



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Adriana Braz de Sousa

**PROJETO DE LINHA DE MONTAGEM USANDO
MÉTODOS LEAN NA INDÚSTRIA
METALOMECÂNICA**

VOLUME 1

**Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial orientada
pelo Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto e apresentada ao
Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra.**

Julho de 2021



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Projeto de linha de montagem usando métodos *Lean* na indústria metalomecânica

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Assembly line design using *Lean* methods in the metalworking industry

Autor

Adriana Braz de Sousa

Orientador

Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto

Júri

Presidente Professora Doutora Aldora Gabriela Gomes Fernandes
Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor Miguel Jorge Vieira
Investigador Doutoramento da Universidade de Coimbra

Orientador Professor Doutor Telmo Miguel Pires Pinto
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Coimbra, julho, 2021

“You must do the things you think you cannot do.”

Eleanor Roosevelt

Aos meus pais e irmão.

Agradecimentos

No final desta etapa fica o sentimento de gratidão por todos aqueles que dela fizeram parte.

Agradeço, sobretudo, à minha família por me apoiar incessantemente ao longo da minha vida. Aos meus pais, pela oportunidade e pela motivação que me fez chegar aqui. São o meu maior orgulho e este percurso tornou-se mais fácil com o vosso acompanhamento. Ao meu irmão, pela força e união, por estar presente em todos os momentos e ser uma inspiração para mim.

Ao meu orientador, Professor Doutor Telmo Pinto, pelos conselhos e disponibilidade na elaboração deste trabalho.

Aos amigos que fizeram parte desta jornada, por partilharem esta experiência comigo e proporcionaram recordações inesquecíveis. E a Coimbra, por tornar todos os momentos mais especiais e ter sido palco de cinco anos de aventuras.

Por fim, à empresa em que tive o prazer de estagiar, pela oportunidade e confiança e a todos os colaboradores pela ajuda e disponibilidade.

Resumo

A crescente exigência do mercado e a competitividade que advém da globalização levam as empresas a desenvolver estratégias de produção eficientes que permitam responder rapidamente à procura. Através da otimização de recursos, é possível reduzir as atividades que não geram valor do ponto de vista do cliente e maximizar o valor do produto ou serviço.

O presente projeto surge com o intuito de diminuir o *lead time* de produção e responder eficazmente ao aumento da procura. Inserida na indústria metalomecânica, a empresa dedica-se à construção de máquinas com aplicação na indústria têxtil e visa conseguir vantagens competitivas no mercado, aumentando a eficiência dos processos e reduzindo o tempo de resposta. Neste sentido, através da implementação de ferramentas *Lean*, foi desenvolvido um projeto de linha de montagem que contempla um conjunto de fases, como o balanceamento de operações, definição de *layout*, dimensionamento do bordo de linha e logística de abastecimento.

A aplicação de ferramentas *Lean* permitiu diagnosticar os problemas da situação atual e desenvolver estratégias de produção eficientes, através da eliminação do desperdício e da prática de um fluxo contínuo de produção.

A implementação deste plano de melhoria permitiu solucionar os problemas identificados inicialmente e alcançar um modelo mais flexível e produtivo. O fluxo contínuo no processo de montagem originou uma redução de quase 40% no tempo total de montagem e, desta forma, foi possível diminuir os níveis de inventário e a área ocupada no chão de fábrica. Além da redução do tempo de montagem, a eliminação de desperdícios potenciou o aumento da produtividade em 10% e, em consequência, uma redução de 75% no *lead time*.

Palavras-chave: *Lean*, Fluxo de produção, Projeto de linha, Desperdício, Melhoria Contínua.

Abstract

The growing market demand and competitiveness resulting from globalization lead companies to develop efficient production strategies that allow to respond quickly to the demand. By optimizing resources, it is possible to reduce activities that do not generate value from the customer's perspective and maximize the product or service value.

This project aims to reduce the lead time of production and respond effectively to the increase in demand. Part of the metalworking industry, the company focus on building machines for the textile industry and aims to gain competitive advantages in the market, increase efficiency and reduce response time. In this sense, through the implementation of Lean tools, an assembly line project has been developed that includes a series of phases, such as balancing operations, layout definition, dimensioning borders of line, and supply logistics.

The application of Lean tools allowed to diagnose the problems of the current situation and develop efficient production strategies, through the elimination of waste and the practice of a continuous flow of production.

The implementation of this improvement plan allowed us to solve the problems initially identified and achieve a more flexible and productive model. The continuous flow in the assembly process generated in a reduction in total assembly time of nearly 40%, and it was possible to reduce inventory and occupied area on the shop floor. In addition to the cycle time reduction, the elimination of waste led to a 10% increase in productivity and consequently to a 75% reduction in lead time.

Keywords Lean, Production flow, Line design, Waste, Continuous improvement.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Siglas	xv
1. Introdução	1
1.1. Motivação	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura	3
2. Caso de estudo	5
2.1. A empresa	5
2.1.1. Modelos de máquinas e componente de estudo	6
2.2. Situação atual	8
2.2.1. <i>Layout</i>	11
2.3. Descrição do problema	13
3. Enquadramento teórico	17
3.1. <i>Toyota Production System</i>	17
3.2. <i>Lean Manufacturing</i>	18
3.2.1. Princípios <i>Lean</i>	18
3.2.2. Desperdícios	19
3.2.3. Vantagens	22
3.3. Principais técnicas e ferramentas	22
3.3.1. <i>Just-in-time</i>	22
3.3.2. <i>Jidoka</i>	23
3.3.3. <i>Kaizen</i>	23
3.3.4. Gestão visual e organização	24
3.3.5. Fluxo de produção	25
3.3.6. Logística Interna	30
4. Implementação	39
4.1. Análise ABC	39
4.2. Projeto de linha para os grupos de modelo B e F	40
4.2.1. Processo de montagem	41
4.2.2. Balanceamento de operações	42
4.2.3. Desenho de linha e plano de ações	45
4.2.4. Linha teste	46
4.2.5. Bordo de linha	48
4.2.6. Organização e Gestão Visual	53
4.3. Projeto de linha para os restantes grupos de modelo	54
4.4. Acompanhamento de ações	56
5. Análise de resultados	59

6. Conclusões e propostas futuras	65
6.1. Conclusões.....	65
6.2. Propostas futuras.....	66
Referências Bibliográficas	67
Anexo A	71
Anexo B.....	73
Apêndice A.....	75
Apêndice B.....	77
Apêndice C.....	85
Apêndice D.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Grupos de modelos de máquinas	6
Figura 2.2. Combinações possíveis para cada modelo de máquina.....	8
Figura 2.3. <i>VSM</i> estado atual – Processo de produção completo	9
Figura 2.4. <i>VSM</i> estado atual – Montagem Componente X	10
Figura 2.5. Produção de Componentes X por grupo modelo (2019 e 2020).....	11
Figura 2.6. Layout atual.....	12
Figura 2.7. Níveis de <i>stock one-piece flow</i> vs produção em lote.....	13
Figura 2.8. <i>One-piece flow</i> vs Produção em lote (Adaptado de Norzaimi & Ani, 2012)....	14
Figura 2.9. Diagrama de <i>Spaghetti</i> – Estado atual	15
Figura 3.1. Relação entre <i>Muda, Mura e Muri</i> (Pienkowski, 2014).....	21
Figura 3.2. Eficiência de recursos vs Eficiência de fluxo	29
Figura 3.3. Plano de trabalho do <i>mizusumashi</i> (Nomura & Takakuwa, 2006)	32
Figura 3.4. Exemplo cartão <i>Kanban</i> (Ohno, 1988)	34
Figura 3.5. Comparação entre abastecimento <i>Kanban</i> e <i>Junjo</i> (Adaptado de Coimbra, 2013)	35
Figura 4.1. Relação entre tempo de valor acrescentado e desperdício	41
Figura 4.2. Balanceamento de operações – Grupos modelo B e F	43
Figura 4.3. Tempo de valor acrescentado e desperdício (por operador)	44
Figura 4.4. <i>Layout</i> atual e <i>Layout</i> futuro - Grupos modelo B e F	45
Figura 4.5. Balanceamento de operações após linha teste - Grupos modelo B e F.....	47
Figura 4.6. Sistema <i>two-bin</i>	51
Figura 4.7. Balanceamento de operações - Grupos modelo A, C, D, E, G e H.....	55
Figura 5.1. Diagrama de <i>spaghetti</i> - após implementação	60
Figura 5.2. <i>VSM</i> após implementação da linha de montagem.....	61
Figura 5.3. Evolução do tempo total de montagem.....	62
Figura 5.4. Resultados de produtividade após implementação da primeira linha de montagem	62
Figura 5.5. Comparação produtividade (situação inicial vs situação futura).....	63
Figura 5.6. Produtividade diária	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1. Resultados da análise ABC.....	39
Tabela 4.2. Dimensões de cada tipo de caixa	49
Tabela 4.3. Dimensionamento do bordo de linha – Grupos modelo B e F	52
Tabela 5.1. Impacto nos níveis de <i>stock</i>	59

SIGLAS

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

FIFO – First In First Out

JIT – Just-In-Time

KPI – Key Performance Indicator

OPL – One Point Lesson

PDCA – Plan, Do, Check, Act

QR – Quick Response

RFID – Radio Frequency Identification

SDCA – Standardize, Do, Check, Act

SMED – Single Minute Exchange of Die

TI – Tecnologia de Informação

TPS – Toyota Production System

VSM – Value Stream Mapping

WIP – Work In Progress

1. INTRODUÇÃO

A empresa em análise dedica-se ao fabrico de máquinas e equipamentos para a indústria têxtil. Através de ferramentas e tecnologias altamente qualificadas a empresa é capaz de suportar integralmente o desenvolvimento dos seus produtos e distinguir-se pela singularidade e qualidade de serviço na indústria metalomecânica.

O crescente desenvolvimento do mercado, motivado pela inovação tecnológica, obrigou as empresas a adaptarem-se e a criarem técnicas de produção eficientes para conseguir vantagens competitivas face aos concorrentes. Foi neste contexto que surgiu a filosofia *Lean*, cujo principal objetivo é maximizar o valor gerado para o cliente, através da eliminação de desperdícios.

Além de auxiliar no controlo de produção, a filosofia *Lean* promove o crescimento sustentável das empresas, através de fluxos de trabalho otimizados que impulsionam a eficiência dos processos e a utilização responsável de recursos

Neste âmbito foram desenvolvidas ferramentas que promovem a redução de desperdício, o aumento da produtividade e a redução de *lead time*. Assim, para acompanhar esta tendência é fundamental ter um *layout* adequado e um sistema de abastecimento que promovam a flexibilidade e o fluxo contínuo de produção.

Atendendo às suas vantagens, neste projeto pretendeu-se implementar os conceitos da filosofia *Lean* ao caso prático da empresa e avaliar o seu impacto perante os objetivos propostos.

Os dados apresentados ao longo do projeto, por questões de confidencialidade, foram multiplicados por um fator.

1.1. Motivação

Com a elevada variedade de oferta, os clientes tornam-se mais exigentes e esperam receber um alto nível de serviço, independentemente do esforço das empresas. Neste sentido, a gestão da produção tem a responsabilidade de otimizar os processos, aumentando a eficiência e reduzindo os custos.

A principal motivação do projeto surge da fragilidade da empresa no que diz respeito ao nível de serviço que oferece ao cliente. O processo de fabrico dos seus equipamentos é, atualmente, disposto em *layouts* funcionais, que trazem grandes desvantagens para a empresa, diminuindo os níveis de produtividade.

Pelo facto de ter uma grande variabilidade de equipamentos e componentes, surge a necessidade de desenvolver melhorias no processo de montagem de um componente que é essencial ao funcionamento da máquina e que apresenta *lead times* elevados, afetando o fluxo global de produção e, conseqüentemente, o nível de serviço.

1.2. Objetivos

O objetivo deste projeto é desenvolver melhorias no processo de montagem de um componente e intervir, sobretudo, no *layout* utilizado, de forma a responder à tendência crescente da procura. O projeto consiste em aumentar a eficiência dos processos, desenvolvendo uma linha de montagem com altos índices de produtividade e no menor *lead time* possível.

Relativamente ao *lead time*, é considerado como sendo o tempo que decorre desde que a ordem de fabrico é aceite e validada pelo gestor de produção, até que é expedida para o posto seguinte.

Assim, pretende-se intervir ao nível do chão de fábrica e, com recurso a ferramentas *Lean*, projetar um modelo que contribua para a eliminação de desperdício e conseqüentemente, promova a flexibilidade e o fluxo contínuo de produção.

1.3. Metodologia

Perante os objetivos propostos e a investigação que existe sobre o tema, é adotada uma abordagem dedutiva e os conceitos *Lean* são aplicados ao caso particular da empresa.

Numa primeira fase, é essencial analisar a situação atual, proceder à recolha de dados e caracterizar o sistema. Desta forma, para conseguir obter uma visão ampla de todo o processo e conhecer as possíveis fontes de melhoria, foi construído o *Value Stream Mapping* da situação inicial e os dados utilizados foram transmitidos pelos membros pertencentes aos diversos departamentos da organização.

Depois de identificado o problema e o propósito do projeto, foi elaborada uma pesquisa bibliográfica, baseada em livros e artigos científicos sustentados no tema em estudo.

De seguida, definidas as características do sistema e o suporte teórico, é possível desenvolver um plano de ações que permita envolver a metodologia *Lean* no processo produtivo.

Desta forma, surge a avaliação e implementação das técnicas anteriormente discutidas e por fim, numa última fase, procede-se à análise e acompanhamento dos resultados.

1.4. Estrutura

O presente documento está organizado em 6 capítulos, incluindo o atual.

No segundo capítulo está presente uma breve apresentação da empresa e descrição do sistema atual.

No terceiro capítulo é feito um enquadramento teórico que descreve as ferramentas mais utilizadas na indústria e as suas vantagens perante os sistemas tradicionais.

O quarto capítulo diz apresenta a metodologia desenvolvida e a apresentação de métodos para resolução dos problemas identificados.

No quinto capítulo apresentam-se os resultados obtidos com a implementação das melhorias.

Por último, o sexto capítulo, está reservado para conclusões do projeto desenvolvido e sugestões de trabalhos futuros.

2. CASO DE ESTUDO

O objetivo do presente capítulo é apresentar o caso de estudo e analisar a situação atual do sistema produtivo.

Desta forma, foram utilizadas ferramentas de diagnóstico para caracterizar o processo de montagem e descrever os problemas associados.

2.1. A empresa

A empresa insere-se na indústria metalomecânica e dedica-se ao desenvolvimento de soluções para a área têxtil e de embalagem. Em consequência de uma considerável taxa de crescimento, a empresa tem reunido esforços para acompanhar as necessidades do mercado e desenvolver equipamentos variados.

Uma vez que todas as máquinas são concebidas integralmente pela empresa, desde o projeto à montagem, esta encontra-se dividida em vários departamentos que suportam todo o processo de fabrico.

O ciclo inicia-se no departamento de engenharia, responsável por projetar as máquinas e os componentes que a compõem. Por sua vez, os componentes são obtidos através da união de subconjuntos e pequenos artigos que podem ser produzidos pela empresa ou adquiridos externamente, como é o caso dos parafusos. Para serem facilmente identificados, a empresa utiliza referências que permitem distinguir artigos, subconjuntos, componentes ou máquinas. Desta forma, por muito semelhantes que possam ser, qualquer alteração na sua estrutura, dá origem a uma nova referência.

Desta forma, a serralharia tem as condições necessárias para dar início à produção dos artigos necessários à montagem da máquina. Os artigos seguem, então, para o departamento de maquinagem e, posteriormente, para o departamento de montagem, que é o foco deste trabalho e como tal, é abordado com mais detalhe.

O departamento em estudo, conta com a cooperação de 100 colaboradores e é responsável pela montagem completa das máquinas, que engloba a montagem dos seus componentes e conjunto de artigos. Tendo em conta a dimensão do produto final, há a necessidade de dividir o processo em 5 áreas, sendo que 2 são responsáveis pela montagem dos dois componentes principais que constituem a máquina, 1 pela montagem de

subconjuntos e 2 pela montagem final da máquina, isto é, a união dos componentes, subconjuntos e artigos.

2.1.1. Modelos de máquinas e componente de estudo

Impulsionada pelo desenvolvimento de novas tecnologias, a empresa disponibiliza no mercado uma grande variedade de produtos, desta forma foi necessário perceber qual o foco da análise, optando-se pela gama *premium* do seu modelo de negócios. Entre todos, este é o que apresenta maior volume de vendas e o que estabelece a imagem de marca da organização.

