equivale a 26,9% do tempo total atual para a execução dessas operações.

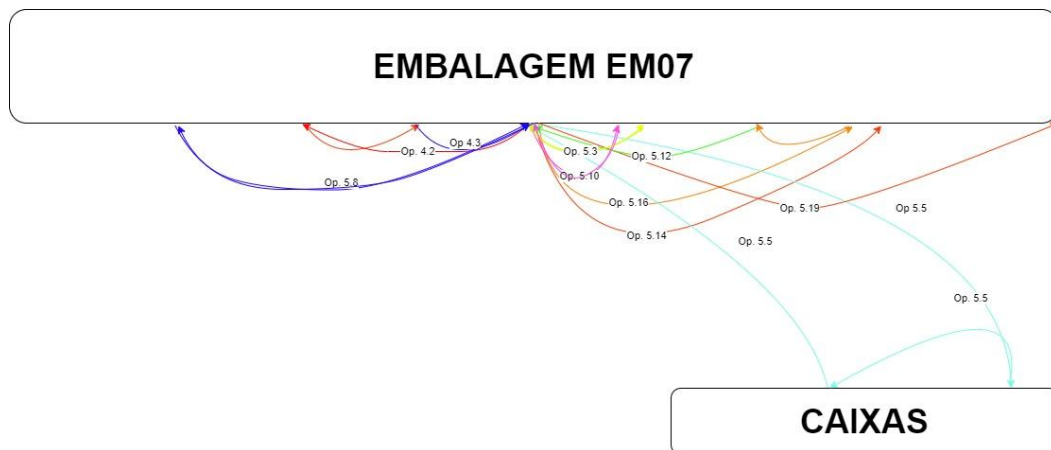


Figura 44 Diagrama de Espaguete Linha de Embalagem EM07

Ao otimizar estes processos na etapa de embalagem, mediante a redução de deslocamentos desnecessários e a reorganização das atividades, espera-se melhorar significativamente a eficiência e a produtividade dessa fase do processo. Esta identificação dos desperdícios por meio do diagrama de espaguete e do *Gráfico de Yamazumi* reforça a importância de implementar abordagens *Lean* e técnicas de melhoria contínua para eliminar os desperdícios, reduzir o tempo de execução e alcançar uma operação mais eficiente e enxuta.

3.3.2.4. Balanceamento da Linha

Após a finalização dos registos dos tempos de todas as tarefas acopladas aos diferentes postos de trabalho é possível verificar se os postos de trabalho estão a cumprir com o valor *takt time* estipulado para as referências que estão a ser analisadas (Figura 45).

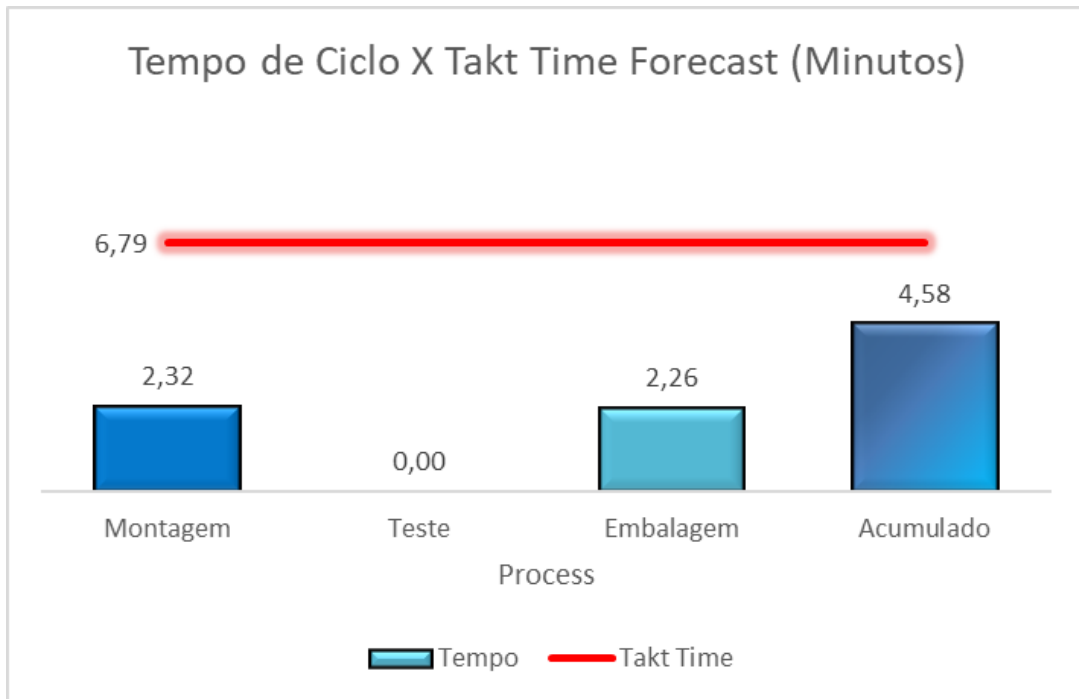


Figura 45 Takt Time Forecast

Com os resultados medidos com esta ferramenta é possível identificar que a linha se mantém balanceada e que pode ser operada com dois operadores em simultâneo, mas também consegue entregar a produção prevista com apenas um funcionário trabalhando em processo *One Piece Flow*.

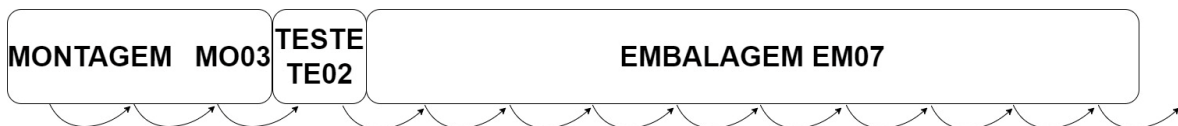


Figura 46 Diagrama de Espaguete Nova Linha de Produção

Após a implementação da nova linha, é fundamental recalcularem-se os tempos e analisarem-se os movimentos realizados pelos operadores, tendo em consideração o espaço percorrido ao longo da linha. O Diagrama de Espaguete, representado na Figura 46, proporciona uma visualização clara dos deslocamentos numa sequência lógica. Após todos estes cálculos foi definido a nova Gama Operatória (Figura 47).

CRP6668001

Tarefas e micro tarefas



Resumo	Tempo
MONTAGEM	0:02:32
ENSAIO	0:00:00
EMBALAGEM	0:02:26
TEMPO ATUAL	0:04:58