Para o caso específico da gama *premium*, estão disponíveis dois tipos de máquinas no mercado, Tipo 1 e Tipo 2. Do mesmo modo, a empresa dispõe de cinco grupos de modelos do tipo 1 e três grupos de modelos do tipo 2, como demonstrado na Figura 2.1.

As características de cada grupo são diferentes e ajustam-se à procura de cada cliente.

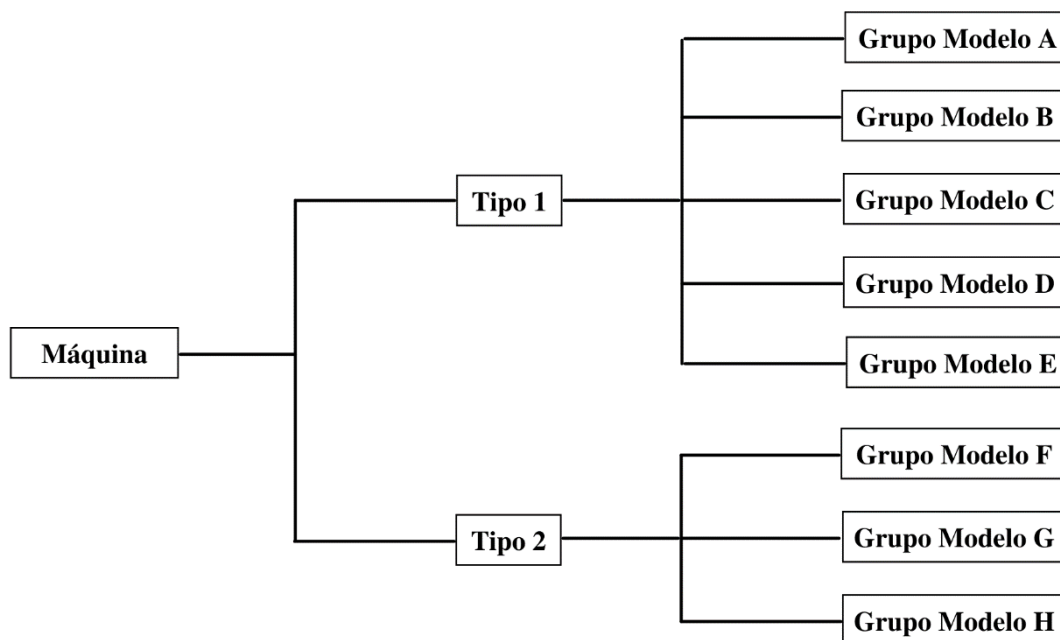


Figura 2.1. Grupos de modelos de máquinas

Devido ao aumento de procura que se tem verificado, a empresa tem a necessidade de otimizar os processos de montagem e responder de modo eficiente às encomendas dos clientes. Tendo em conta a duração do projeto desenvolvido e a

complexidade do processo de montagem da máquina, o presente trabalho foca-se, essencialmente, em um componente, designado por Componente X. Por uma questão de confidencialidade, não é possível divulgar informações sobre a sua estrutura, contudo é parte fundamental da máquina e está presente em todos os modelos de máquina. Além disso, a sua quantidade varia em função da necessidade do cliente, sendo que o mesmo modelo pode ter quantidades distintas do Componente X.

A motivação para este foco deve-se ao facto de a montagem deste componente ter *lead times* elevados, consecutivas falhas de material e diversas operações que não acrescentam valor na perspetiva do cliente. Relativamente à sua estrutura, este é constituído por seis artigos principais e que serão abordadas ao longo deste texto como Subconjunto 1, Subconjunto 2, Subconjunto 3, Subconjunto 4, Subconjunto 5 e Subconjunto 6.

A quantidade e o tamanho do Componente X são determinados pelo cliente e influenciam o número de modelos que existe em cada grupo. Isto é, um modelo com 10 Componentes X de tamanho médio é diferente do modelo com 5 Componentes X de tamanho reduzido, apesar de ambos pertencerem ao mesmo grupo modelo. Estas características estabelecem uma quantidade total de 37 modelos.

Para satisfazer as diferentes necessidades, a empresa oferece várias opções que influenciam no processo de montagem do Componente X. Desta forma, dois componentes do mesmo modelo podem ter algumas diferenças, dado que o cliente tem as seguintes opções de escolha:

- Tipo de Subconjunto 1 – a existência de duas referências para o Subconjunto 1, isto é, códigos diferentes para o mesmo tipo de subconjunto, permitindo que os clientes tenham uma máquina ajustada às suas necessidades, mas obriga a um processo de montagem diferente, uma vez que os artigos que as compõem são distintos;
- Tipo de Subconjunto 2 – tal como no Subconjunto 1, há quatro referências para o Subconjunto 2 e, uma vez que os artigos necessários à sua montagem são diferentes, o processo de montagem difere consoante a referência escolhida;
- Tamanho do componente
- Por último, a quantidade de Componentes X na máquina.

As opções anteriormente apresentadas influenciam o processo de montagem do Componente X e, embora o modelo seja o mesmo, há oito combinações possíveis. Isto é, os artigos utilizados em cada combinação diferem consoante o subconjunto escolhido pelo cliente.

A Figura 2.2 apresenta as combinações possíveis para cada modelo de máquina.

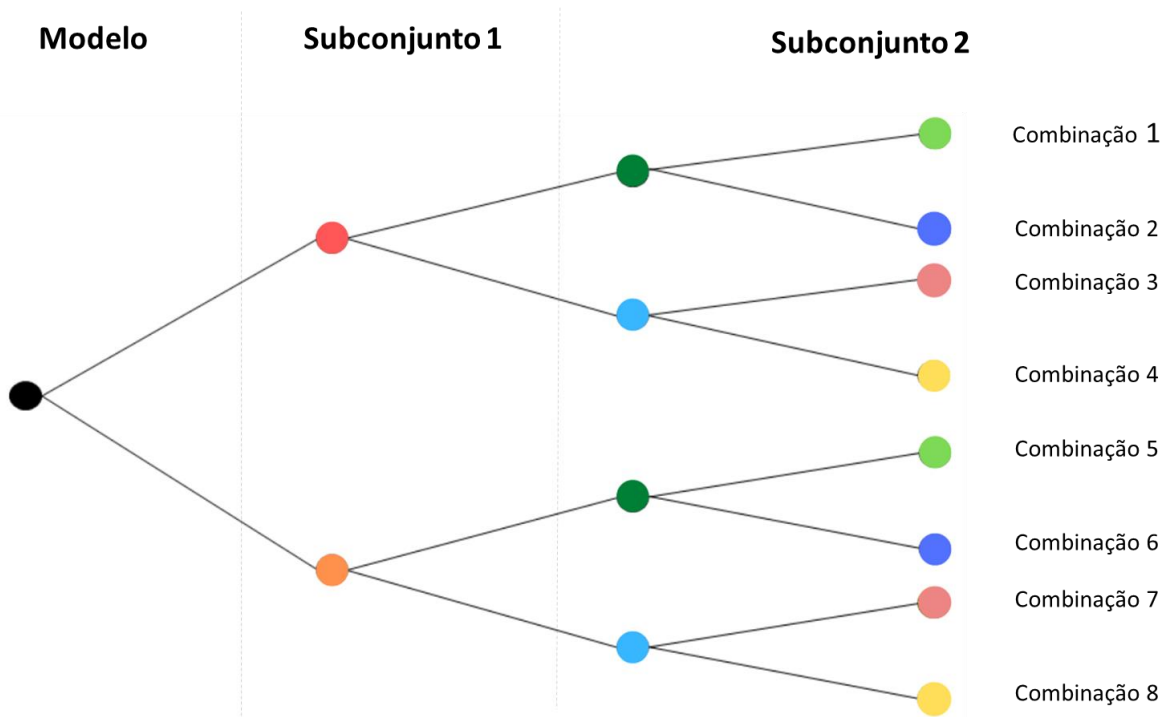


Figura 2.2. Combinações possíveis para cada modelo de máquina

2.2. Situação atual

Encontrados os modelos mais relevantes, é importante compreender de que forma se processa o fabrico destas máquinas. Para tal, foi utilizado o *VSM*, uma ferramenta de diagnóstico que permite caracterizar o sistema atual e observar o fluxo de valor desde a sua receção até à expedição do produto acabado.

Na Figura 2.3 está representado o *VSM* do processo de produção, cujo modelo de máquina representa maior valor de vendas para a organização.

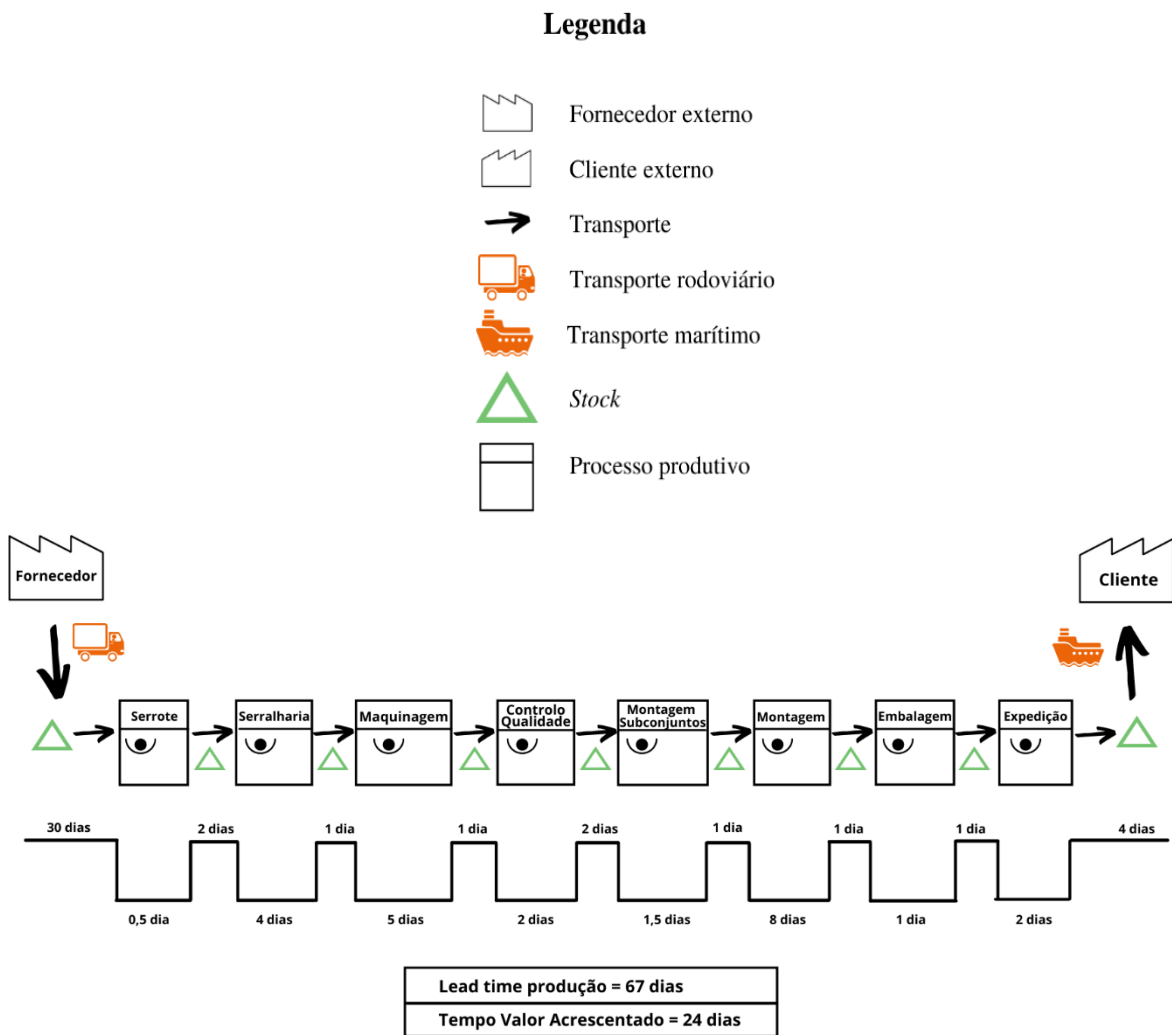


Figura 2.3. VSM estado atual – Processo de produção completo

De acordo com a recolha de dados, observa-se que o *lead time* é de 67 dias, no entanto o tempo de valor acrescentado é de apenas 24 dias. Desta forma, é possível constatar que a eficiência de fluxo, razão entre o tempo de valor acrescentado (24 dias) e o *lead time* de produção da máquina (67 dias), é reduzida, 36%, e que há oportunidades de melhoria.

Outra das conclusões que podemos retirar deste mapeamento, diz respeito ao elevado nível de *stock* intermédio existente entre as operações representadas. Isto deve-se, ao facto de estarmos perante *layouts* funcionais, ao invés de um *layout* em fluxo com operações integradas de acordo com o sistema *one-piece flow*. Além disso, a empresa opta por uma produção em lote que é determinada pela procura do cliente. Esta prática,

contrariamente ao conceito *Just In Time*, resulta em *stocks* elevados, afetando o fluxo e o *lead time* de produção.

Neste sentido, pretende-se desenvolver melhorias no processo de montagem do Componente X, que está englobado no setor de montagem acima representado. Como foi referido anteriormente, a escolha prende-se com o facto de ser um componente fundamental da máquina e ter um processo com baixa eficiência. Na Figura 2.4 está representado o *VSM* do processo de montagem do Componente X, uma das principais causas para a reduzida eficiência de fluxo do processo global.

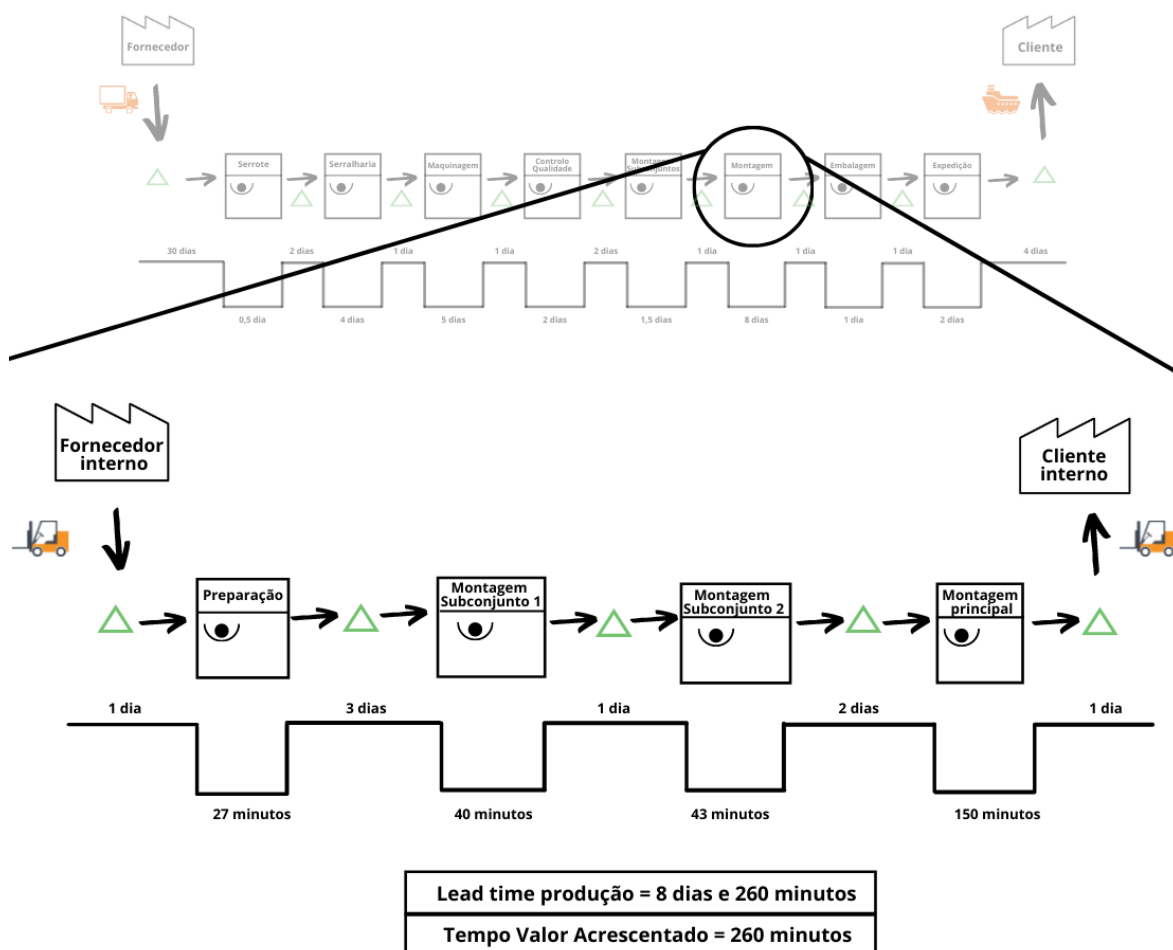


Figura 2.4. VSM estado atual – Montagem Componente X

Deste modo, é importante agir sobre o processo e contribuir para o aumento de fluxo, não só ao nível da montagem do Componente X, mas também ao nível geral da produção de máquinas.