Tarefas	Micro tarefa	Micro tarefa	Duração Anterior
O1	1	Montar Casquilho de Ligação no Corpo	
	1.1	Montar Orings no Casquilho de Ligação Corpo	00:00:06
	1.2	Retirar Corpo Misturadora do Saco Bolha	00:00:05
	1.3	Montagem Casquilho de Ligação no Corpo	00:00:06
	1.4	Aplicação de Cola no Casquilho	00:00:06
	1.5	Roscagem do Casquilho de Ligação Corpo da Misturadora	00:00:15
O2	2	Montagem Casquilhos de entrada de Água	
	2.1	Montar dois Orings nos dois Records	00:00:10
	2.2	Montar Records na Entrada para Banheira/Base	00:00:06
	2.3	Montar Records nos Casquilhos de Ligação dos Records	00:00:03
	2.4	Montar Conjuntos prontos de Records no Corpo da Misturadora	00:00:03
	2.5	Roscagem dos Records no Corpo da Misturadora	00:00:27
O3	3	Montagem da Bica no Corpo	
	3.1	Retirar Corpo da Bica do Saco Bolha	00:00:04
	3.2	Aplicação de Cola no Casquilho	00:00:06
	3.3	Montar Bica no Corpo da Misturadora	00:00:05
	3.4	Montar Perno na Bica	00:00:02
	3.5	Apertar Perno na Bica	00:00:06
	3.6	Montar MPL do Inversor	00:00:04
O4	4	Montagem do Cartucho no Corpo	
	4.1	Montar Cartucho no Corpo da Misturadora	00:00:06
	4.2	Montar Porca de Aperto no Corpo da Misturadora	00:00:05
	4.3	Roscagem da Porca de Aperto no Corpo da Misturadora	00:00:08
	4.4	Montagem da Campanula no Corpo da Misturadora	00:00:02
	4.5	Roscagem da Campanula no Corpo da Misturadora	00:00:06
	4.6	Inserir Corpo na Máquina de Teste	00:00:11
C1	1	Teste de Estanqueidade	
		Testar Fugas na máquina de teste	00:00:00
O5	5	Montagem do Manipulo	
	5.1	Remover Corpo da Máquinade Teste	00:00:11
	5.2	Montar MPL no Corpo da Misturadora	00:00:05
	5.3	Montar Perno no Corpo da Misturadora	00:00:04
	5.4	Apertar Perno no Corpo da Misturadora	00:00:08
	5.5	Montar Pino MPL no MPL	00:00:06
C2	2	Limpeza da Misturadora	
		Retirar Manchas e Imperfeições do Corpo da Misturadora	00:00:37
O6	6	Embalagem	
	6.1	Inserir Misturadora no saco bolha	00:00:06
	6.2	Dobrar e aplicar fita cola no saco bolha	00:00:22
	6.3	Dobragem da embalagem	00:00:06
	6.4	Alojamento do monocomando na embalagem	00:00:06
	6.5	Alojamento kit Excentrico na Embalagem	00:00:02
	6.6	Alojamento do suporte de parede elo na embalagem	00:00:02
	6.7	Inserir Filtro de Rede no Saco Bolha do Chuveiro	00:00:09
	6.8	Alojar Chuveiro na Embalagem	00:00:02
	6.9	Montar Separador na Embalagem	00:00:03
	6.10	Inserir bicha flexível na embalagem	00:00:04
	6.11	Inserir certificado na embalagem	00:00:02
	6.12	Fechar Embalagem	00:00:02
	6.13	Lacrar Embalagem com Etiqueta	00:00:06
	6.14	Inserção do Corpo Finalizado para Expedição	00:00:03

Figura 47 Gama Operatória Proposta da Misturadora CRP66688001

3.3.2.5. Material Requirement Planning (MRP)

A elaboração do planeamento de necessidades de material (MRP) revelou-se necessária uma vez que o objetivo do projeto é a implementação de ferramentas *Lean* de forma a reduzir os tempos gastos. Assim, para uma melhoria da eficiência da linha, só deverão ser abastecidos os materiais necessários e os tempos de *Setups* de arranque de cada referência devem ser realizados no menor tempo possível.

Após o levantamento da informação de todos os componentes necessários à montagem das 19 referências, foi realizada uma listagem em formato Excel que sistematiza a informação e apresenta as quantidades necessárias para a execução dos processos previamente definidos (Tabela 8).

Tabela 8 BOM CRP6668001

Referência	Designação	Código	Descrição	QT
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	CMQ10703011	CORPO MIST. BANHEIRA LUSITANO	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	CQS10703115	CASQUILHO LIG.CORPO/BICA BANH.LUSITANO	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	VDT01450000200	ORING 16X2	2
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	VDT10100200	ORING 12x2	3
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	VDT03050000	ORING 14x2,5	2
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	REC10703016	RECORD BANHEIRA/BASE LUSITANO NQ	2
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	CQS10703011	CASQUILHO LIG. RECORD (FEMEA G3/4) BANH/BASE LUSIT.	2
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	DIV10703011	ENTRADA DE AGUA 3/4 BANHEIRA/BASE LUSITANO	2
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	BIC10703011	BICA MIST. BANHEIRA LUSITANO	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	PRN20100204	PERNO M5x6 DIN 914 AÇO INOX	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	CST50100800	CARTUCHO 35 FECH. - COLD START - WH	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	PRC10700215	PORCA APERTO LUSITANO EM AMARELO - PASSO FINO	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	CCA10700011	COBRE CARTUCHO LUSITANO	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	MPL1074014CR	MANIPULO LUSITANO C/ GRAV. BRUMA P/ BANH/BASE	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	PRN0002035NO	PERNO UMBRAKO M4x5 AÇO INOX	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	PRN1071001CR	PERNO 8MM MANÍPULO LUSITANO	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	EMB0003011NO	SACO BOLHA 08 + ESPUMA 1.5MM - 300X400MM	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	EMB0009006NO	CAIXA BRUMA BANH. LUSITANO - CX. 13 (320X195X105)	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	DIV0008009CR	KIT EXCENTRICO LUSITANO	2
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	CHV6663003CR	CHUVEIRO DE MÃO - EMOTION	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	DIV1453000NO	REDUTOR DE CAUDAL AZUL 6L	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	BLG1458005CR	BICHA FLEXÍVEL 1.75 C/C	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	SPT1453000CR	SUPORTE CHUVEIRO REGULAVEL ELO	1
CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	EMB0009030NO	SEPARADOR P/ BANHEIRA LUSITANO	1

CRP6668001	MONOCOMANDO DE BANHEIRA - LN	DIV0009001NO	CERTIFICADO GARANTIA VERDE (BRUMA EUROPA)	1
------------	------------------------------	--------------	--	---

^aReferência utilizada como exemplo por possuir todos os processos da linha

A definição da *Bill Of Materials* (BOM) foi muito importante nesta etapa do desenvolvimento do projeto e, mais uma vez, a referência CRP6668001 foi utilizada como exemplo para ilustrar o processo realizado uma vez que possui todas as operações do processo.

A BOM foi realizada para as 19 referências em estudo e foi utilizado novamente o *Forecast* definido em etapas anteriores para chegar a um número de componentes necessários mensalmente de acordo com as atuais previsões da empresa (Tabela 9).

Tabela 9 Previsão de Necessidade de Componentes por mês

Referência	Código	QT	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Média	Total Ano
CRP6668001	CMQ10703011	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	CQS10703115	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	VDT01450000200	2	264	264	264	198	198	264	242	2904
CRP6668001	VDT10100200	3	396	396	396	297	297	396	363	4356
CRP6668001	VDT03050000	2	264	264	264	198	198	264	242	2904
CRP6668001	REC10703016	2	264	264	264	198	198	264	242	2904
CRP6668001	CQS10703011	2	264	264	264	198	198	264	242	2904
CRP6668001	DIV10703011	2	264	264	264	198	198	264	242	2904
CRP6668001	BIC10703011	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	PRN20100204	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	CST50100800	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	PRC10700215	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	CCA10700011	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	MPL1074014CR	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	PRN0002035NO	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	PRN1071001CR	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	EMB0003011NO	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	EMB0009006NO	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	DIV0008009CR	2	264	264	264	198	198	264	242	2904
CRP6668001	CHV6663003CR	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	DIV1453000NO	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	BLG1458005CR	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	SPT1453000CR	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	EMB0009030NO	1	132	132	132	99	99	132	121	1452
CRP6668001	DIV0009001NO	1	132	132	132	99	99	132	121	1452

^aReferência utilizada como exemplo por possuir todos os processos da linha

Com a utilização do Diagrama de Encadeamento foram identificadas 25 etapas diferentes nas quais eram necessários componentes, esta sequência foi respeitada e este número sequencial foi utilizado para todos os componentes conforme ilustrado na última coluna da Tabela 10:

Tabela 10 Atribuição de número sequencial

Referência	Código	Descrição	Seq da Linha
CRP6668001	CMQ10703011	CORPO MIST. BANHEIRA LUSITANO	1
CRP6668001	CQS10703115	CASQUILHO LIG.CORPO/BICA BANH.LUSITANO	2
CRP6668001	VDT01450000200	ORING 16X2	3
CRP6668001	VDT10100200	ORING 12x2	4
CRP6668001	VDT03050000	ORING 14x2,5	5
CRP6668001	REC10703016	RECORD BANHEIRA/BASE LUSITANO NQ	6
CRP6668001	CQS10703011	CASQUILHO LIG. RECORD (FEMEA G3/4) BANH/BASE LUSIT.	7
CRP6668001	DIV10703011	ENTRADA DE AGUA 3/4 BANHEIRA/BASE LUSITANO	8
CRP6668001	BIC10703011	BICA MIST. BANHEIRA LUSITANO	9
CRP6668001	PRN20100204	PERNO M5x6 DIN 914 AÇO INOX	10
CRP6668001	CST50100800	CARTUCHO 35 FECH. - COLD START - WH	11
CRP6668001	PRC10700215	PORCA APERTO LUSITANO EM AMARELO - PASSO FINO	12
CRP6668001	CCA10700011	COBRE CARTUCHO LUSITANO	13
CRP6668001	MPL1074014CR	MANIPULO LUSITANO C/ GRAV. BRUMA P/ BANH/BASE	14
CRP6668001	PRN0002035NO	PERNO UMBRAKO M4x5 AÇO INOX	15
CRP6668001	PRN1071001CR	PERNO 8MM MANÍPULO LUSITANO	16
CRP6668001	EMB0003011NO	SACO BOLHA 08 + ESPUMA 1.5MM - 300X400MM	17
CRP6668001	EMB0009006NO	CAIXA BRUMA BANH. LUSITANO - CX. 13 (320X195X105)	18
CRP6668001	DIV0008009CR	KIT EXCENTRICO LUSITANO	19
CRP6668001	CHV6663003CR	CHUVEIRO DE MÃO - EMOTION	20
CRP6668001	DIV1453000NO	REDUTOR DE CAUDAL AZUL 6L	21
CRP6668001	BLG1458005CR	BICHA FLEXÍVEL 1.75 C/C	22
CRP6668001	SPT1453000CR	SUPORTE CHUVEIRO REGULAVEL ELO	23
CRP6668001	EMB0009030NO	SEPARADOR P/ BANHEIRA LUSITANO	24
CRP6668001	DIV0009001NO	CERTIFICADO GARANTIA VERDE (BRUMA EUROPA)	25

^aReferência utilizada como exemplo por possuir todos os processos da linha

Este número sequencial é importante na medida em que, com esta informação é possível definir a sequência em que as caixas de material deverão ser disponibilizadas na linha de produção.

A tabela com o MRP possui 63 componentes diferentes divididos em 25 etapas de montagem, o número sequencial 1 é o que possui a maior variação com 18 modelos de Corpos de Misturadoras

para 19 referências selecionadas. Apenas as referências CRP6668001 e CRP6668054 utilizam o mesmo corpo pois seus modelos são muito similares.

Com esta análise, foram identificados 12 dos 25 números sequenciais que são padrões para todos os modelos de referências. Assim, a linha deve possuir 25 locais/alvéolos para acomodação e reposição de componentes.

Com a informação disponível até esta etapa do trabalho, bem como com as informações recolhidas junto da empresa, foram definidas as medidas mais ajustadas a cada alvéolo, de forma que a linha não fique demasiado extensa (Tabela 11).

Tabela 11 Definição do Dimensionamento dos Componentes Kanban da Linha

Descrição	Seq da Linha	Janeiro (mensal)	Qtd p/ caixa	Tipo Caixa	C	L	A	Necessário (Mensal)
ORING 16X2	3	1716	1000	CX. PEQUENA	105	165	75	1,7
ORING 12x2	4	3861	1000	CX. PEQUENA	105	165	75	3,9
ORING 14x2,5	5	660	1000	CX. PEQUENA	105	165	75	0,7
PERNO	10	165	500	CX. PEQUENA	105	165	75	0,3
CARTUCHO	11	363	100	CX. PAPELÃO CARTUCHO	390	165	70	3,6
PORCA APERTO	12	363	200	CX. MÉDIA	150	305	125	1,8
COBRE CARTUCHO	13	363	500	CX. PAPELÃO CAMPANULA	320	320	250	0,7
MANIPULO	14	330	80	CX. BRANCA	320	120	65	4,1
PERNO UMBRAKO	15	429	500	CX. PEQUENA	105	165	75	0,9
SACO BOLHA	17	1386	150	CINTA	300	400	300	9,2
CAIXA BRUMA	18	1122	50	CINTA	75	830	885	22,4
KIT EXCENTRICO	19	4092	300	CX. PAPELÃO KIT	455	380	330	13,6
CHUVEIRO DE MÃO	20	891	50	CX. PAPELÃO CHUVEIRO	475	370	235	17,8
REDUTOR DE CAUDAL	21	429	500	CX. PEQUENA	105	165	75	0,9
BICHA FLEXÍVEL	22	924	100	CX. PAPELÃO BICHA	390	390	190	9,2
SUPORTE CHUVEIRO	23	264	250	CX. PAPELÃO SUPORTE	320	450	380	1,1
SEPARADOR	24	1386	100	CINTA	410	290	185	13,9
CERTIFICADO GARANTIA	25	1386	2000	CX. DE CARTÃO	230	320	265	0,7

^aSuprimento KANBAN, utilizado somente os itens com maiores quantidades de cada sequência

Atualmente a empresa utiliza o sistema de reposição *Kanban* para alguns itens. Assim, um dos principais objetivos foi o de aumentar o número de componentes que utilizam este modelo de reposição pelo que se sugere que as referências da Tabela 11 passem a seguir este modelo de reposição.

A elaboração da linha deverá ter em consideração todos estes valores de necessidades por mês de forma a aumentar o tempo de reposição dos componentes *Kanban*. Todos estes componentes estarão em suas caixas na linha com uma caixa sobressalente de forma a quando acabar a primeira o responsável pelo reabastecimento identifique e de imediato faça a reposição e desta forma a linha nunca fique sem componentes para operação.

Os principais itens de suprimento para a linha são as misturadoras e bicas as quais são manufaturadas em operações anteriores na empresa e estocadas em caixas de frutas em quantidades pré-definidas de 33 componentes. As ordens de produção foram definidas em múltiplos de 33 para a reposição dos componentes *picking* serem realizadas de forma padronizada.

Tabela 12 Definição do Dimensionamento dos Componentes Picking da Linha

Descrição	Seq da Linha	Janeiro (mensal)	Qtd p/ caixa	Tipo Caixa	C	L	A	Necessário (Mensal)
<i>CORPO</i>	1	198	33	CX. DE FRUTA	400	595	160	6,0
<i>CASQUILHO LIG.</i>	2	231	99	CX. BRANCA	320	120	65	2,3
<i>RECORD BANHEIRA/BASE</i>	6	1716	330	CX GRANDE	225	395	170	5,2
<i>CASQUILHO LIG. RECORD</i>	7	1716	330	CX GRANDE	225	395	170	5,2
<i>ENTRADA DE AGUA</i>	8	1452	330	CX GRANDE	225	395	170	4,4
<i>BICA</i>	9	132	33	CX. DE FRUTA	400	595	160	4,0
<i>PERNO 8MM MANÍPULO</i>	16	330	122	CX. BRANCA	320	120	65	2,7

^aSuprimento PICKING, utilizado somente os itens com maiores quantidades de cada sequência

Na Tabela 12 são visualizados os componentes com suprimento *Picking* e toda sua reposição se dará de acordo com as ordens de produção. As caixas maiores são identificadas com a quantidade de componentes existentes e sua reposição é feita da mesma forma que os corpos e bicas das misturadoras.