A par da sua expansão no mercado, a empresa tem verificado um aumento da procura e é neste sentido que se tem esforçado por responder rapidamente ao pedido dos clientes. Assim sendo, nos últimos dois anos, como demonstrado na Figura 2.5, foram produzidas cerca de 4300 unidades, sendo que a maioria diz respeito aos grupos F e A.

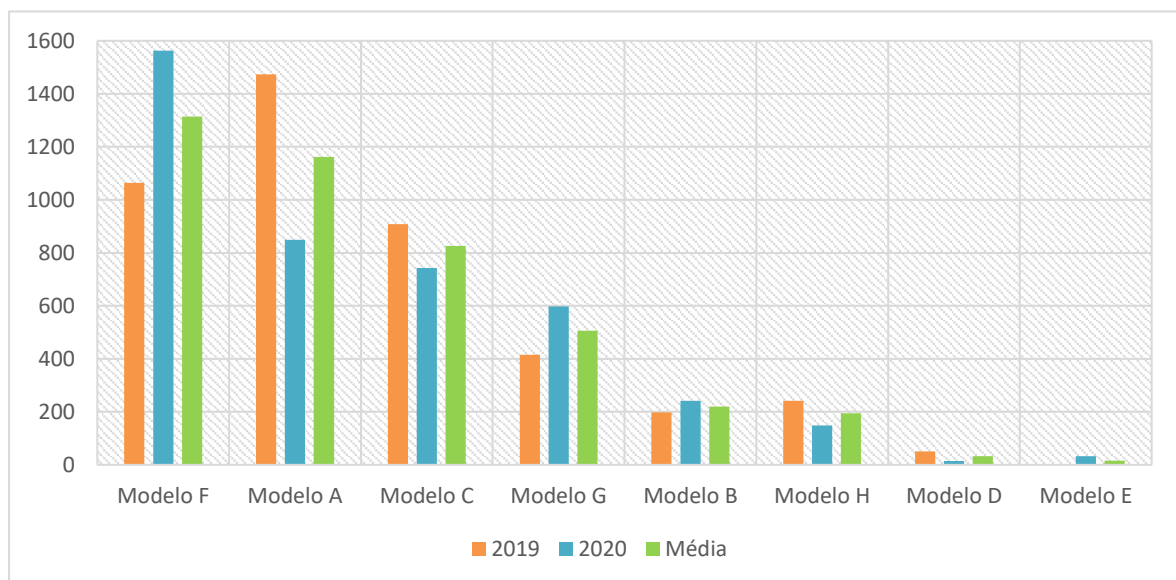


Figura 2.5. Produção de Componentes X por grupo modelo (2019 e 2020)

2.2.1. Layout

Em contexto de produção, *layout* representa o espaço físico do chão de fábrica e a disposição das máquinas e/ou estações de trabalho. Este parâmetro influencia o fluxo de produção, na medida em que quanto menor a distância entre processos, menor os desperdícios e mais elevado será o fluxo de produção.

Atualmente, como representado na Figura 2.6, a empresa opta por uma implantação por processo, utilizando um *layout* funcional.

Além disso, utiliza um sistema de produção em lote que varia consoante a necessidade do cliente, isto é, a quantidade de Componentes X solicitada pelo cliente na máquina influencia o tamanho do lote.

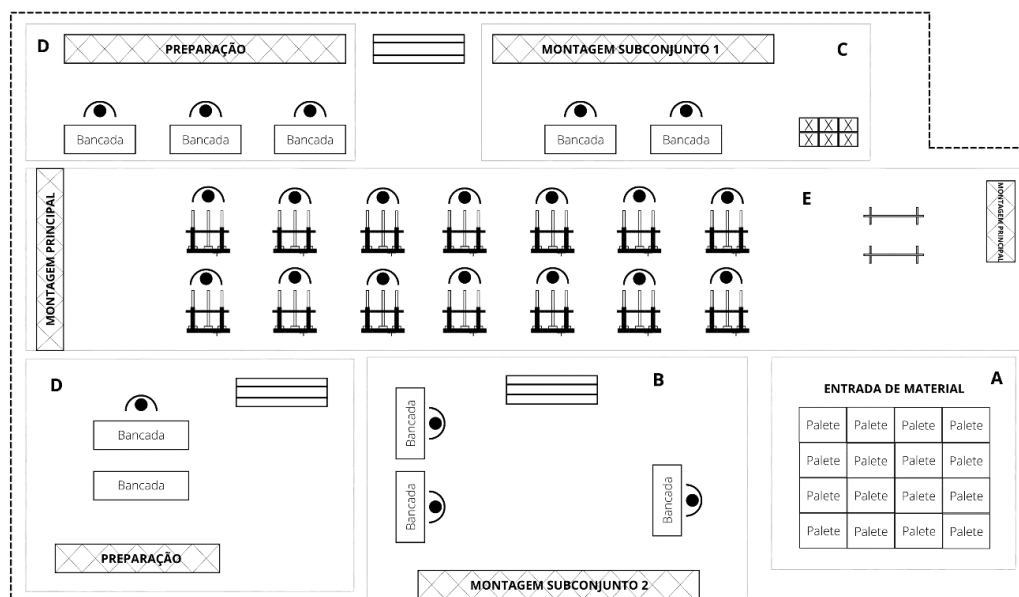


Figura 2.6. Layout atual

O espaço reservado à montagem de Componentes X está, atualmente, dividido em cinco áreas. A entrada de material, representada na figura pela letra A, é o local onde o armazém fornece o material das ordens de produção. As letras B e C correspondem, respectivamente, às áreas de montagem do Subconjunto 2 e Subconjunto 1. Com a letra D estão representadas as áreas de preparação, responsáveis por auxiliar as restantes áreas na montagem de pequenos subconjuntos. A montagem do corpo principal do componente e a finalização da montagem, realizam-se na área definida pela letra E. Tendo em conta que existem 2 tipos de máquinas, esta divide-se em duas áreas, sendo que uma está reservada para montagem de máquinas do tipo 1 e a outra para máquinas do tipo 2. Contudo, dependendo da procura, é possível ajustar o posto de trabalho e utilizar ambas as áreas para montar o mesmo tipo de máquina.

Assim sendo, o posto de montagem conta, atualmente, com 24 operadores, sendo que um deles é o *team leader*, 3 são responsáveis pela montagem do Subconjunto 2, 4 estão alocados à área de preparação, 3 à montagem do Subconjunto 1 e os restantes comprometem-se com a montagem dos restantes artigos e finalização do corpo principal do Componente X.

No que diz respeito ao abastecimento, este é realizado com recurso a empilhadores, porta-paletes, *stackers* ou carrinhos e são entregues, simultaneamente, todos os materiais necessários para cumprir com a encomenda do cliente.

2.3. Descrição do problema

O *layout* atual potencia um baixo fluxo de produção e origina movimentações desnecessárias. Por se tratar de um processo complexo e que necessita de vários artigos, a disposição dos postos de trabalho não fomenta a interajuda e dificulta o transporte entre estações de trabalho.

Tal como representado na Figura 2.7, a produção em lote (linha preta preenchida) exige maiores quantidades de *stock*, quando comparada com *one-piece flow* (linha verde tracejada), pois o material é armazenado até o lote estar completo. Na figura apenas é considerado um lote de duas unidades, mas num sistema em que a produção implica lotes de maior quantidade, a diferença de *stock* será maior.

Nível de *stock* - Produção em lote vs *One-piece flow*

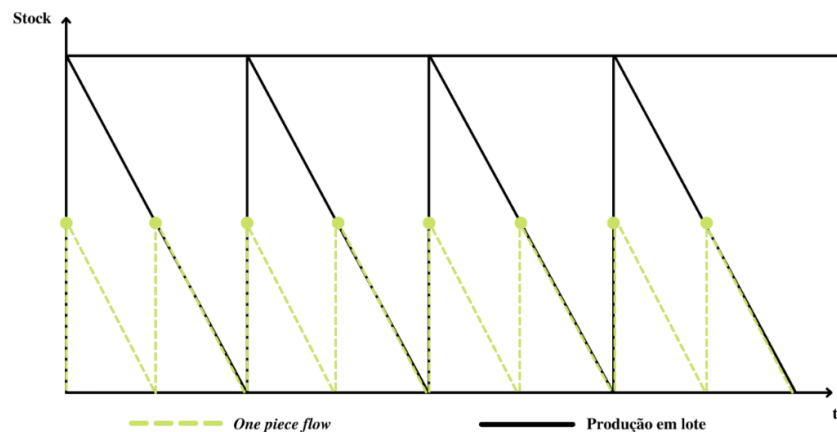


Figura 2.7. Níveis de *stock* *one-piece flow* vs produção em lote

Comparativamente à produção em lote, no caso de *one-piece flow*, o *stock* e o espaço necessário na área de montagem são menores, uma vez que a frequência de abastecimento é maior.

O *one-piece flow* promove um fluxo contínuo de produção e evita esperas entre processos. A produção em lote, pelo contrário, origina *stocks* intermédios, aumentando os níveis de *WIP*.

Como é possível observar na Figura 2.8, o sistema *one-piece flow* permite economizar 6 minutos para um lote de 4 unidades. Além disso, é possível constatar que a primeira peça demora apenas 3 minutos a ser processada.

Em consequência, verifica-se que a produção em lote origina *lead times* elevados e afeta a qualidade e flexibilidade de produção.

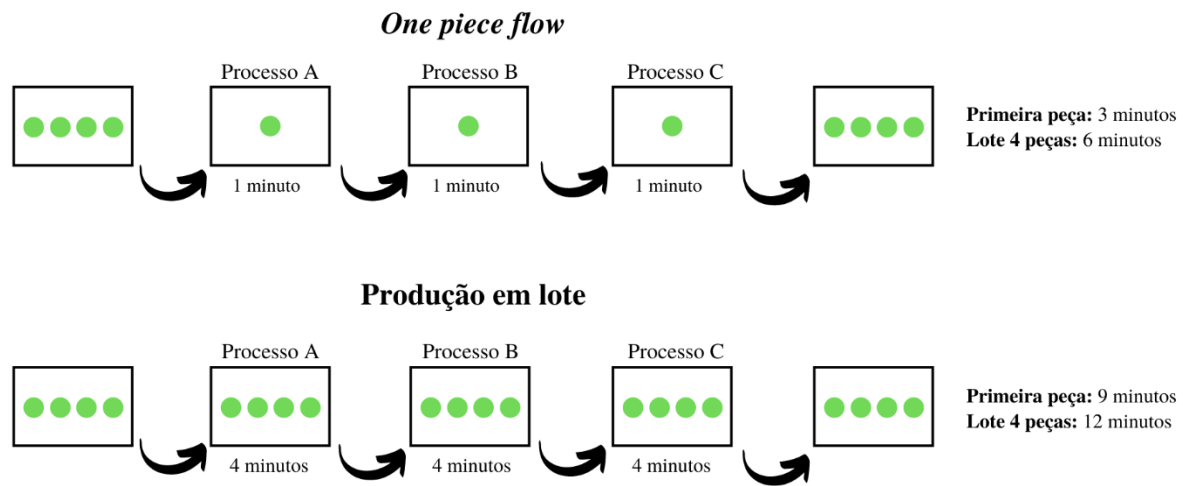


Figura 2.8. *One-piece flow* vs Produção em lote (Adaptado de Norzaimi & Ani, 2012).

Uma vez que os materiais necessários à montagem do Componente X são entregues na quantidade necessária para produzir uma encomenda, torna-se um espaço desorganizado. No caso de se juntarem três ou mais encomendas, artigos de grandes dimensões ultrapassam a área destinada à entrada de material e provocam maior movimentação de operadores e artigos.

É crucial que todos os processos de montagem estejam sincronizados e a acumulação de materiais provenientes da estação anterior seja evitada.

Os principais problemas devem-se à falta de fluxo e aos desperdícios a si associados, a produção peça a peça é substituída pela produção em lote, gerando mais desperdício e aumentando o tempo que a empresa demora a entregar valor ao cliente, isto é, desde que o cliente faz o pedido, até que este seja entregue.

Na Figura 2.9 está representado um diagrama de *spaghetti* que representa as movimentações dos operadores durante um ciclo de montagem e, como se pode observar, existe um elevado número de linhas, que representam tempo despendido e, conseqüentemente, quebras de eficiência

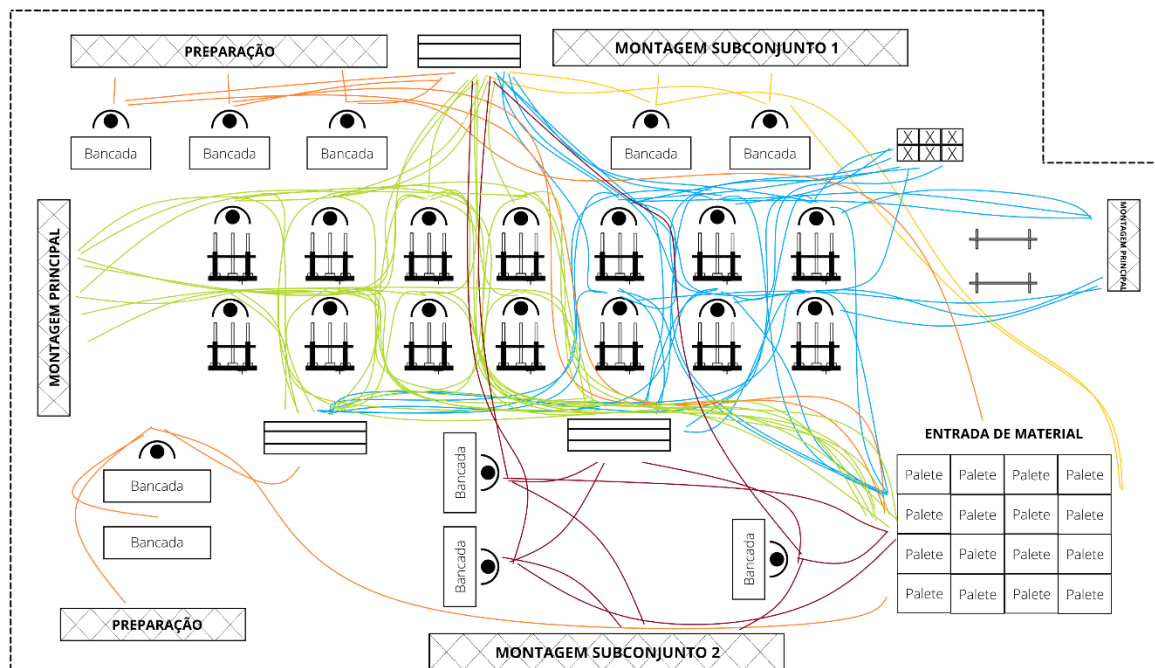


Figura 2.9. Diagrama de *Spaghetti* – Estado atual

Como se pode observar pela quantidade de linhas, os operadores dependem demasiado tempo em movimentações. Como tal, verificam-se atrasos no processo de produção, falta de organização e problemas na comunicação entre a equipa. Adicionalmente, é possível constatar a falta de sincronização entre as diferentes áreas, isto é, as operações não estão bem balanceadas e originam excesso de *stock* ao longo do processo.

Assim sendo, os problemas mencionados anteriormente levam a acreditar que o *layout* adotado não favorece o fluxo de produção e provoca desperdícios, tais como excesso de transporte, movimentação, espera e *stock*. Tendo em conta todos estes fatores, é essencial desenvolver um novo *design* de *layout*, que permita responder ao aumento de procura e reduzir o tempo de entrega.

No que diz respeito à segurança e saúde dos colaboradores, destacam-se as bancadas pouco ergonómicas, que afetam a produtividade e o bem-estar.

3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

No presente capítulo são apresentados os conceitos teóricos que sustentam o trabalho realizado.

Através de uma pesquisa bibliográfica pretende-se definir o contexto do tema e apresentar as ferramentas *Lean* que se aplicam na resolução de problemas análogos.

3.1. *Toyota Production System*

No decorrer das adversidades económicas do mercado e da evolução tecnológica e, surgiram várias filosofias de gestão assentes na eficiência de recursos e aumento de produtividade.

Criado por Frederick W. Taylor no início do século XIX, surge o *taylorismo*, uma filosofia que procura aumentar a eficiência das operações através da divisão de tarefas e controlo dos tempos. Por outro lado, o *fordismo*, uma filosofia de Henry Ford que opta pela produção em massa e a padronização das tarefas, fundamentado pela eficiência das máquinas. Assim sendo, o objetivo é aumentar a produção, minimizando o tempo e esforço despendido (Wood, 1993).

Apesar das vantagens alcançadas com a implementação destas filosofias, surge a necessidade de evoluir e corresponder aos objetivos ambiciosos das empresas. Responder às necessidades dos clientes já não é suficiente e para competir com os adversários é fundamental que exista um equilíbrio entre preço, qualidade e tempo para o mercado (Dekier, 2012).

Deste modo, as empresas são pressionadas a acompanhar a evolução tecnológica, a reinventar os seus processos e a criar técnicas eficientes que permitam aumentar a produtividade, através da otimização de recursos. Foi neste contexto que surgiu a necessidade de desenvolver um novo sistema de gestão ajustado à evolução tecnológica e à carência de cada organização

O *Toyota Production System (TPS)* surgiu no seguimento da crise enfrentada pelo Japão, na sequência da Segunda Guerra Mundial. Para acompanhar os adversários e

obter vantagens competitivas, a *Toyota Motor Company* desenvolveu técnicas e ferramentas que permitiram aumentar a eficiência dos processos produtivos (Ohno, 1997).

Pressionado a reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade dos produtos, Taiichi Ohno apercebeu-se do grande problema dos sistemas de gestão existentes, o desperdício de recursos, e desenvolveu uma nova filosofia, baseada na otimização de recursos (Salem et al., 2006).

Sugimori et al. (1977) indicam dois conceitos básicos do *TPS*, a redução de custos através da eliminação de desperdício e a construção de um sistema que respeite os trabalhadores. O primeiro está relacionado com os dois pilares do *TPS*, o *just-in-time (JIT)* e o *jidoka* ou “autonomação”, enquanto o segundo está relacionado com o bem-estar e segurança dos trabalhadores, eliminando movimentação em excesso e incutindo responsabilidade e autoridade (Sugimori et al., 1977).

3.2. Lean Manufacturing

O conceito *Lean*, apresentado por James Womack e Daniel Jones e surgiu após o desenvolvimento do *Toyota Production System*. Fazer mais com menos é o lema principal da filosofia *Lean*, ou seja, aumentar a produção e valor para o cliente, reduzindo variáveis como o tempo, o esforço, o espaço e os recursos económicos (Womack & Jones, 2003). Por este motivo, é definido como um método de gestão focado na diminuição de desperdício e criação de valor.

As empresas só conseguirão atingir o crescimento desejado se, acima de qualquer dificuldade, olharem para aquelas que são as necessidades do cliente e procurarem mecanismos de estreitamento da relação que possuem com ele, entendendo que clientes são os *stakeholders* envolvidos na cadeia de valor (Salem et al., 2006). Assim sendo, procurar otimizar processos de forma a diferenciar o que representa valor acrescentado para o cliente, é um ponto fulcral em qualquer processo de melhoria contínua. Estas definem-se como as atividades pelas quais o cliente está disposto a pagar e, por esse motivo, carecem de especial atenção.

3.2.1. Princípios Lean

Para simplificar a prática da metodologia *Lean*, Womack & Jones (2003) apresentam cinco princípios que a caracterizam.

O primeiro diz respeito à **criação de valor**, ou seja, o valor que o cliente está disposto a pagar e as características que o levam a adquirir o produto ou serviço em detrimento dos restantes. É o princípio mais importante, influenciando a procura e o preço de venda.

Segue-se o princípio da **identificação da cadeia de valor**, isto é, identificar a sequência de operações que constitui o processo de produção, reconhecer as atividades consideradas indispensáveis e eliminar os desperdícios existentes.

O terceiro princípio faz referência ao **fluxo** de materiais, pessoas, informação ou capital. O objetivo é que o fluxo seja contínuo e que não existam postos mais sobrecarregados que implicam a paragem ou diminuição de ritmo noutros pontos da cadeia. O principal fator que influencia a quebra de fluxo é a variabilidade, e embora não possa ser totalmente eliminada, há mecanismos que permitem diminuir os seus efeitos. Uma vez estabelecido este princípio, é possível diminuir os tempos de produção, os níveis de *stock* e os tempos de espera.

O quarto princípio é o **sistema *pull***, que indica que a produção é baseada na procura e só inicia após o pedido do cliente (interno ou externo).

O último princípio diz respeito à **procura da perfeição**. Todo o processo deve reger-se pela perfeição e evitar falhas que ponham a imagem da organização em causa, ou que exijam retrabalho. Nesta fase, é importante iniciar um novo ciclo, dando continuidade ao plano de melhoria e procurando novas oportunidades de redução de desperdício.

3.2.2. Desperdícios

O *TPS* admite três práticas que geram desperdício e devem ser eliminadas: *Muda* (desperdício), *Mura* (irregularidade) e *Muri* (sobrecarga).

Muda inclui as operações que não agregam valor ao produto final e, como tal, consideram-se desnecessárias. Como mencionado no ponto anterior, o foco deve ser otimizar os processos, de forma a servir apenas o que o cliente se dispõe a pagar. Tudo o resto, representa *Muda*, e por esse motivo deve ser eliminado, pois adiciona custos desnecessários, problemas de qualidade e tempo de execução aos processos de negócio (Sutherland & Bennett, 2007).

É o tipo de desperdício mais perceptível, pelo que é simples de identificar e eliminar. Ohno (1988) apresenta sete tipos de desperdício:

- **Excesso de produção** – ocorre quando a produção é superior às necessidades dos processos que se seguem. O excesso de produção pode acontecer devido a um fraco planeamento, originando defeitos e excesso de *stock*. O valor acumulado em *stock* representa dinheiro parado e, como tal, poderia ser utilizado em tarefas de valor acrescentado.
- **Excesso de processamento** – o sobreprocessamento está diretamente relacionado com o retrabalho, isto é, quando não existe uma definição clara daquilo que representa valor acrescentado, realizam-se determinadas tarefas que apenas representam desperdício. Geralmente, advém da falta de formação dos colaboradores e implica custos adicionais para a empresa.
- **Movimento** – consiste na movimentação desnecessária de pessoas e/ou equipamentos. Em ambientes produtivos, é muito comum observar movimentação de pessoas, por exemplo, à procura de ferramentas ou materiais. Este desperdício pode ser eliminado através da padronização ou colocando os materiais e ferramentas junto aos operadores.
- **Espera** – ocorre quando materiais/pessoas não estão em movimento. Geralmente, acontece devido à falta de balanceamento que ocorre entre os diferentes setores, levando a que as pessoas esperem que o material chegue de outro posto. Por outro lado, materiais em espera ocupam demasiado espaço e implicam maior investimento de capitais.
- **Transporte** – os materiais necessários devem estar próximos do sítio onde são necessários. Cada vez que se utilizam transportes dentro da fábrica para movimentação de material está a praticar-se um dos setes desperdícios. No limite, o cenário ideal é que o material saia de uma máquina e entre automaticamente na fase seguinte do processo.
- **Inventário** – é o tipo de desperdício mais visual e que encobre problemas relacionados com atrasos dos fornecedores, produção mal balanceada ou esperas.
- **Defeitos** – relaciona-se com o conceito de qualidade e produto sem defeitos. O erro humano causa falhas que geram retrabalho, aumentando o tempo e

custos de produção. Todas as não conformidades, ainda que detetadas antes de chegarem ao cliente, representam um acréscimo no custo do material e, sendo evitáveis, representam um desperdício.

Mura diz respeito à falta de estabilidade causada pelo sistema de produção. Associado a este conceito surge o balanceamento de produção, *Heijunka*, cujo objetivo é manter o ritmo de trabalho coordenado com a procura.

A sobrecarga de equipamentos, instalações ou operadores denomina-se de *muri*. Sobrecarregar um recurso é exigir que ultrapasse a sua capacidade, prejudicando a produtividade e rendimento. A padronização de tarefas promove a consistência e a eficiência dos movimentos e é uma forma eficaz de lidar com a sobrecarga (Smith, 2014).

Como demonstrado na Figura 3.1, os três conceitos estão interligados entre si como uma cadeia de causa-efeito e têm um impacto significativo na implementação do *JIT* (Pienkowski, 2014).

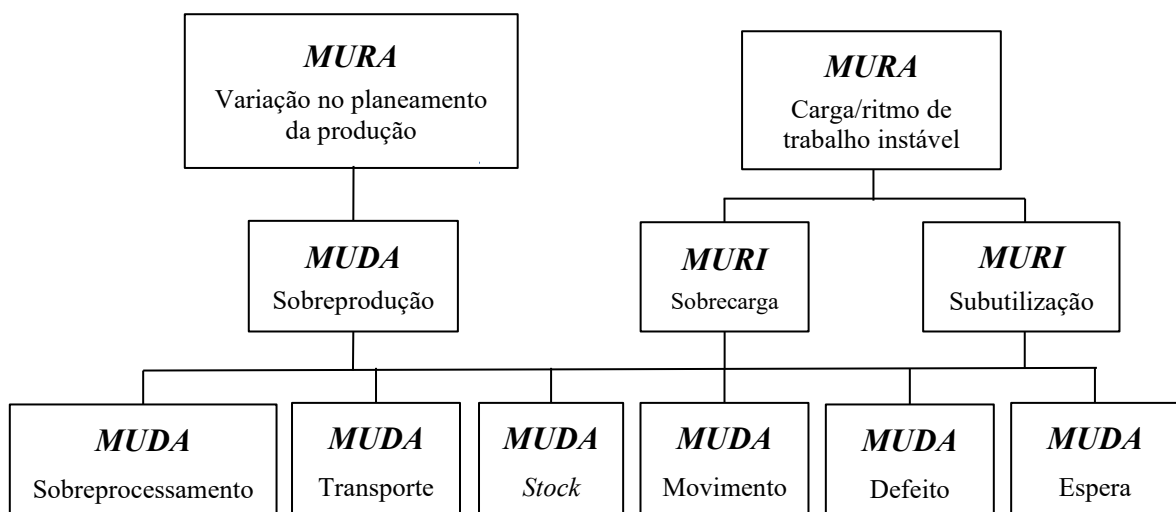


Figura 3.1. Relação entre *Muda*, *Mura* e *Muri* (Pienkowski, 2014).

A redução de *Mura* e *Muri* permite diminuir o *Muda*. A título de exemplo, irregularidade de produção (*Mura*), pode resultar em sobrecarga dos recursos (*Muri*) e consequentemente, gerar defeitos (*Muda*). Assim, ao invés de focar apenas nos sete tipos de *Muda*, é mais vantajoso optar por eliminar a origem dos problemas (*Mura*).

3.2.3. Vantagens

O *Lean Manufacturing* foca-se no fluxo de valor acrescentado e na eficiência de todo o sistema. Deste modo, torna-se mais vantajoso que o sistema de produção em massa, pois garante *lead times* mais curtos e é capaz de tornar os gargalos e os defeitos rapidamente visíveis. Além disso, há uma motivação constante de melhoria, solucionando os problemas, sem afetar a produção (Kovács, 2012).

O fluxo de produção, com a implementação de um sistema *JIT* permite eliminar todos os tipos de desperdício e torna-se mais benéfico que os sistemas tradicionais. Kovács (2012) indica que é possível trocar para um novo produto sem interromper o fluxo e, como a eliminação de *stock* é um dos principais objetivos, o *Lean Manufacturing* minimiza os custos de posse e a movimentação de materiais e peças.

3.3. Principais técnicas e ferramentas

O foco na melhoria contínua através da eliminação de desperdício levou Taiichi Ohno a desenvolver técnicas e ferramentas de auxílio à produção. O principal objetivo é gerar a melhoria contínua de processos e pessoas e evitar produzir além do necessário (Rosa et al., 2017).

Não existem instruções definidas para a implementação de *Lean Manufacturing*, mas sim ferramentas que podem ser aplicadas e ajustadas a cada sistema de produção. Estas técnicas são essenciais e ajudam na identificação e eliminação de desperdício.

3.3.1. Just-in-time

O *JIT* é um dos pilares do *TPS* e opera no sentido de evitar paragens, reduzir o *work in progress (WIP)* e eliminar *stocks*. Os componentes devem alcançar a linha no instante em que são necessários e na quantidade suficiente para cumprir a produção num determinado período. Deste modo, a necessidade de produção é comunicada ao posto anterior e a informação é transmitida até ao início do processo, onde ocorre o pedido de matéria-prima (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

A implementação do *JIT* significa atingir um estado ideal, sem defeitos, esperas, *stock* ou paragens, mas manter a flexibilidade necessária para responder a eventos inesperados.

Segundo Ohno (1988), uma empresa que cumpra integralmente com este princípio, consegue alcançar *stock zero*. Contudo, quando se trata de processos complexos e que envolvem inúmeros componentes, aplicar o *JIT* é uma tarefa difícil.

3.3.2. Jidoka

O *jidoka* ou autonomação (automação com toque humano) é um método que impede que os problemas de qualidade avancem ao longo do processo de produção. A máquina tem a capacidade de detetar a anomalia e, de forma autónoma, parar, obrigando os operadores a trabalhar em conjunto para a resolver (Ohno, 1997).

Deste modo, o *jidoka* é uma ferramenta fundamental no controlo da qualidade, pois além de solucionar o problema, investiga a causa raiz e evita a sua repetição (Sugimori et al., 1977).

O conceito está relacionado com a filosofia *Lean* na medida em que evita a ocorrência de defeitos, e integra qualidade ao processo (Pienkowski, 2014).

3.3.3. Kaizen

Kaizen é um conceito japonês que significa “melhoria”, é parte fundamental do *TPS* e responsável por aumentar a produtividade. Num mercado cada vez mais exigente, as empresas adotam o *Kaizen* como uma filosofia e introduzem hábitos na sua rotina, que resultam no aumento da eficiência e eliminação de desperdício. A prática contínua destes hábitos fez surgir o conceito de melhoria contínua.

O passo inicial deve ser a análise do estado atual do sistema e a identificação dos gargalos de produção, pois a implementação de melhorias fora dos gargalos não gera vantagens no desempenho geral do processo.

Imai (2012) traduz *Kaizen* como o alcance de pequenas melhorias através de esforços contínuos e refere duas funções principais que a gestão deve assumir: a manutenção e a melhoria. A manutenção está relacionada com a padronização das operações e fatores atuais, enquanto a melhoria se refere a atividades que promovem o desenvolvimento e melhoria.

Esta metodologia engloba, não só os operadores, mas também a gestão de topo, que é responsável por ter uma estratégia clara e políticas que incentivam a praticar a cultura *Kaizen* (Imai, 2005). É fundamental que a empresa tenha o foco na melhoria contínua,

garanta os recursos necessários e incentive os funcionários à sua aplicação (Maarof & Mahmud, 2016).

3.3.3.1. PDCA (Plan, Do, Check, Act)

Segundo Imai (2005), o primeiro passo num projeto *Kaizen* é estabelecer o ciclo PDCA, de forma a garantir a continuidade do processo de melhoria. Este ciclo é formado por quatro fases: *Plan, Do, Check e Act*.

Na primeira fase, *Plan*, é estabelecida a meta do projeto e a melhoria que se pretende realizar. Na fase seguinte, *Do*, ocorre a implementação da proposta e o envolvimento de toda a equipa no acompanhamento do novo método. A fase *Check* é a fase de verificação. Nesta fase verifica-se se a implementação ocorreu conforme planeado e comparam-se os resultados obtidos com o objetivo que se pretende alcançar. Na fase *Act*, determinam-se ações para normalizar a melhoria implementada ou, no caso do objetivo não ser cumprido, ações que permitam alcançá-lo.

Segundo Prajogo & Sohal (2001), as atividades só são bem entendidas quando se tornam hábitos. Desta forma, o ciclo *PDCA* garante a padronização das operações e a consistência dos movimentos (Imai, 2005). Assim, após a primeira iteração, o ciclo *PDCA* transforma-se em *SDCA*, sendo que a fase *Plan* é substituída pela fase *Standardize*. O principal objetivo é complementar os dois ciclos e promover a melhoria contínua dos processos.