3.3.3. Fase *Analyse*

Durante o período de análise procedeu-se à identificação de fontes de variação, analisar redefinições de procuras para identificar a melhor forma de desenvolver a nova linha de produção. Foi calculado novamente o MRP com estas quantidades e assim verificado as necessidades mensais de reposição.

3.3.3.1. Número de Ordens de Produção

Conforme anteriormente mencionado, conclui-se que a melhor forma de produção se daria com a produção e reposição por múltiplos de 33. Nesta etapa foram calculadas as novas procuras e quantidades previstas de produção por dia na linha (Tabela 13).

Tabela 13 Previsão de nova procura mensal por referência

Referências	Família	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Média
CRP6668001	1	132	132	132	99	99	132	121
CRP6668054	1	33	33	33	33	33	33	30
CRP6668056	2	198	198	165	198	165	165	173
CRP6668053	2	33	33	0	0	0	0	8
CRP6668060	2	33	33	33	33	33	33	30
CRP6668050	3	132	165	165	165	132	165	151
CRP6668047	3	99	99	99	99	99	132	105
CRP6668046	3	99	66	99	66	66	99	80
CRP6668049	3	66	99	99	66	66	66	77
CRP6668027	3	33	66	66	33	33	66	44
CRP6668026	3	33	33	0	33	33	0	22
CRP6668041	3	33	0	33	0	33	0	17
CRP6668022	3	33	0	0	33	0	0	11
CRP6668018	3	165	165	132	165	165	165	160
CRP6668048	3	132	132	99	132	132	132	127
CRP6668042	3	33	66	66	33	66	33	47
CRP6668051	3	33	33	66	33	66	33	44
CRP6668028	3	33	33	33	33	33	33	30
CRP6668023	3	33	0	0	33	0	0	11
TOTAL		1386	1386	1320	1287	1254	1287	1287

^aPrevisão de Demanda dos primeiros 6 meses do ano

Com o cálculo de MRP foi identificado a variação entre 37 e 42 lotes de produção com 33 componentes por mês, o cálculo desenvolvido nesta etapa utilizou dados anteriormente definidos como LT necessário para produção de um componente, valor de disponibilidade das linhas atuais e com estes dados foi identificado o tempo máximo por dia que a linha tem disponibilidade.

A linha pode operar com a produção de 2 até 4 lotes por dia o que seria suficiente para entregar toda a procura necessária.

Nesta etapa foi identificado a necessidade de reposição para alguns itens como a referência Caixa Bruma de 22 vezes por mês, de acordo com a coluna “Necessário (Mensal)” na Tabela 11, o que se faz necessário aumentar a quantidade deste item na linha para que esta quantidade seja reduzida.

3.3.4. Fase *Improve*

Nesta fase foram identificadas, discutidas e selecionadas as ações de melhoria a realizar, tendo em consideração os dados analisados na fase anterior. De modo a aumentar a eficiência geral das linhas em estudo. As melhorias desenvolvidas foram direcionadas para os 92% da previsão de procura das misturadoras.

3.3.4.1. Desenvolvimento novo Layout - *One Piece Flow*

Para o desenvolvimento do novo layout passando de layout funcional para layout por linha foram levados em consideração os dados obtidos nas fases anteriores do DMAIC e desenvolvido no *software* a linha completa onde abrange as atuais três linhas da empresa em uma única linha em um processo *one piece flow* (Figura 48).

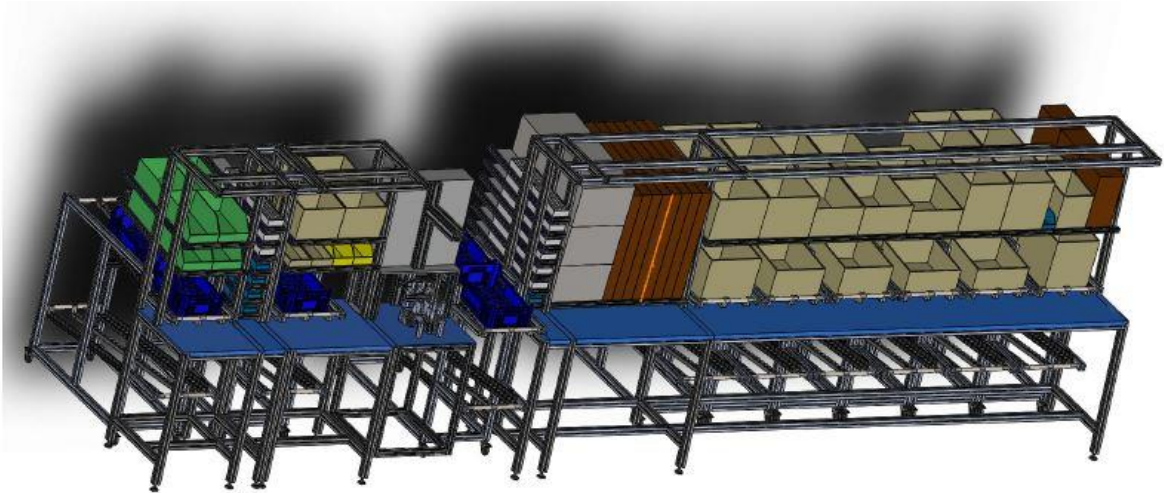


Figura 48 Nova Linha de Produção

A linha possui 7,165 metros de comprimento desde o início da montagem até o final da embalagem e para sua elaboração foi realizado o estudo dos 25 diferentes componentes com o total de 63 referências.

A divisão se deu entre componentes com reposição *kanban* e *picking* e os bordos com caixas de frutas são abastecidos de acordo com a ordem de produção necessária, todos os componentes denominados corpo de misturadora e bica estão com manufaturas anteriores na empresa e são estocados em caixas de frutas com 33 unidades os quais respondem aos múltiplos necessários das ordens de produção.

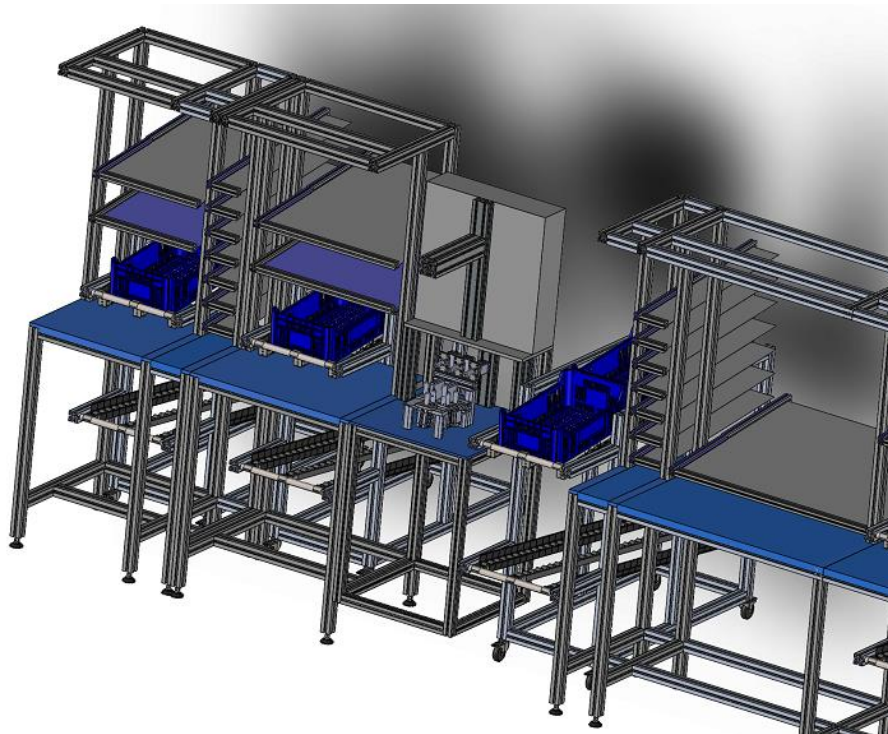


Figura 49 Caixas de Frutas para Suprimento

Conforme mencionado anteriormente, na Figura 49 as caixas azuis são abastecidas de acordo com as ordens de produção da empresa.

A linha de montagem para o novo *layout* foi projetada com 1,62 metros e é dividida entre as reposições de caixas azuis, caixas fechadas dos fornecedores identificadas como *kanban* e caixas pequenas nas quais são alocadas peças de forma manual nos armazéns.

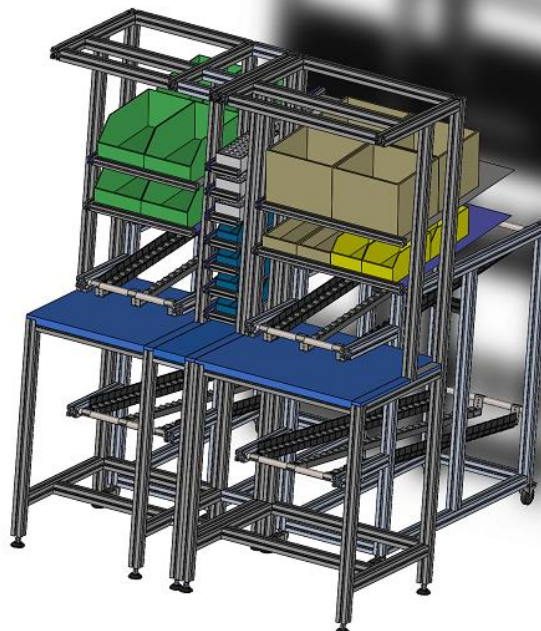


Figura 50 Nova Linha de Montagem

Na Figura 50 podem ser identificadas caixas verdes e amarelas, que se destinam à reposição por *picking*. Os componentes armazenados nestas caixas são fornecidos à empresa em caixas grandes

e não torna o processo de *kanban* possível e por isso são inseridas nas caixas manualmente e alocadas na linha.

A linha de embalagem foi desenvolvida com 4,43 metros e todos seus componentes são abastecidos por *kanban*, todas as referências estão na linha e a linha ficou com um tamanho maior do que o desejado mas vai facilitar muito o abastecimento.

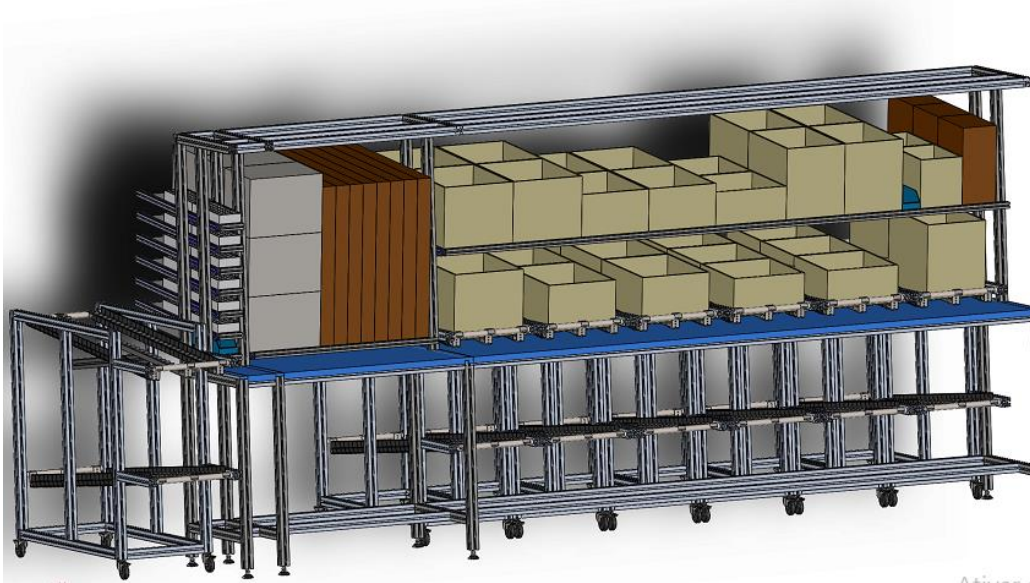


Figura 51 Nova Linha de Embalagem

A linha de embalagem Figura 51 possui 6 bordos de linha com componentes de bastante procura e na base fixa foram posicionados os componentes de menor procura. Toda a sequência de embalagem foi respeitada de forma a não possuir desperdícios de deslocamento e procura de componentes pelo operador.

Toda a reposição dos artigos de *picking* e *kanban* serão realizadas pela parte de trás da linha e após cálculos foi verificado que os *kanban* e *picking* tem a autonomia de ficar até 2,5 dias sem reposição até ocasionar a primeira paragem por falta de componentes da linha.

A forma de reposição é de fácil visualização e pode ser planeada facilmente para que não ocorra paralisações de produção. Na Figura 52 pode ser visualizado a segunda caixa e em alguns casos até a terceira e no momento que o operador pega os últimos componentes ele retira a caixa e deixa na parte inferior da linha de bordo para que a próxima caixa fique mais próxima. Na Figura 53 está representado o padrão de bordo de linha utilizado no projeto.

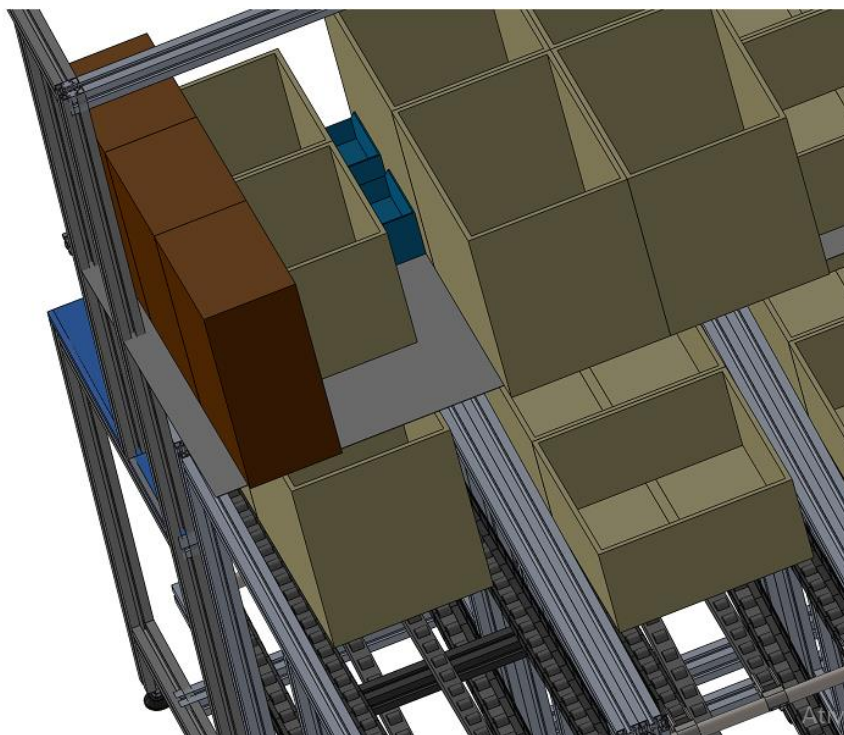


Figura 52 Parte Inferior da Linha de Produção



Figura 53 Linha de Bordo

3.3.5. Fase *Control*

A fase de controlo, que envolveria a implementação das metodologias planeadas e a análise dos resultados, não pôde ser concluída devido a restrições temporais deste estudo. A falta de tempo

adequado para executar essa etapa específica da metodologia limitou a obtenção de uma avaliação completa e abrangente dos resultados.