3.3.4. Gestão visual e organização

A gestão visual é um meio de comunicação objetivo, que não exige interpretações complexas e que facilita a gestão e controlo de processos. A informação é rapidamente transmitida através de estímulos visuais, como cores, formas e símbolos.

O principal é simplificar a informação que possa ser relevante para a análise da situação atual de qualquer organização. Eaidgah et al. (2016) definem gestão visual como a prática de visualizar informações ou exibir requisitos para definir direções

O controlo visual influencia o comportamento humano num local de trabalho e facilita a tomada de decisões. Quando alguma informação é descrita em cor vermelha, imediatamente é associada a algo negativo ou que se encontra abaixo da expectativa. Por outro lado, quando a informação é transmitida a verde, a sensação é oposta, representando algo que se encontra controlado.

Sendo assim, a gestão visual é uma ferramenta importante que permite controlar os *KPI's* (*Key Performance Indicators*) e tomar ações baseadas em dados reais. Por se tratar de uma metodologia simples, geralmente, é a primeira etapa de um sistema *pull*.

3.3.4.1. 5S

5S é uma ferramenta de gestão visual que foi desenvolvido pela *Toyota* e tem como principal objetivo disciplinar os operadores a manter o seu local de trabalho organizado e permitir que todos os materiais sejam de fácil acesso no chão de fábrica, por via da identificação massiva de tudo o que existe no *Gemba* e dos locais que estes devem ocupar no mesmo (Pombal et al., 2019).

É também uma ferramenta de apoio à gestão da qualidade e consiste na implementação de cinco passos básicos (Peterson & Smith, 1998).

O primeiro, *Seiri*, significa triagem. Inicialmente, os operadores devem classificar os itens presentes na área de trabalho em duas categorias, necessário ou desnecessário. Eliminar os itens não essenciais, mantém a bancada organizada e diminui o risco de interferirem no processo produtivo (Michalska & Szewieczek, 2007).

O segundo passo denomina-se por *Seiton*, que representa arrumação. Este passo indica que os materiais devem estar posicionados numa sequência lógica (tamanho, ordem de utilização, cor, entre outras), facilitando o acesso aos mesmos (Peterson & Smith, 1998).

O passo seguinte é o *Seiso*, que diz respeito à limpeza, quer do local de trabalho, quer das máquinas e ferramentas. Manter os espaços limpos permite identificar rapidamente os problemas e aumentar a motivação dos trabalhadores.

O quarto passo é o *Seiketsu*, ou normalização. Este passo está relacionado com a criação de normas, como a utilização de roupas adequadas, óculos e sapatos de segurança, identificação do material, níveis de reposição e normas visuais no posto de trabalho.

O último passo designa-se por *Shitsuke*, que significa garantir a disciplina, cumprimento das normas e a manutenção dos passos anteriores.

3.3.5. Fluxo de produção

O fluxo é o movimento de materiais e informação que ocorre numa empresa através da integração de operações. Este movimento deve ser orientado pelo cliente, tanto pelos pedidos como pelo consumo real (Coimbra, 2013). Nesta perspetiva, o foco é a criação

de fluxo na produção, na logística interna e externa, garantindo sempre a estabilidade básica dos processos e a orientação para a cadeia de valor.

De maneira a garantir uma produção sem paragens, Coimbra (2013) estabelece cinco parâmetros que devem ser tidos em conta: *layout* e *line design*, bordo de linha, *standard work* e *SMED*.

3.3.5.1. *Layout* e *line design*

Esta ferramenta tem como objetivo principal a eliminação de operações de valor não acrescentado, a partir da criação de *one-piece flow*, ou seja, a passagem para um fluxo de uma só peça onde são integradas as operações que representam, efetivamente, valor acrescentado.

O *layout* e o *line design* são critérios essenciais para atingir flexibilidade, eficiência e qualidade. Além do impacto na redução do *lead time*, os custos com *WIP* são reduzidos e os tempos de espera diminuem, acumulando menos material ao longo da cadeia (Millstein & Martinich, 2014).

O parâmetro mais importante numa linha *one-piece flow* é o *takt time*, isto é, o ritmo de produção que define de quanto em quanto tempo se deve libertar uma peça (Li et al., 2012). Este é calculado pela razão entre o tempo disponível para produzir e a procura num determinado período e, segundo Sundar et al. (2014), traduz a frequência de produção de um componente de forma a satisfazer a procura do mercado. Assim sendo, a quantidade ideal de *WIP* (*Work in Progress*) deve ser equivalente ao número de estações de trabalho.

Uma vez definido o *takt time*, é possível balancear as operações e definir o número de operadores necessários para responder à procura.

Enquanto o *takt time* é um indicador de cadência de produção, o tempo de ciclo é o tempo disponível em cada posto de trabalho para completar, com uma determinada sequência, as operações que lhe foram atribuídas (Pinto et al., 1983).

Para cumprir com o sistema *pull*, e produzir ao ritmo da procura, é fundamental que o tempo de ciclo seja o mais próximo possível do *takt time* (Imai, 2005). Diz-se que uma linha está perfeitamente balanceada quando o *takt time* é igual ao tempo de ciclo. Este equilíbrio favorece a sincronização e permite reduzir os tempos de espera, inventário e custos de produção.

Coimbra (2013) estabelece algumas práticas que se deve ter em conta no projeto de *layout* e desenho de linha, sendo elas:

1. O desenho da linha deve ter em consideração as características dos produtos;
2. O desenho da linha deve garantir *one-piece flow*;
3. Optar por equipamentos pequenos, uma vez que são mais fáceis de manusear;
4. Ter em conta a procura do consumidor e nivelar a produção nesse sentido;
5. Minimizar o desperdício causado pelo transporte;
6. Aplicar a metodologia *SMED*, com o objetivo de eliminar tempos de *setup*;
7. Evitar que os operadores trabalhem isolados (processos desconectados);
8. Distinguir operações manuais e operações realizadas por máquinas;
9. Coincidir a zona de entrada com a zona de saída de material;
10. Optar por equipamentos estreitos;
11. Colocar no bordo de linha apenas os materiais necessários e garantir que estão ao alcance do operador;
12. O fluxo de trabalho deve ser realizado da direita para a esquerda. Dado que as pessoas têm mais destreza na mão direita, a transferência de trabalho é mais eficiente;
13. Proporcionar movimentos ergonómicos, utilizando mecanismos que permitam simplificar e reduzir o esforço dos operadores;
14. Reduzir a velocidade tanto quanto possível;
15. As máquinas devem ter capacidade de parar quando ocorre alguma anormalidade;
16. Adotar soluções mecânicas, ao invés de soluções elétricas ou eletrónicas;
17. O fornecimento de materiais não deve ser automatizado sem a realização de uma análise detalhada;
18. Evitar trabalhar em peças do mesmo processo simultaneamente;
19. Antes de adquirir novos equipamentos, é aconselhável simular, previamente, o seu comportamento no sistema;
20. Garantir fluxo no processo de produção.

Embora a sua aplicação não esteja limitada à área de manufatura, o diagrama de *spaghetti* é uma ferramenta utilizada na identificação e análise do desperdício associado à movimentação dos operadores e materiais (Gladysz et al., 2018). Esta ferramenta permite

reconhecer atividades que não acrescentam valor ao produto final e auxilia na tomada de decisão, uma vez que a movimentação é um critério importante na escolha do *layout* (Senderská et al., 2017).

3.3.5.2. Bordo de linha

O bordo de linha é a interface entre a produção e a logística, complementa o *line design* e é responsável pelo abastecimento de materiais à linha de montagem (Coimbra, 2013). Um bom dimensionamento do bordo de linha é fulcral para garantir que o propósito desta área é garantido, isto é, reduzir os *Mudas* de movimentação de pessoas para fora do seu posto de trabalho.

Consequentemente, é importante uma boa definição das necessidades de abastecimento e garantir que é feito de forma ergonômica. Desta forma, é possível reduzir o desperdício de movimentação, evitar paragens da linha e normalizar o trabalho do fornecedor.

Para garantir que o bordo de linha responde às necessidades do posto de trabalho, Coimbra (2013) estabelece alguns princípios básicos que devem ser seguidos, nomeadamente:

- Optar por pequenas caixas de abastecimento;
- Colocar as caixas numa posição fixa e ao alcance do operador;
- Privilegiar o abastecimento frontal;
- Utilizar política *FIFO* (*First In First Out*) no abastecimento das caixas;
- Utilizar o fornecimento lateral ou traseiro apenas quando o abastecimento frontal não se torna possível
- A logística interna deve fornecer os contentores o mais perto possível do operador.

3.3.5.3. Standard work

O terceiro parâmetro, *standard work*, diz respeito à normalização e padronização dos processos de acordo com as melhores práticas registadas. Esta ferramenta garante a eficiência nos movimentos dos operadores, e contribui para a redução da variabilidade.

Trata-se de uma instrução detalhada para a execução de uma atividade ou processo, que além de ser útil na redução de desperdício, facilita o processo de formação de

novos operadores, pois contém a informação necessária para que qualquer pessoa seja capaz de desempenhar as funções.

Segundo Standard & Davis (2000), as vantagens são imediatas e influenciam o tempo de ciclo, tempo de espera, níveis de *WIP*, custos, flexibilidade de produção e qualidade.

3.3.5.4. SMED (Single Minute Exchange of Die)

O *SMED (Single Minute Exchange of Die)* é um método utilizado para diminuir os tempos de *setup*, permitindo a diminuição do tamanho dos lotes e, por conseguinte, aumenta a flexibilidade e permite produzir um catálogo variado de produtos.

A aplicação desta ferramenta consiste em classificar as operações como internas e externas. As internas dizem respeito a operações que ocorrem com a máquina parada e as externas quando a máquina está a trabalhar. Desta forma, o objetivo é minimizar as operações internas e maximizar a produtividade da máquina.

3.3.5.5. Low-cost automation

Por último, o *low-cost automation* diz respeito à implementação de mecanismos de melhoria a custo reduzido que visam aumentar os níveis de produtividade e qualidade. O objetivo é reduzir o esforço dos operadores e garantir o fluxo de produção, pelo que optar por técnicas simples como gravidade, contrapesos, tapetes rolantes ou carros móveis permite a aplicação prática do *low cost automation*.

A seta verde na Figura 3.2 representa o trajeto que direciona a empresa ao estado ideal. O principal objetivo é relacionar a eficiência de recursos com a eficiência de fluxo e alcançar um equilíbrio entre os dois fatores.

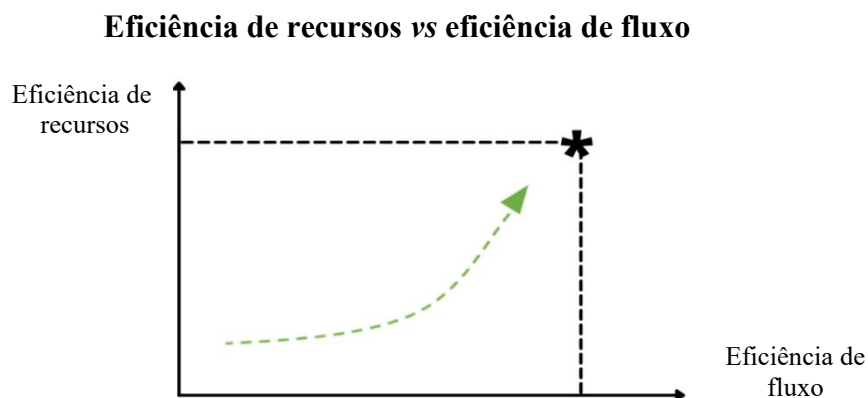


Figura 3.2. Eficiência de recursos vs Eficiência de fluxo

Assim, numa primeira instância, espera-se reduzir o desperdício e estabelecer o fluxo de produção. Posteriormente, através da implementação de melhorias no processo, o foco deve estar na eficiência de recursos, até se atingir o ponto de equilíbrio assinalado na figura.

3.3.5.6. Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping (VSM)* não é um parâmetro, mas uma ferramenta de gestão que permite visualizar os fluxos de informação e materiais à medida que decorrem.

Trata-se de uma ferramenta essencial para uma organização que deseja planejar, implementar e melhorar durante o processo *Lean*. Além disso, ajuda os colaboradores a criar um plano de implementação sólido que irá maximizar os recursos disponíveis e garantir que os materiais e o tempo sejam utilizados de forma eficiente.

O primeiro passo é desenhar o mapa do estado atual, onde há uma distinção entre as atividades que acrescentam valor, daquelas que são consideradas como desperdício. Apesar do fluxo de informação ser considerado desperdício no ponto de vista do cliente, este é necessário e não pode ser eliminado (Jones & Womack, 2002).

Assim, é possível analisar o mapa do sistema atual, entender as atividades que são desnecessárias e desenhar um mapa futuro que permita alcançar um melhor desempenho. O estado ideal é aquele que elimina todas as ligações de transporte e reúne, no mesmo sítio, as atividades necessárias para alcançar o produto final.

3.3.6. Logística Interna

O foco na eliminação de desperdício levou as empresas a procurar estratégias para melhorar o fluxo de informação e materiais ao longo da empresa. Uma boa gestão da logística interna permite eliminar atividades que não agregam valor na perspectiva do cliente, reduzir custos e aumentar o nível de serviço.

Desta forma, o *TPS* desenvolveu também ferramentas de logística interna que auxiliam a produção e a prática da filosofia *JIT* (Nomura & Takakuwa, 2006).

3.3.6.1. Supermercado

Para controlar os níveis de inventário, movimentação e defeitos, o *TPS* baseou-se no conceito de supermercado americano. Tendo já o conhecimento da aplicação deste sistema, ainda que de uma forma ineficiente, Taiichi Ohno absorveu as boas práticas

americanas, e adaptou-as ao seu país de origem, corrigindo o mecanismo que até então utilizava.

Nesta recolha de conhecimento, percebeu que o cliente se deslocava ao supermercado para satisfazer a sua necessidade. Por sua vez, os responsáveis pelo processo que atualmente denominamos de logística interna, repunham as quantidades de produtos que haviam sido retiradas, de forma a garantir que os próximos clientes eram igualmente satisfeitos.

Assim, o supermercado consiste num pequeno armazém de matéria-prima, com localização próxima da zona de consumo (Gross & McInnis, 2003) e que, geralmente, mantém uma posição fixa. De forma a garantir que o cliente obtém aquilo que deseja nas quantidades e momento certos, é importante manter uma boa gestão visual ao nível da identificação de posições.

O objetivo do supermercado é evitar a interrupção da produção devido a variações no produto e/ou tamanho do lote e, desta forma, minimizar o risco e o lead time de fornecimento do componente (Kovács, 2012).

Contrariamente ao abastecimento habitual, os supermercados simplificam o processo de *picking*, garantem o princípio *FIFO (First In First Out)* e permitem o fluxo de materiais (Coimbra, 2013). Além disso, a sua aplicação contribui para a redução de desperdício, como o tempo consumido na movimentação de materiais.

3.3.6.2. Mizusumashi

O *mizusumashi* é uma ferramenta *Lean* que auxilia a movimentação de materiais e informação dentro de uma unidade industrial. Trata-se de um operador logístico que, através de uma rota previamente estabelecida, transporta caixas de material entre os supermercados e os bordos de linha (Coimbra, 2013).

Para garantir que não há paragens na produção, o material disponível no bordo de linha deve ser equivalente a dois ciclos do *mizusumashi*. O ciclo é calculado através da soma do tempo necessário em cada paragem e o tempo de viagem entre o bordo de linha e o supermercado (Domingo et al., 2007). Além disso, é essencial dimensionar as rotas de acordo com o *takt* time, para garantir que responde às necessidades dos diferentes operadores.

Segundo Nomura & Takakuwa (2006), existem dois métodos de abastecimento do *mizusumashi*: revisão periódica e revisão contínua. A Figura 3.3 compara o plano de

trabalho do *mizusumashi* nos dois tipos de revisão, sendo que as linhas preenchidas representam as atividades que são comuns, enquanto as linhas a tracejado dizem respeito apenas a atividades realizadas na revisão periódica.