No entanto, é importante salientar que as etapas anteriores do estudo, como a seleção das referências, o balanceamento da linha e a definição dos subconjuntos, juntamente com as melhorias realizadas na sequência de produção, ainda são relevantes e podem fornecer informações valiosas.

A ausência da fase de controle dificulta a quantificação do impacto total das intervenções propostas e a verificação da efetiva implementação das melhorias planejadas.

Para superar essa limitação, é recomendado que estudos futuros dediquem tempo adequado à implementação das metodologias planejadas e à realização da fase de controle. Isso permitirá uma avaliação mais robusta e conclusiva dos resultados, proporcionando uma visão mais completa do desempenho e das melhorias alcançadas.

Embora a falta de tempo para executar a fase de controle seja uma limitação deste estudo, é fundamental reconhecer essa lacuna e enfatizar a importância de etapas futuras para complementar e expandir os resultados obtidos até o momento. Essas etapas futuras podem fornecer informações adicionais e validar a eficácia das intervenções propostas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados é apresentada neste capítulo após a seleção das referências e balanceamento da linha com definição dos subconjuntos, a melhoria da sequência de produção das restantes ações de melhoria na área da linha. Foi, portanto, analisada a capacidade da linha e produtividade associadas. No final, foram considerados sobretudo a redução do tempo na Gama de Produção, a percentagem de melhoria com a elaboração do Lean, a redução do tamanho atual das linhas em um ganho de espaço e a redução em postos de trabalho.

4.1. Apresentação de resultados

Com base nas informações referidas, partiu-se para a apresentação dos resultados obtidos. Consideraram-se os resultados obtidos ao longo do trabalho efetuado e os dados fornecidos pelos setores da empresa.

4.1.1. Capacidade Produtiva

O cálculo da capacidade produtiva se fez após a realização do balanceamento da linha e definição da nova gama operatória. Com a definição das 1.710 horas de trabalho no ano, TT de 407,4 segundos e disponibilidade média definida pelo OEE fornecido pela empresa a capacidade produtiva utilizada para a atual procura esta representada na Figura 54, com variação entre os 33,3% no mês de maio até 45,9% no mês de dezembro.

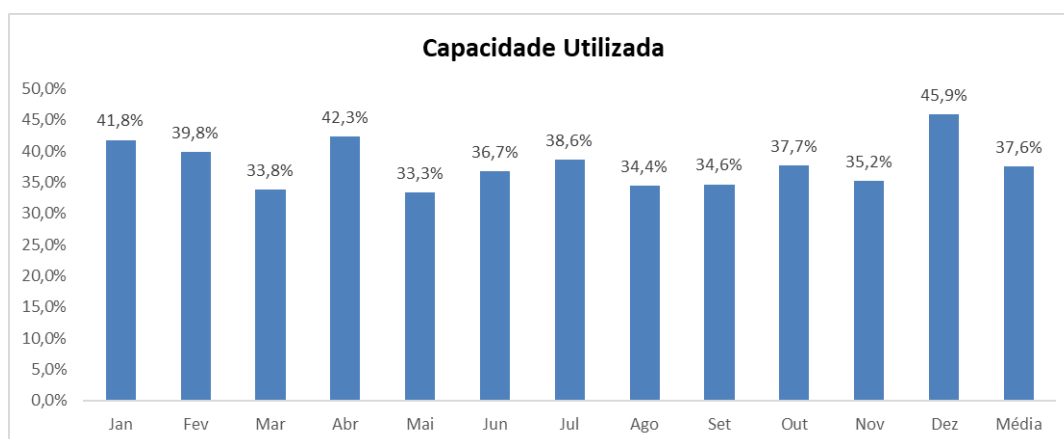


Figura 54 Gráfico de Capacidade Utilizada

Com os cálculos de capacidade máxima, a empresa pode produzir até 4.263 misturadoras no mês com maior disponibilidade Figura 55, o que deixa a nova linha em condições de operar se houver alta nas procuras atuais.

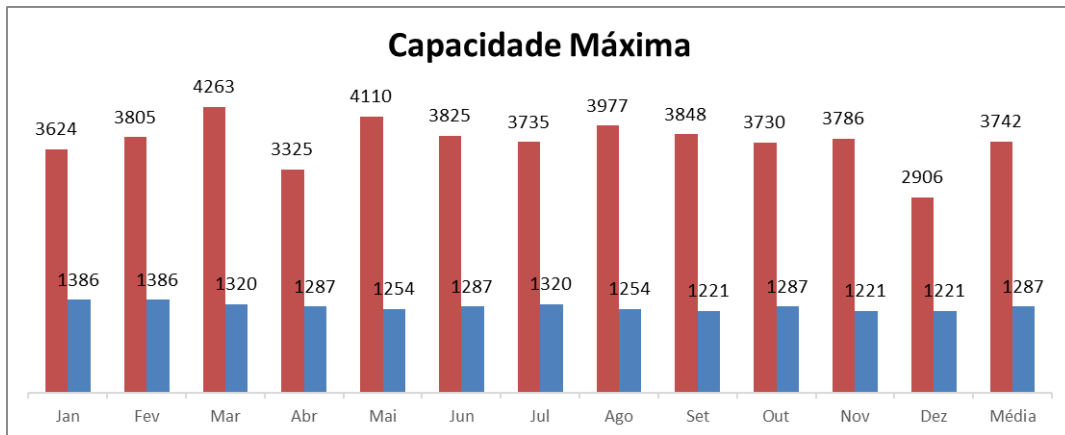


Figura 55 Gráfico de Capacidade Máxima

Para efeitos de comparação de resultados, foi considerado a situação inicial apresentada na Figura 40 de tempo de produção previsto na Gama Operatória de 06 minutos e 19 segundos para a redução após elaboração da nova gama na Figura 47 com previsão de 04 minutos e 58 segundos retirando os desperdícios de deslocamentos, separação de componentes e *setups* desnecessários.

A redução média está planeada e tem por base a produção de uma peça a cada ciclo. Calculando o tempo necessário com a atual linha para produzir a mesma quantidade de componentes que o tempo previsto para a nova linha. Pode-se verificar que o número médio de horas mensais consumidas para atingir o mesmo número de produção de peças diminuiu de 4.140 horas para 3.260 horas o que equivale à redução é de 21,25%.

4.1.2. Melhorias Efetuadas

Com o sentido de melhorar o layout obteve-se a redução de horas e conseqüentemente a redução de 21,25% de tempo para produzir a mesma quantidade de componentes com a elaboração do *Lean*. O mesmo se aplica a redução de espaço no qual as linhas necessitam para operar dentro do setor da empresa. A largura das linhas se manteve o mesmo, porém a redução do comprimento da linha é visível e considerada uma das melhores melhorias alcançadas com este projeto. A soma do comprimento das três linhas anteriores estava em 24 metros e a nova linha foi projetada em apenas 7,165 metros o que equivale a redução de 70,14% o que traz vantagens como por exemplo ganho de espaço no interior da empresa e redução de deslocamentos desnecessários.

A redução do posto de trabalho não foi objetivo do atual projeto mas só poderá ser realizado após a implementação do mesmo, essa redução permite a empresa fazer a realocação de um operador para suprir procura em outros setores que atualmente necessitam da realização de horas extras para entregar as procuras solicitadas. Com esta redução a linha vai operar com apenas 2 operadores em um único turno e a composição da linha também permite o planeamento de produção com apenas um operador em trabalho contínuo e ainda assim respeitando o *One Piece Flow*.