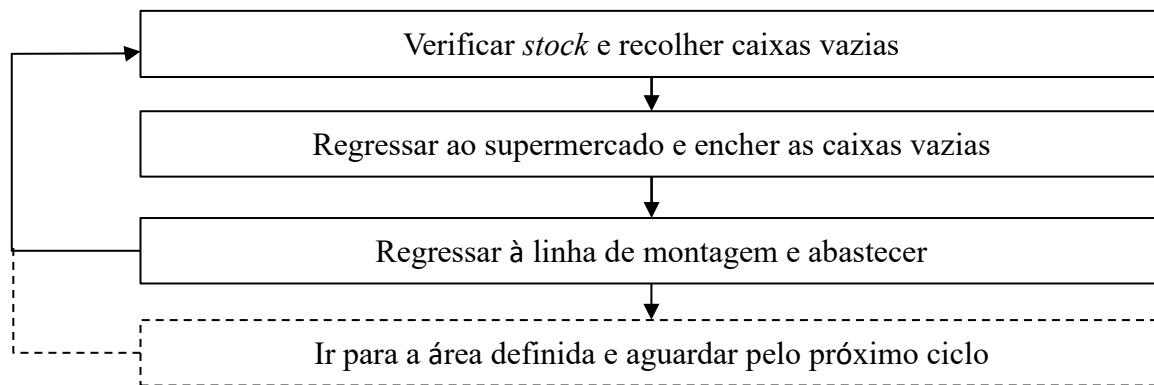


Figura 3.3. Plano de trabalho do *mizusumashi* (Nomura & Takakuwa, 2006)

No método de revisão periódica, o operador verifica as caixas que estão vazias, recolhe-as e abastece conforme a sua capacidade. Posteriormente, regressa à linha e coloca-as, de novo, na estante. Enquanto neste método o ciclo é realizado continuamente, no método de revisão periódica, o *mizusumashi* aguarda pelo próximo ciclo de abastecimento num local previamente definido.

Devido à sua flexibilidade e, contrariamente, aos sistemas de abastecimento automáticos, o *mizusumashi* adapta-se rapidamente a alterações no *layout* do chão de fábrica (Nomura & Takakuwa, 2006).

O facto de transportar apenas o necessário, permite reduzir os desperdícios de transporte, evita *stocks* indevidos no local da produção e garante a filosofia *JIT*.

Coimbra (2013) estabelece a comparação entre o empilhador tradicional e o *mizusumashi*, afirmando que o primeiro se assemelha a um táxi, que necessita de uma ordem para abastecer a linha. Enquanto o comportamento do *mizusumashi* se assemelha a um metro, pois realiza a sua volta num horário pré-estabelecido, independentemente da necessidade das linhas de montagem.

Além disso, o *mizusumashi* transmite a informação pelo chão de fábrica e aumenta a produtividade e o trabalho padronizado. Ao contrário do empilhador tradicional, este equipamento é fácil de manobrar e tem custo reduzido.

3.3.6.3. Sincronização

Estabelecer a sincronização é a condição básica para a implementação do *TPS*, isto é, as operações devem estar integradas entre si e dispostas a promover o fluxo da produção (Ohno, 1997). Além disso, simplifica a coordenação entre o abastecimento de materiais e a produção.

Neste contexto, Coimbra (2013) estabelece duas formas possíveis para garantir a sincronização: abastecimento *Kanban* e abastecimento em *Junjo*.

3.3.6.3.1. *Kanban*

É uma ferramenta do Sistema Toyota de Produção (*TPS*) que foi criada para controlar os níveis de inventário, a produção e o abastecimento de componentes (Lage Junior & Godinho Filho, 2010). Trata-se de um abastecimento contínuo que utiliza cartões para representar uma necessidade de troca de caixas vazias por caixas cheias.

Devido à sua simplicidade e baixo custo, o sistema *Kanban* é utilizado para garantir o *Just In Time* e permite que as empresas criem versões que melhor se adequam aos seus processos (Kouri et al., 2008).

O *e-Kanban* é uma vertente do *Kanban* tradicional, baseado num sistema de sinalização que utiliza a tecnologia da informação (*TI*) na movimentação de matérias-primas e permite uma visão, em tempo real, do *stock* ao longo da cadeia de abastecimento (Jarupathirun et al., 2009). Em oposição ao *Kanban* tradicional, usa informações técnicas como código de barras, *Radio Frequency Identification (RFID)* e mensagens eletrónicas.

Trata-se de um sistema confiável e que permite reduzir erros na gestão e tomada de decisões. Pode ser utilizado para dar mais visibilidade à produção, que é um dos principais objetivos na produção *JIT* e, conseqüentemente, dá suporte à melhoria contínua (Kouri et al., 2008). Tal como na Figura 3.4, e por se tratar de um meio de comunicação entre a produção e a logística, há informações que devem estar obrigatoriamente no cartão *Kanban* (Coimbra, 2013):

- Identificação do material (incluindo código);
- Identificação do cliente e localização de consumo;
- Identificação do fornecedor e localização de armazenamento;
- Quantidade a abastecer.


Arrival 10:30	A 1 - 1	Central Plant of Toyota Motors
 Ohashi Foundry	Item Number 53018-60011	Identification
	Item Name Line pressure radiator	Used in Car type FJ (I)
Shelf nº 1 - below	21	Box Type Special
	Kanban pieces order	50

Figura 3.4. Exemplo cartão *Kanban* (Ohno, 1988)

3.3.6.3.2. *Junjo*

No abastecimento em *Junjo*, o operador logístico abastece os materiais de forma sequenciada, isto é, as peças são abastecidas conforme a ordem de montagem. Associa o conjunto de peças necessárias ao posto de trabalho e atribui-lhes o mesmo número sequencial (Coimbra, 2013). Neste caso, o comboio logístico tem acesso à lista ordenada dos artigos e abastece-os numa só caixa reduzindo o tempo de *picking*.

Este tipo de abastecimento é adequado para materiais volumosos e com grande variedade. Contrariamente ao que acontece no *Kanban*, não é necessário ter todos os modelos disponíveis no bordo de linha, pelo que é possível economizar espaço.

Além do abastecimento por sequência, o *Junjo* engloba também o abastecimento por *kit*, utilizado para peças de maior tamanho e que são previamente preparadas, para serem entregues em grupo, reduzindo erros na montagem e, em consequência, aumentando os níveis de qualidade.

Ambos os abastecimentos são favoráveis em termos de sincronização, pois permite que os operadores tenham as peças que precisam no momento certo. Contudo, o *Junjo* é um sistema mais complexo, uma vez que exige o sequenciamento de materiais.

A Figura 3.5 apresenta as diferenças entre o abastecimento em *Junjo* e abastecimento *Kanban*.

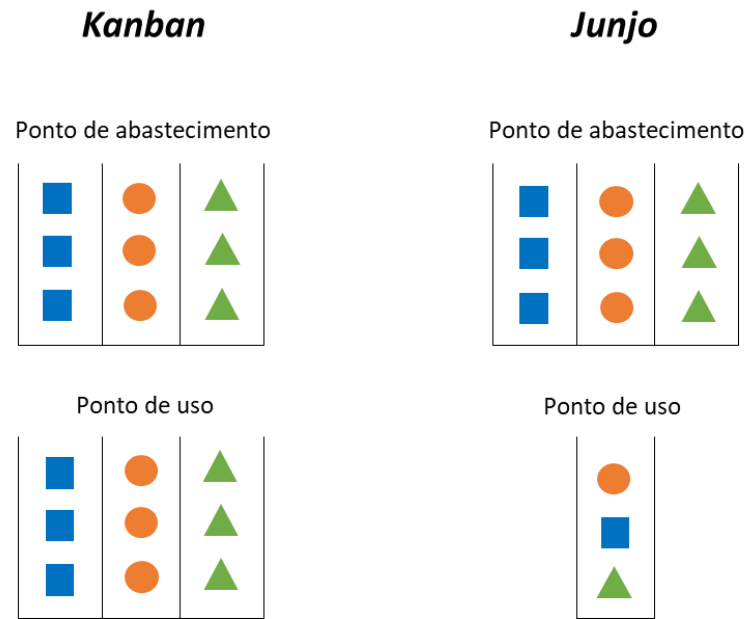


Figura 3.5. Comparação entre abastecimento Kanban e Junjo (Adaptado de Coimbra, 2013)

3.3.6.4. Heijunka

O termo japonês, *Heijunka*, significa nivelar e está relacionado com o planeamento da produção.

Esta é uma ferramenta que permite balancear o rácio carga-capacidade dos operadores, isto é, gerir aquilo que efetivamente é necessário produzir para dar resposta ao cliente face à capacidade dos nossos operadores, medida pelo tempo diário disponível de produção. Desta forma, os produtos são sequenciados de forma homogénea de modo a responder à necessidade dos clientes e garantir o fluxo de produção.

O principal objetivo é construir um sistema de planeamento visual localizado no chão de fábrica e que permita comunicar o comportamento da linha de montagem (Coimbra, 2013).

Heijunka é um elemento-chave do sistema de produção *Toyota* e um pré-requisito da produção *JIT*. É utilizado para nivelar as ordens de produção e uniformizar a distribuição de trabalho, reduzindo ou eliminando o efeito chicote, muito comum em sistemas *push*.

Lee et al. (1997) definem efeito chicote como a amplificação da variação da procura que ocorre por toda a extensão da cadeia de abastecimento, isto é, oscilações na procura do consumidor final que produzem efeitos nos restantes pontos da cadeia de

abastecimento (Padmanabhan, 1997). Uma produção nivelada, com tamanhos de lote pequenos, reduz o efeito chicote e permite que as linhas de produção trabalhem com um número constante de trabalhadores, uma vez que permite uma maximização da capacidade utilizada e evita picos na produção (Sundar et al., 2014). Deste modo, a capacidade de produzir vários modelos no mesmo lote, proporciona um sistema mais flexível e capaz de responder a flutuações na procura (Sugimori et al., 1977).

3.3.6.5. Planeamento *Pull*

O planeamento da produção é essencial no controlo de qualquer organização, pois é a forma de conseguir responder a imprevistos, variações de procura ou perdas de capacidade.

Existem dois modelos possíveis para auxílio neste processo: o modelo *push* e o modelo *pull*.

O planeamento *pull* organiza a produção de forma a responder às necessidades do cliente, ou seja, as ordens de produção são atribuídas conforme o seu consumo (Coimbra, 2013). Contrariamente ao sistema *push*, que é conduzido em previsões da procura, o sistema *pull* permite um planeamento impulsionado pela procura do cliente, criando fluxo em toda a cadeia de valor.

Ainda que a definição de *pull* se refira a um sistema 100% guiado pela procura do cliente, aplicando essa metodologia à realidade de uma empresa, percebe-se que nem sempre é possível de concretizar. Sendo assim, este modelo está diretamente associado a outras ferramentas mencionadas anteriormente, como os supermercados, o *mizusumashi*, o *line design* e os bordos de linha.

Num sistema *pull*, os processos estabelecem uma relação de cliente-fornecedor, produzindo apenas a quantidade necessária ao processo a jusante. Deste modo, é possível responder rapidamente a flutuações na procura, diminuir o *stock* de produto acabado e saber, antecipadamente, a quantidade de operadores necessários em cada linha.

Pienkowski (2014) considera o gráfico *yamazumi* uma ferramenta de gestão puxada, indicada para equilibrar processos e criar fluxo. O *yamazumi* representa, através de barras, as operações que agregam valor ao produto final e tal como o significado da palavra japonesa, as operações que constituem o processo de montagem são “empilhadas”, tendo em conta o *takt time* (Kays et al., 2019).

3.3.6.5.1. Balanceamento de operações

O balanceamento consiste na distribuição de operações pelos postos de trabalho, tendo em conta as relações de precedência e outras restrições conhecidas (Pinto et al., 1983). Uma linha de montagem encontra-se balanceada quando o tempo de ciclo é equivalente para todos os operadores e o tempo ocioso é nulo.

No caso de se tratar de um processo com muitas operações, o balanceamento pode não ser uma tarefa fácil e, por esse motivo, existem várias abordagens que permitem simplificar este procedimento e desenvolver a melhor solução para o problema.

O método mais básico, tentativa erro, exige que se façam várias tentativas até se obter a melhor solução. Apesar da sua simplicidade e baixo nível de otimização, é o método mais tradicional.

Do mesmo modo, existem métodos heurísticos que permitem balancear as operações conforme um determinado critério. Apesar das heurísticas existentes, como o tempo de processamento e pesos posicionais, são, frequentemente, desenvolvidas novas vertentes adequadas aos diferentes tipos de aplicação.

Por último, existem os métodos computacionais, a programação linear e a simulação. Com um nível de otimização mais elevado, permitem resolver sistemas complexos e que envolvem muitas variáveis.

4. IMPLEMENTAÇÃO

O presente capítulo surge no seguimento dos problemas identificados anteriormente e tem como objetivo descrever as implementações realizadas no posto de montagem de Componentes X.

4.1. Análise ABC

Apesar de todos os modelos serem relevantes, há alguns que traduzem mais valor para a empresa e consequentemente, devem ter maior destaque. A ferramenta utilizada baseia-se no Princípio de Pareto e determina que 80% dos efeitos derivam de 20% das causas e, embora seja mais utilizada na gestão de *stocks*, a análise ABC, através da categorização de artigos, auxilia a gestão de produção nos momentos de tomada de decisão. O grande contributo deste princípio, aplicado à resolução de problemas permite priorizar as ações, pois de nada vale tentar resolver todos os problemas que surgem quando apenas 20% deles afetam efetivamente, os resultados.

O componente em estudo divide-se em várias ordens de fabrico, cujo valor não pode ser calculado, pelo que os dados existentes são relativos à máquina e não ao próprio componente. Assim, optou-se por realizar uma análise ABC para os 37 modelos de máquinas, uma vez que é o produto final que gera valor para a empresa. Contudo, esta análise apenas serve como ponto de partida, pois o objetivo é que o projeto se estenda a todos os modelos.

Utilizando o volume anual de vendas referente aos anos de 2019 e 2020, obteve-se o gráfico apresentado no Apêndice A e os resultados provenientes da sua análise encontram-se registados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Resultados da análise ABC

Classes	Quantidade de referências	Percentagem de referências
Referências A	14	38%
Referências B	10	27%
Referências C	13	35%
Total	37	100%

A classe A corresponde aos artigos mais relevantes, ou seja, aqueles que têm maior representatividade face aos dados em análise. As classes B e C são as que têm menor representatividade e não devem, por isso, ser priorizadas.

Apesar de não se verificar a regra 80/20, há 6 modelos que se destacam, uma vez que são responsáveis por mais de metade do volume de vendas.

4.2. Projeto de linha para os grupos de modelo B e F

Com a análise do diagrama de *spaghetti*, e para cumprir com o objetivo final do projeto, surge a ideia de projetar um *layout* que diminua os desperdícios em movimentação e transporte.

Optou-se por desenvolver uma linha de montagem que promova o fluxo de produção e a integração dos vários processos no mesmo local permite reduzir a movimentação e o transporte. Além disso, como se trata de uma produção peça a peça, o *stock* diminui e é possível pôr em prática um sistema *JIT*.

Devido aos diferentes modelos que a empresa oferece e ao elevado número de operadores e artigos que seria necessário colocar numa linha, optou-se por desenhar duas linhas de montagem, cujo projeto implica determinar, antecipadamente, o número de postos necessários, o balanceamento de operações, a definição do *layout* mais adequado e o planeamento do sistema de abastecimento.

A primeira linha de montagem será desenhada com base no grupo modelo F, por ser o que representa maior valor para a empresa, e no grupo modelo B, por ter um processo de montagem semelhante. Da mesma forma, a segunda linha destina-se aos grupos modelo A, C, E, G e H, pois além do processo de montagem ser idêntico, a quantidade produzida anualmente é semelhante aos modelos da primeira linha.

No que concerne aos modelos do grupo D, serão montados numa célula isolada, uma vez que a procura é reduzida e o processo de montagem é nitidamente diferente dos demais, o que implica adicionar mais materiais ao bordo de linha e balancear as operações para este modelo específico. Desta forma, evita-se que seja dimensionada uma linha de montagem apenas para este tipo de modelos cuja quantidade de encomendas é reduzida.

4.2.1. Processo de montagem

Da análise ABC resulta que o modelo F.1 é aquele que representa maior valor para a empresa e, como tal, será objeto de análise mais detalhada.

Inicialmente, com o intuito de compreender as operações que integram o processo de montagem, construiu-se um gráfico de processo para o modelo F.1, que pode ser consultado no Apêndice B. Por questões relativas à confidencialidade dos processos, estes não são apresentados com detalhe, por esse motivo, as operações identificadas como A1 correspondem a operações de afinação, C1 a operações de corte, C2 a operações de colagem, F1 a operações de fixação, L1 a operações de limpeza, L2 a operações de lubrificação, M1 a operações de montagem, P2 a operações de prensagem, R1 a operações de roscagem e T1 a operações de teste.

Embora existam alterações na montagem dos restantes modelos, estas não são significativas para a análise em questão, isto é, existem diferenças nos artigos utilizados, mas o processo de montagem é semelhante. Neste caso, o importante é conhecer o processo e a duração de cada operação, contudo as alterações de artigos serão tidas em conta, posteriormente, no dimensionamento do bordo de linha.