Assim sendo, o impacto de todas estas alterações está incluído nos resultados associados à eficiência e ao OEE da empresa. Aumentos nos indicadores de qualidade e disponibilidade são visíveis, porém não podem ser mensurados no atual projeto pois a linha ainda está em fase de implementação e dados da fase de controle não puderam ser realizados.

4.2. Discussão de resultados

No âmbito da dissertação, o objetivo principal consistiu na melhoria contínua em uma empresa metalomecânica. Inicialmente, foi estabelecido como meta unificar as três linhas de produção, com o propósito de assegurar o funcionamento da máquina de testes, a qual era o foco de outro projeto. Adicionalmente, foi direcionado esforço para a implementação dos princípios Lean, visando estabelecer o fluxo contínuo conhecido como "*One Piece Flow*". O foco principal da pesquisa centrou-se na identificação e redução de desperdícios e estoques entre as operações.

Uma estratégia crucial para reduzir a variabilidade dos processos foi a transferência de determinadas operações para outras linhas de produção. Essa mudança permitiu atingir uma padronização e sequenciamento mais eficientes das operações, resultando em uma redução do tempo necessário para completar os processos da linha de produção.

Para alcançar os resultados mencionados anteriormente, foram aplicadas diversas ferramentas *Lean* e de melhoria contínua, para a implementação do sistema *One Piece Flow*. Todas essas técnicas foram implementadas considerando o *Lean Six Sigma* (LSS), utilizando a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar).

Ao longo do projeto, foram obtidos resultados positivos, que indicam um possível aumento no *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). No entanto, a quantificação precisa desse aumento só poderá ser realizada em estudos futuros, por meio de uma avaliação mais detalhada e da comparação com dados anteriores à implementação das melhorias.

Os resultados alcançados até o momento são encorajadores, reforçando a importância da abordagem e das técnicas de melhoria contínua na otimização dos processos de produção. No entanto, é fundamental manter a monitorização e a avaliação dos indicadores-chave de desempenho, a fim de garantir a sustentabilidade das melhorias implementadas e identificar possíveis oportunidades adicionais de aprimoramento.

5. CONCLUSÃO

Neste capítulo foi sumarizada a metodologia adotada para o alcance dos objetivos pretendidos. Da mesma forma, procedeu-se a uma apresentação sintética dos resultados obtidos relativamente ao conjunto de melhorias aplicadas, sendo também apresentadas algumas das limitações existentes e propostas para trabalhos futuros.

5.1. Conclusões finais

A realização deste trabalho consistiu na aplicação de ferramentas de melhoria contínua para a redução de desperdícios e padronização dos processos ao longo da nova linha de produção, com o objetivo principal de alcançar a melhoria contínua. Procedemos à análise dos processos existentes nas linhas de montagem e embalagem da empresa de fabrico de torneiras e aplicámos de forma integrada as ferramentas *Lean e Seis Sigma* para determinar e otimizar a capacidade produtiva.

Após a realização das análises e balanceamentos necessários, obtivemos melhores resultados. Definimos o Takt Time em 6 minutos e 47 segundos e o *Lead Time* equilibrado entre as linhas em 2 minutos e 32 segundos, atendendo assim às necessidades de procura. Concluimos que a linha, operando em um único turno e no processo *One Piece Flow*, seria capaz de satisfazer a demanda.

Além disso, realizamos análises de MRP para a suplementação da linha, definindo as medidas das caixas picking e o tamanho dos lotes das ordens de produção. Também projetamos o layout, considerando os kanbans e realizando alterações para aumentar a eficiência. A linha foi projetada para operar com até 4 lotes produzidos por dia, atendendo às demandas até mesmo nos meses com maior previsão.

A implementação da metodologia DMAIC na linha facilitou o desenvolvimento e execução da nova linha, resultando em redução do tempo de produção em 21,25% e redução do tamanho da linha em 70,14%. Esses são alguns dos principais resultados obtidos como conclusão do trabalho.

A implementação da nova linha atende às expectativas da empresa, permitindo a adoção do processo *One Piece Flow* e resultando em redução significativa do *Lead Time* e dos níveis de estoque em comparação ao processo atual.

Globalmente, podemos concluir que os objetivos inicialmente estabelecidos foram cumpridos, pois conseguimos projetar e atender a todos os requisitos da linha de produção por meio da aplicação de diversas técnicas e metodologias.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

Durante o projeto apresentado, existiram alguns obstáculos como o tempo necessário para implementar o projeto e realizar todas as etapas da metodologia DMAIC, nomeadamente a etapa de controlo. Esta questão dificultou por vezes a realização do cálculo de *OEE* com este novo meio de produção. No entanto, no final foi possível alcançar os objetivos definidos.

Como ponto de partida para trabalhos futuros, uma vez que permanece um problema cuja resolução iria promover ainda mais um aumento da eficiência da linha, que permanece baixa tendo em conta que o atual projeto melhorou os números de velocidade de produção mas não foi

verificado a melhoria em qualidade e disponibilidade. A qualidade possivelmente terá indicadores maiores pois pelo fato da linha operar em *One Piece Flow* a probabilidade de identificar falhas mais cedo é maior e a imediata correção faz com que menos peças sejam desperdiçadas. De forma similar, a velocidade de produção aumenta pois em processos como limpeza o segundo operador consegue alertar mais rapidamente o primeiro e com isso se reduz o tempo desta operação.

O atual projeto teve como objetivo a organização e padronização dos processos e como trabalho futuro a criação de *gabarís* para prender as peças e utilização de máquinas pneumáticas para apertos necessários podem fazer os tempos de produção diminuir e o aumento de indicadores subir consideravelmente.

A inserção de máquinas pneumáticas para aperto de roscas é outra melhoria identificada que não foi foco do atual projeto assim como doseadores de cola automáticos não são objetivos do trabalho mas podem ser identificados e referenciados como futuros estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. K. Liker, "The toyota way," *Esensi*, 2004.
- [2] H. M. Chaves Costa, "Aplicação de ferramentas Lean Seis Sigma para a melhoria contínua de células produtivas Universidade do Minho Escola de Engenharia," 2022.
- [3] L. R. Moreira and A. Teixeira, "LEAN SAFETY-ESTUDO DO IMPACTO DO LEAN SEIS SIGMA NA SEGURANÇA."
- [4] S. Vinodh, K. R. Arvind, and M. Somanaathan, "Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives," *Clean Technol Environ Policy*, vol. 13, no. 3, pp. 469–479, 2011, doi: 10.1007/s10098-010-0329-x.
- [5] G. L. Hodge, K. Goforth Ross, J. A. Joines, and K. Thoney, "Adapting lean manufacturing principles to the textile industry," *Production Planning and Control*, vol. 22, no. 3, pp. 237–247, Apr. 2011, doi: 10.1080/09537287.2010.498577.
- [6] J. P. Womack and Daniel T. Jones, "From lean production to lean enterprise," *Harv Bus Rev*, pp. 93–103, 1994.
- [7] A. N. A. Wahab, M. Mukhtar, and R. Sulaiman, "A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions," *Procedia Technology*, vol. 11, pp. 1292–1298, 2013, doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.327.
- [8] T. Ohno, "O Sistema Toyota de Producao Alem Da Producao," *Bookman*, 1997.
- [9] J. K. Liker and D. Meier, "The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps," *McGraw-Hill*, 2006.
- [10] J. K. Liker and J. M. Morgan, "The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development Executive Overview.," *Academy of Management Perspectives*, 2006.
- [11] C. A. M. Cristóvão, *Análise e Otimização de Uma Linha de Produção*. 2014.
- [12] J. Miguel and N. Miranda, "A Filosofia de gestão e produção Lean numa Empresa de Transformação de Rocha Ornamental," 2020.
- [13] D. Tapping and T. Shucker, "Value Stream Management for the Lean Office: 8 steps to planning and Sustaining Lean Improvements in Administrative Areas," *Productivity Press, Nova York, EUA.*, 2003.
- [14] J. Drew, Blair McCallum, and Stefan Roggenhofer, "Journey to lean: making operational change stick," *Palgrave Macmillan*, 2004.
- [15] Masaaki. Imai, "Gemba Kaizen: A Commonsense Low-cost Approach to Management," *McGraw-Hill New York*, 1997.
- [16] A. Nagib, "The Role of Hybrid Make-to-Stock (MTS) - Make-to-Order (MTO) and Economic Order Quantity (EOQ) Inventory Control Models in Food and Beverage Processing Industry. IOP Conference Series: .," *Materials Science and Engineering*, 2016.
- [17] P. Hines and N. Rich, "The seven value stream mapping tools," *International Jornal of Operations & Production Management MCB University Press Ltd. England*, 1997.
- [18] B. Mulholland, "9 Lean Manufacturing Principles to Kill the Jargon and Get Quality," 2018.
- [19] S. Bell, "Lean Interprise Systems, Using IT for Continuous Improvement. .," *John Wiley & Sons, Inc, Nova Jersey, EUA.*, 2006.
- [20] C. A. Ortiz, "Kaizen Assembly Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line.," *Taylor and Francis Group, LLC. Nova York, EUA.*, 2006.
- [21] P. Sivaraman, "Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques," *Mater Today Proc*, 2020.
- [22] E. M. Keim, "Rethinking the Basics: Takt Time and Workload Balancing.," *Quality and Participation*, 2019.
- [23] R. d. R. Alvarez and J. A. V. Antunes Jr, "Takt-time: concepts and context in Toyota Production System," *Gestão & Produção*, pp. 1–18, 2001.
- [24] J. Milteburg, "One-piece Flow Manufacturing on U-shaped Production Lines: a Tutorial," *School of business, McMaster Universtiy, Ontário, Canada.*, 2001.

- [25] P. Ghinato, "Sistema Toyota de Produção: Mais do Que Simplesmente Just-in-Time," 1995.
- [26] T. Ohno, *Toyota Production System: An integrated Approach to Just-In-Time*. Portland, Oregon., 1988.
- [27] J. Grout and J. Toussaint, "Mistake-proofing healthcare: why stopping processes may be a good start," *Bus Horiz*, 2010.
- [28] J. M. Borges, M. Loureiro, and P. Osswald, "Aplicação de Metodologias Lean para Melhoria dos Processos de Logística Interna," 2014.
- [29] M. Rother and J. Shook, "Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. Lean Enterprise Institute.," 1999.
- [30] J. P. Womack and D. T. Jones, "Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Simon & Schuster.," 2003.
- [31] J. M. Juran and James F Riley, "The quality improvement process," *McGraw Hill New York*, 1999.
- [32] R. B. Chase, "Operations Management for Competitive Advantage," *Tata McGraw-Hill*, 2006.
- [33] A. J. de Ron and J. E. Rooda, "OEE and equipment effectiveness: An evaluation," *Int J Prod Res*, 2006.
- [34] P. Miguel and O. Ribeiro, "DEFINIÇÃO E STANDARIZAÇÃO DE UMA LINHA DE AGLOMERAÇÃO," 2020.
- [35] A. Moreira, "Cost reduction and quality improvements in the printing industry," *Procedia Manuf*, pp. 623–630, 2018.
- [36] C. Patel and V. Deshpande, "A Review on Improvement in Overall Equipment Effectiveness.," *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, pp. 642–650, 2017.
- [37] P. Tomás, G. Forte, and P. João, "Balanceamento de uma linha de produção e implementação de Metodologias Lean," 2019.
- [38] I. Fernandes and M. Soares, "IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS LEAN NUMA LINHA DE PINTURA NA INDÚSTRIA DE MOBILIÁRIO," 2015.
- [39] P. Dennis, "Lean Production simplified: A plain-language guide to the world's most powerful production system," *Productivity Press*, 2007.
- [40] Y. Monden, *Sistema Toyota de produção*. São Paulo, 1984.
- [41] E. A. Coimbra, "Total Management Flow: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains," *Kaizen Institute*, 2009.
- [42] N. Kumar and D. Mahto, "Assembly Line Balancing: A Review of Developments and Trends in Approach to Industrial Application," 2013.
- [43] A. I. Carvalho and S. Laroca, "OTIMIZAÇÃO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE TUBOS DE AR CONDICIONADO PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL," 2021.
- [44] J. P. Pinto, "Cycle time vs Takt time," *CLT Services*, 2021.
- [45] D. Sabadka, "Optimization of Production Processes Using the Yamazumi," *Advances in Science and Technology*, 2017.
- [46] N. Sukdeo, "The Application of 6S Methodology as a Lean Improvement Tool in an Ink Manufacturing Company," in *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2017.
- [47] D. Dhouchak, "REVIEW OF 6S METHODOLOGY." [Online]. Available: <http://www.journalijdr.com>
- [48] D. F. Gomes, "Serious Games for Lean Manufacturing : The 5S Game," *Iberoamericana De Tecnologias Del Aprendizaje*, pp. 191–196, 2013.
- [49] W. C. Lucato, "Eco-Six Sigma: Integration of environmental variables into the Seis Sigma technique," vol. 26, pp. 605–616, 2015.
- [50] M. T. Reis, "MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO MULTIRREFERÊNCIAS," 2022.

- [51] P. A. Gupta and S. C. Sharma, "Productivity Improvement in the Chassis Preparation Stage of the Amplifier Production Process: A DMAIC Seis Sigma Methodology," *Int. J. Reliab. Qual. Saf. Eng*, vol. 23, 2016.
- [52] R. Shankar, "Process Improvement Using Seis Sigma: A DMAIC Guide," *Milwaukee: American Society for Quality*, 2009.
- [53] C. Staudter, "Design for Seis sigma+Lean toolset: Implementing innovations successfully. In Design for Seis Sigma," 2009.
- [54] V. K. Omachonu and J. E. Ross, "Principles of Total Quality," *CRC Press LLC, Boca Raton, FL.*, 2004.
- [55] M. Smętkowska and B. Mrugalska, "Using Seis Sigma DMAIC to improve the quality of the production process : a case study. Procedia - ," *Social and Behavioral Sciences*, pp. 590–596, 2018.
- [56] J. Antony, "Lean Seis Sigma: yesterday, today and tomorrow," *International Journal of Quality and Reliability Management*, pp. 1073–1093, 2017.
- [57] F. O. Ogunwolu, "A Review of Lean Manufacturing, Seis Sigma and Lean Seis Sigma," *The Pacific Journal of Science and Technology*, pp. 77–79, 2021.
- [58] R. Ben Ruben, "Lean Seis Sigma with environmental focus: review and framework," *Int. J. Adv. Manuf. Technol*, vol. 94, pp. 9–12, 2018.
- [59] A. S. Patel and A. S. Patel, "Critical review of literature on Lean Seis Sigma methodology," *International Journal of Lean Seis Sigma*, pp. 627–674, 2021.
- [60] V. Santos, "O que é SMED? Como isso ajuda a reduzir o SETUP?," 2017.
- [61] S. Shingo, "A Revolution in Manufacturing: The SMED System, Productivity Press," 1985.
- [62] J. R. Moreira Da Fonseca, O. Na, P. Embalagem, : Engenheira, and P. Quevedo Costa, "SMED-Melhoria contínua do tempo de set-up das unidades UP8 Simon e UP10 Revicart Orientador na FEUP: Professor João Oliveira Neves," 2009.

ANEXO A – GRÁFICO DE GANTT

ANEXO B – DIAGRAMA DE ENCADEAMENTO