Seguidamente, filmaram-se as várias fases do processo e contabilizaram-se apenas os tempos que acrescentam valor ao produto final. Uma vez que este é constituído por inúmeras tarefas, foi útil dividi-las em grupos e contabilizar a sua duração total. Desta forma, surge a tabela presente no Apêndice C, que contém a duração dos grupos de operações que dizem respeito ao processo de montagem de um Componente X e conclui-se que, atualmente, o tempo total de montagem de uma unidade é de 9 horas.

A Figura 4.1 estabelece a relação entre os dois tipos de operações e demonstra que há várias oportunidades de melhoria no que diz respeito à eliminação de desperdício.

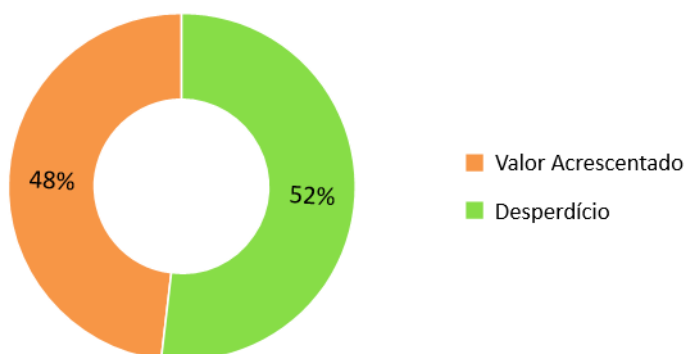


Figura 4.1. Relação entre tempo de valor acrescentado e desperdício

Através da análise das filmagens, e tal como representado no gráfico, verificou-se que 52% do tempo (280 minutos) é despendido em atividades consideradas desperdício e apenas 48% (260 minutos) corresponde a operações que acrescentam valor na perspetiva do cliente.

4.2.2. Balanceamento de operações

Numa primeira instância, tendo em conta que o principal objetivo da empresa é ter capacidade de responder a um aumento de 30% na procura face à média dos dois últimos anos (2019 e 2020), é necessário calcular a procura diária do Componente X.

$$\text{Produção anual com aumento de 30\%} = \text{Produção média} * 1,3. \quad (4.1)$$

$$\text{Produção diária} = \frac{\text{Produção anual}}{\text{Dias de trabalho por ano}}. \quad (4.2)$$

O aumento de 30% corresponde a uma produção anual média de 1994 unidades, uma vez que nos últimos 2 anos, produziram-se, em média 1534 unidades de Componentes X dos modelos B e F. Atendendo que a empresa labora, em média, 247 dias por ano, isto é, excluindo 104 dias que correspondem a fins de semana e 14 dias de feriados, tem-se uma procura diária média de 9 unidades.

Deste modo, é possível definir o *takt time* através da seguinte equação e garantir que a produção segue ao ritmo da procura do cliente.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Procura diária}}. \quad (4.3)$$

O tempo disponível diz respeito apenas ao tempo de montagem, excluindo o tempo da reunião *Kaizen*, pausas e organização do posto (5S). Admitindo 30 minutos para as atividades anteriormente referidas, obtém-se um tempo disponível de 450 minutos e, conseqüentemente um valor de 50 minutos para o *takt time*.

O tempo de montagem e o *takt time* definidos anteriormente permitem calcular o número de operadores através da seguinte expressão:

$$\text{Número de operadores} = \frac{\text{Tempo montagem}}{\text{Takt time}}. \quad (4.4)$$

Assim sendo, obtém-se o valor de 5,2, que determina a necessidade de existirem 6 operadores para cumprir um tempo de ciclo equivalente ao *takt time*. Contudo, é possível verificar que um deles estaria subdimensionado e, por esse motivo, o balanceamento será

feito apenas para 5 operadores. Além disso, embora a produção não corresponda exatamente ao aumento desejado, está muito próximo dos 30%, pois seguindo o raciocínio contrário, 5 operadores são capazes de produzir anualmente 1990 unidades.

O tempo de ciclo que resulta de uma linha com 5 operadores é o suficiente para responder à procura de momento, mas caso haja necessidade de aumentar a produção, é possível adicionar um operador e voltar a balancear as operações. Além disso, espera-se que com a normalização de trabalho, os tempos de montagem diminuam.

Desta forma, a Figura 4.2 apresenta o gráfico *yamazumi* com a solução obtida.

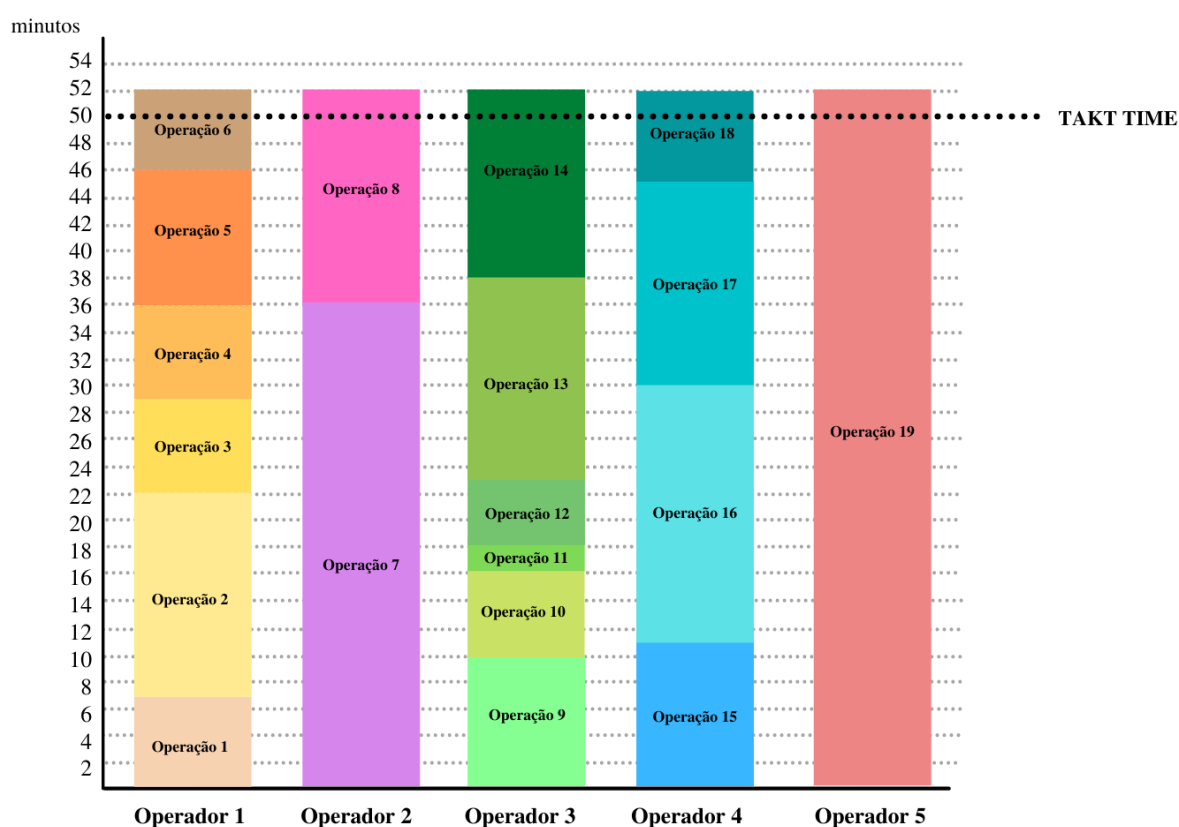


Figura 4.2. Balanceamento de operações – Grupos modelo B e F

Uma vez que se trata de uma linha de montagem manual, os tempos de operação são variáveis e influenciados por fatores externos imprevisíveis. O ser humano, contrariamente aos sistemas automatizados, não consegue manter um ritmo de trabalho constante e, no caso de ser necessário substituir um operador da linha de montagem, é improvável que as operações sejam realizadas com a mesma duração. Assim sendo, utilizou-se o método tentativa erro para o balanceamento de operações. Além disso, o foco do projeto

era a alteração do *layout* e a obtenção rápida de melhorias, pelo que se optou por um método mais simples e que não necessita de um estudo detalhado dos tempos. Dada a variabilidade inicial do sistema, não se justifica a utilização de métodos mais complexos. Futuramente, por uma questão de otimização, poderá ser vantajoso a utilização de outros métodos de balanceamento.

Por uma questão de organização da informação, não foram detalhadas todas as operações presentes no gráfico de processo, mas as agregações realizadas no estudo dos tempos.

Optou-se por manter parte da estrutura atual, pelo que o operador 1 é responsável pela montagem do Subconjunto 1, o operador 2 pela montagem do Subconjunto 2 e os operadores 3, 4 e 5 devem finalizar a montagem principal do componente, que engloba os restantes artigos. Contudo, para garantir o balanceamento, algumas operações pertencentes à montagem principal tiveram de ser alocadas aos primeiros operadores.

O gráfico que surge na Figura 4.3 apresenta, sob outra perspetiva, o tempo despendido nos dois tipos de operações. Isto é, para cada posto, distingue a cor verde as operações que acrescentam valor ao produto final e a laranja as operações consideradas desperdício durante a medição dos tempos.

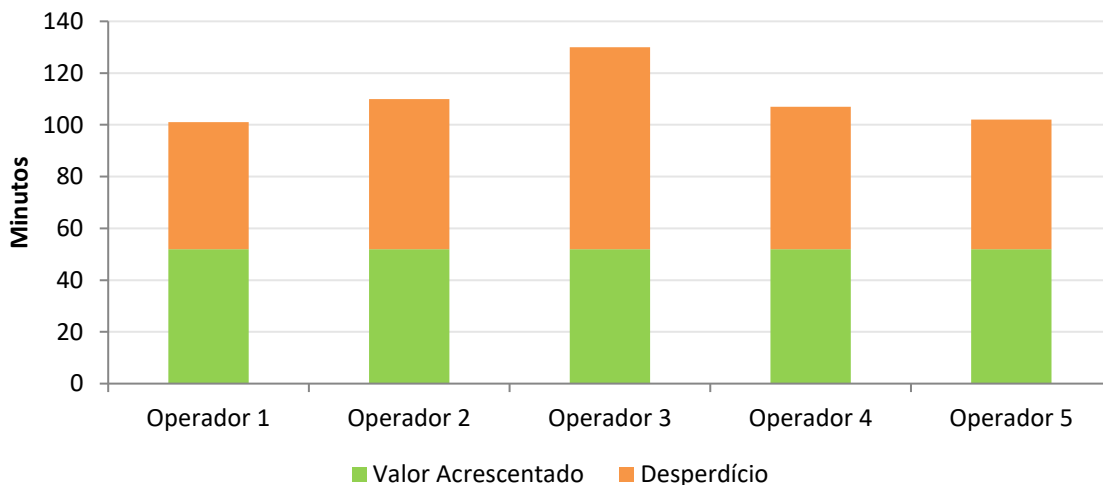


Figura 4.3. Tempo de valor acrescentado e desperdício (por operador)

O operador 3, responsável pela montagem principal do componente, é o que apresenta maior desperdício. Contudo, era esperado que isso se verificasse, pois no diagrama

de spaghetti (Figura 2.9 da página 15) os operadores da área E, representados a verde e azul nessa imagem, são os que apresentam maior movimentação.

Embora o operador 4 e 5 também sejam responsáveis por algumas operações relacionadas com o corpo principal, a maioria, anteriormente, era realizada pela área de preparação, pelo que não se pode comparar com a situação inicial.

4.2.3. Desenho de linha e plano de ações

O *layout* atual não favorece o fluxo e a produção peça a peça, pelo que se decidiu desenhar uma linha de montagem apropriada aos objetivos da empresa. O *layout* escolhido (Figura 4.4), em forma de “U”, promove a entreaajuda, a produção *JIT* e a partilha de informações, diminuindo a movimentação dos operadores e o transporte de materiais. Ao mesmo tempo, permite que o mesmo operador realize operações em vários postos e torna-se um modelo mais flexível no que diz respeito a mudanças no *layout*.

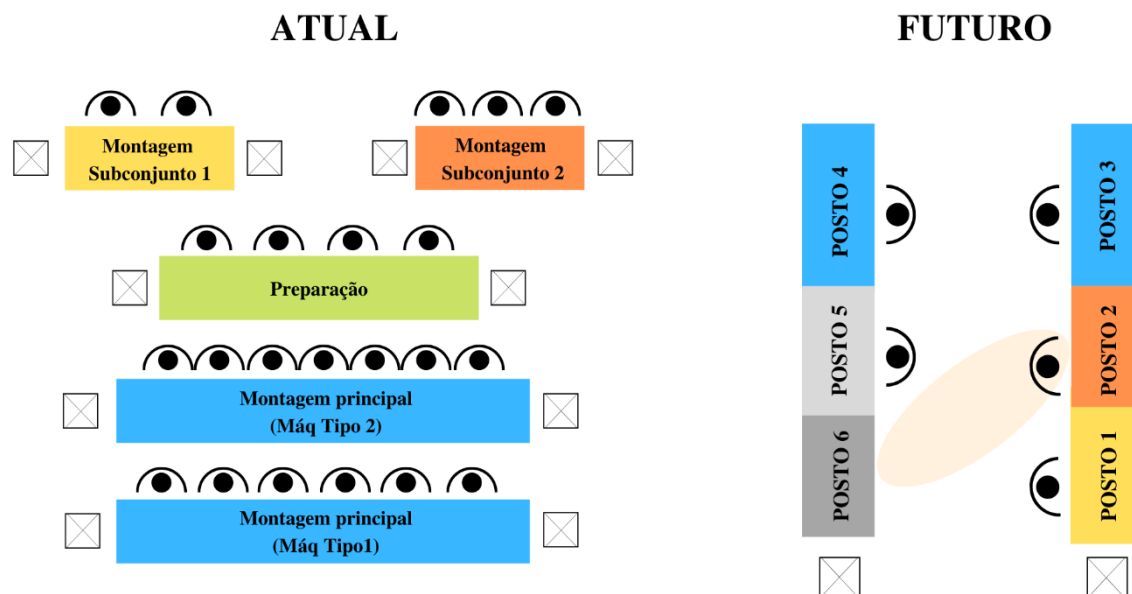


Figura 4.4. *Layout* atual e *Layout* futuro - Grupos modelo B e F

O posto 6 representado no estado futuro diz respeito à estação de teste, onde são testados os movimentos mecânicos e elétricos do produto final. Uma vez que é utilizada uma ferramenta própria, este posto de trabalho dispensa de bancada e bordo de linha, pelo que foi representado apenas por uma questão de área.

Uma vez definido o desenho da linha, foi desenvolvido um plano de ações através da ferramenta *3W* (*Why, When, Who*), cujo objetivo passa pela identificação dos problemas, indicar as ações a implementar, os responsáveis pela sua execução e o prazo limite para que sejam concluídas. Com estas três informações básicas pretende-se estabelecer prioridades de implementação e integrar toda a equipa para que participe ativamente no projeto.

O plano de ações presente no Anexo A assumiu um papel muito importante durante o processo de balanceamento, pois fomentou a discussão de melhorias e o registo das ações necessárias para o cumprimento do objetivo.

Posteriormente, através do ciclo *PDCA* toda a equipa envolvida tinha a possibilidade de saber a fase em que se encontrava cada melhoria proposta e permitiu aos responsáveis gerir a execução das mesmas.

4.2.4. Linha teste

A fase de teste que precede a implementação é essencial para entender se o sistema se vai comportar conforme esperado e auxilia na identificação e correção de erros. Deste modo, decidiu-se criar uma linha teste para verificar a eficiência do *layout* escolhido e auxiliar a tomada de decisões antes do desenho dos postos de trabalho.

Por se tratar apenas de um ensaio e uma vez que ainda não tinham sido desenhadas novas ferramentas, verificou-se que algumas destas não eram apropriadas ao novo tipo de produção, uma vez que estavam dimensionadas para produzir em lote. Pelo mesmo motivo, não foi possível integrar a operação de teste na linha (definida como Operação 8 no *yamazumi*), pelo que se decidiu manter o mesmo balanceamento, sabendo que o operador 2 iria acabar as suas tarefas antes dos restantes.

Para a realização do *yamazumi* foram contabilizados apenas os tempos das operações que acrescentam valor ao produto final. Neste contexto, era esperado que o tempo de ciclo observado na linha teste fosse superior ao calculado anteriormente, uma vez que é impossível eliminar totalmente o desperdício inerente ao processo de montagem. Contudo, verificou-se um aumento considerável que pode estar relacionado com erros de medição dos tempos ou desperdícios causados pela falta de condições nos postos de trabalho (bancadas pequenas, ferramentas desadequadas e pouco espaço).

Assim sendo, surgiu a necessidade de voltar a cronometrar e rebalancear as operações. No Apêndice D encontra-se a comparação dos tempos medidos antes e depois da realização da linha teste. Contudo, no momento da implementação da linha final e reunidas as condições necessárias é expectável que o desperdício diminua e o tempo de montagem seja menor que o observado durante este primeiro ensaio.

Na Figura 4.5 está representado o gráfico *yamazumi* com o balanceamento de operações utilizando os tempos observados na linha teste, e que será tido em conta no dimensionamento dos postos e bordos de linha.

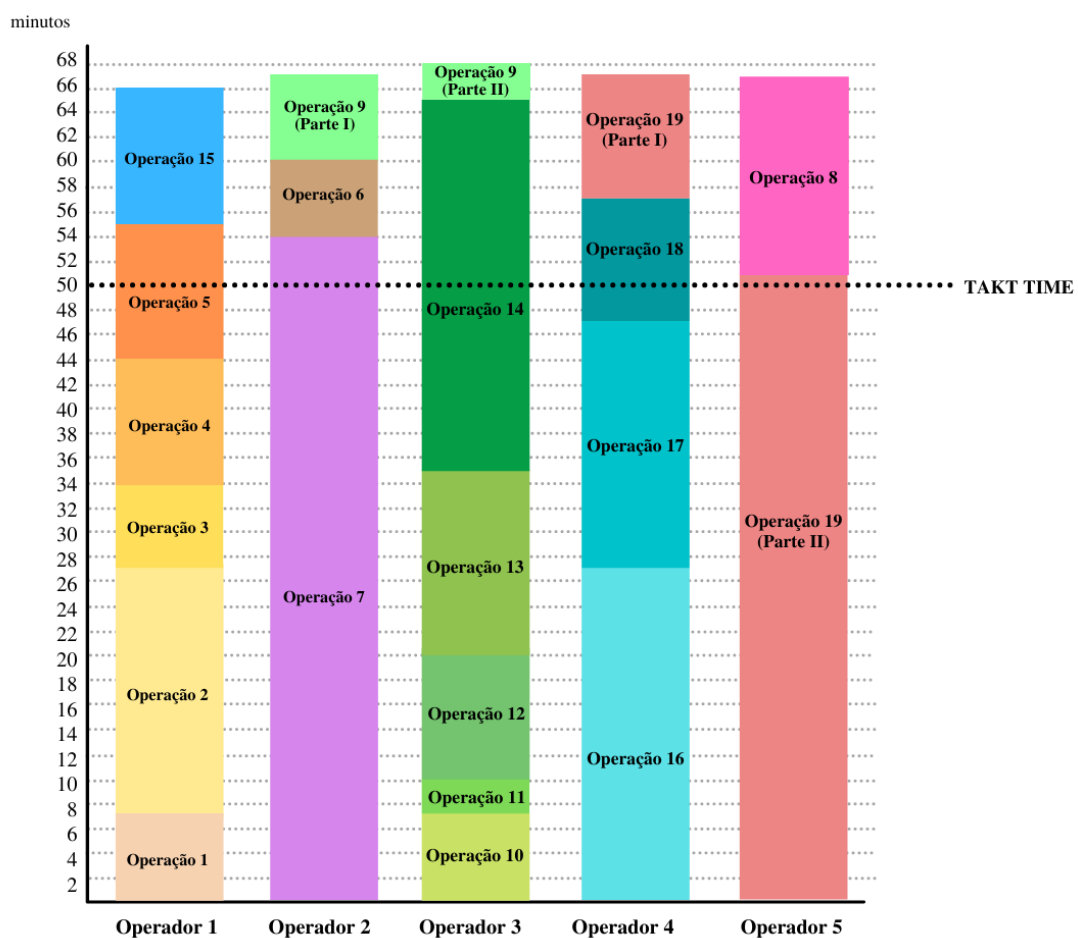


Figura 4.5. Balanceamento de operações após linha teste - Grupos modelo B e F

A Operação 8 diz respeito a uma fase de teste que permite detetar erros mecânicos e elétricos na montagem do componente X e necessita de uma ferramenta específica. Como mencionado anteriormente, no momento de implementação do ensaio, a ferramenta necessária encontrava-se em fase de projeto e, por esse motivo, não foi possível

contabilizar a duração dessa operação, tendo sido utilizado para o balanceamento a duração observada anteriormente.

As operações não se encontram perfeitamente balanceadas, e apesar de existir a possibilidade de dividir operações, a movimentação necessária entre postos e/ou a adição de ferramentas, não justifica a mudança. Com a repetição de movimentos, o desperdício diminui e a duração das operações tenderá a ser menor à observada na linha de teste.

Apesar das limitações inerentes dos operadores às operações num novo posto (conhecer local de artigos e ferramentas) e de se terem produzido apenas 20 unidades, confirmou-se um aumento de produtividade, embora seja insuficiente para tirar conclusões.

Atualmente, o tempo total de montagem de um Componente X do modelo produzido na linha teste, considerando desperdícios, é de 540 minutos. Tendo em conta os tempos observados durante o ensaio, e considerando os 16 minutos contabilizados para a Operação 8, verifica-se uma diminuição de 38% no tempo de montagem.

Nas condições atuais, metade da equipa é capaz de produzir, diariamente, 12 unidades de Componente X. Considerando o tempo de ciclo do *yamazumi* anterior é possível produzir, diariamente, 6 unidades com apenas 5 operadores, que se traduz num aumento de produtividade de 1 unidade/pessoa/turno para 1,2 unidade/pessoa/turno.

Ainda assim, seriam necessárias mais replicações de ensaios para que os resultados simulassem corretamente o sistema futuro, uma vez que com a normalização e repetição de movimentos, o desperdício tende a diminuir.

4.2.5. Bordo de linha

A realização de testes preliminares trouxe vantagens não só para o projeto dos postos de trabalho, mas também no dimensionamento do bordo de linha, garantindo que o material necessário à montagem se encontra ao alcance do operador. Além disso, deve ser um sistema intuitivo que permita ao operador logístico abastecer os artigos na localização correta.

4.2.5.1. Transporte de abastecimento

Nesta fase foi essencial listar todos os artigos necessários, assim como a quantidade utilizada na montagem de cada Componente X. De seguida, definiu-se em que posto seria abastecido cada um dos artigos e o seu modo de abastecimento.

Por uma questão de organização e facilidade de transporte, optou-se, sempre que possível, utilizar caixas com medidas *standard*, pois facilitam a movimentação entre o local de armazenamento e o local de abastecimento, favorecendo a organização do bordo de linha e simplificando o processo de dimensionamento. Na Tabela 4.2 estão representadas as dimensões que, posteriormente, permitirão calcular o tamanho necessário do bordo de linha.

Tabela 4.2. Dimensões de cada tipo de caixa

Tipo de caixa	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
A	200	100	100
B	300	150	125
C	400	225	170

Contudo, há artigos cujas dimensões não permitem que o abastecimento seja feito nesse tipo de caixas e, como tal, foram produzidas, internamente, opções diferentes de abastecimento.

No que diz respeito aos artigos de dimensão média, optou-se por produzir, internamente, caixas adequadas às suas dimensões. Desta forma, permite que os artigos sejam abastecidos nas estantes gravitacionais do bordo de linha e evita esforços que possam afetar o bem-estar do operador.

Para artigos de grandes dimensões foram criados, com o auxílio do Departamento de Engenharia, carrinhos móveis que facilitam o abastecimento e o transporte até à linha. A utilização deste tipo de transporte é vantajosa no que diz respeito aos esforços realizados pelo *mizusumashi* para abastecer a linha, pois o carrinho que transporta os artigos desde o supermercado até à linha pode ser utilizado como complemento do bordo.

Uma vez que a única função do operador logístico é recolher um carrinho vazio e substituí-lo por um abastecido, evita-se a movimentação de artigos pesados desde o carrinho até ao bordo.

Existem dois artigos que se inserem nesta última categoria e que são abastecidos no mesmo posto de trabalho. Por se tratar de artigos que variam consoante o modelo, optou-se por fornecer em forma de *kits* no mesmo carrinho móvel e prevenir erros do operador.

Assim sendo, são separados previamente pelo operador logístico e entregues no bordo de linha conforme a sequência de consumo.

4.2.5.2. Sincronização

Os artigos abastecidos por carrinho móvel variam as suas características conforme o modelo da máquina e, uma vez que são artigos de grandes dimensões, é impraticável colocar todas as referências no bordo de linha. Será utilizado o sistema em *Junjo* e estes serão abastecidos de forma sequenciada, tendo por base o planeamento de produção. Desta forma, é possível economizar espaço no bordo de linha e manter o acesso do operador aos materiais.

Ainda que os dois tipos de abastecimento sejam válidos, neste projeto privilegiar-se-á o sistema *Kanban*, por facilitar o trabalho do operador logístico. Assim, para os restantes artigos, será utilizado o sistema em *Junjo*. Cada caixa terá uma etiqueta de reposição que permite ao operador logístico obter informações básicas sobre o artigo a abastecer. Além da designação, imagem, quantidade e localizações, as etiquetas possuem um código *QR* que permite instantaneamente aceder à página do artigo no portal da empresa, obter informações detalhadas e consultar *stocks*.

4.2.5.3. Estrutura e dimensionamento do bordo de linha

Para o dimensionamento considerou-se apenas os artigos abastecidos em caixa, uma vez que os carros móveis serão colocados numa posição lateral ao bordo de linha. Organizaram-se os artigos de cada posto conforme o balanceamento, garantindo que estão disponíveis os materiais necessários aos dois tipos de modelo, bem como as diferentes opções dos artigos 1 e 2.

No caso dos artigos abastecidos por *Kanban* optou-se por utilizar o sistema *two-bin* com estantes gravitacionais. Assim, cada artigo terá duas caixas de armazenamento na linha de montagem e no momento em que a primeira ficar vazia, é retirada do bordo de linha e devolvida para que o *mizusumashi* volte a abastecer. A segunda caixa desliza para a frente e não há o risco de a linha parar por falta de material. Contudo é necessário que contenha o suficiente até que o operador logístico abasteça o bordo de linha.

Seguidamente, para dimensionar o bordo de linha, definiu-se a quantidade e o tipo de caixa a ser utilizada. Para artigos pequenos e de valor reduzido, optou-se por preencher a caixa com a máxima quantidade possível. No caso de artigos de maiores

dimensões, atribui-se a quantidade mínima necessária para cumprir com o tempo de ciclo do *mizusumashi*.

Uma vez que ainda não existe sincronização com as restantes áreas de montagem, ficou definido um ciclo de duas horas para o *mizusumashi*. Embora o ciclo do *mizusumashi* seja, geralmente, mais curto, neste caso não surge essa necessidade, uma vez que o tempo total de montagem é de, aproximadamente, 1 hora. Como se trata apenas de uma fase inicial e o *mizusumashi* não se dedica inteiramente ao abastecimento da linha de montagem, espera-se no futuro que o tempo de ciclo seja otimizado e que este abasteça outras linhas de montagem.

Conjeturando a hipótese do *mizusumashi* passar no momento em que a primeira caixa está vazia e a seguinte só tem uma unidade, irá ocorrer uma interrupção por falta de material, pois o tempo de ciclo não é suficiente até que a primeira caixa volte a ser resposta no bordo de linha. Desta forma, para os artigos mais críticos, considerou-se o dobro da quantidade necessária para um ciclo do *mizusumashi* e adicionou-se uma unidade para prevenir paragens como a descrita anteriormente. Assim sendo, a Figura 4.6 apresenta o esquema de funcionamento do sistema *two-bin* no caso da situação descrita anteriormente.

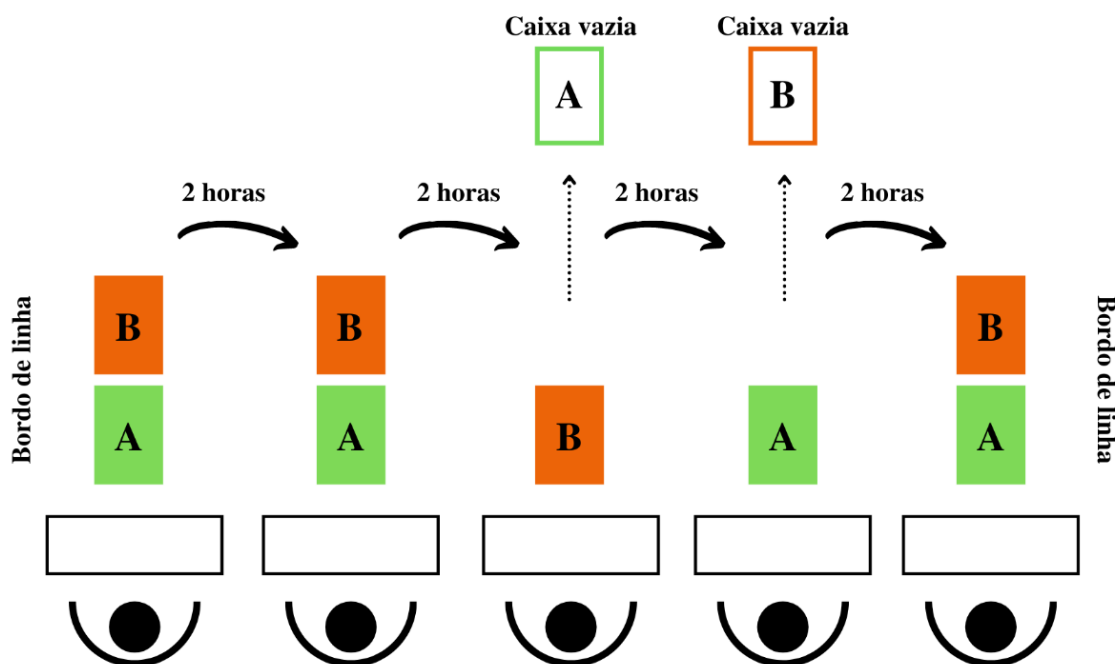


Figura 4.6. Sistema *two-bin*

Pretende-se que as bancadas tenham dimensões *standard* e que sejam flexíveis ao ponto de serem replicadas para outros processos da empresa. O comprimento da bancada foi dimensionado tendo em conta o artigo de maior dimensão, que é abastecido no posto 3 e pode atingir um comprimento de 2 metros. Consequentemente, projetou-se uma bancada de 2,4 metros para todos os postos, o suficiente para garantir que os artigos de maiores dimensões possam ser montados na bancada de trabalho.

As quatro referências do Subconjunto 2 são compostas por artigos diferentes e torna-se impossível colocá-los no mesmo bordo de linha, pelo que se tornou mais prático dimensionar 2 bordos de linha móveis para esta estação de trabalho. Desta forma, projetou-se um bordo de linha com duas estruturas, isto é, cada uma com 1,2 metros de comprimento, para garantir que o operador tem fácil acesso aos materiais e que é possível substituir rapidamente, e sem grande esforço, o bordo de linha.

A Tabela 4.3 apresenta as quantidades necessárias de cada tipo de caixa e que permitiu dimensionar o bordo de linha e calcular o número de estantes gravitacionais, admitindo folga de 1cm entre caixas. Por se tratar de um processo com bastantes artigos, optou-se por um bordo de linha com o mesmo comprimento da bancada e largura suficiente para colocar 2 caixas de maior dimensão.

Tabela 4.3. Dimensionamento do bordo de linha – Grupos modelo B e F

	Posto 1	Posto 2 Opção 1	Posto 2 Opção 2	Posto 3	Posto 4	Posto 5
Total de artigos	74	60	46	71	25	14
Estante horizontal	5	0	0	0	0	0
Caixas A	65	52	37	58	20	9
Caixas B	4	2	5	10	4	5
Caixas C	0	6	4	1	1	0
Caixas especiais	5	0	0	2	0	0
Comprimento total (m)	7,1	6,85	5,35	7,525	2,825	1,65
Folga	0,62	0,48	0,36	0,59	0,13	0,06
Nº estantes	7	7	5	7	3	2

Durante a fase de projeto concluiu-se que a existência de 7 estantes, ou seja, 4 níveis de bordo de linha é uma solução pouco ergonómica, pois o último nível de abastecimento fica inalcançável pelo operador, devido à sua altura. Nesses casos, optou-se por colocar artigos que são utilizados pontualmente num nível inferior à bancada de trabalho. A ideia inicial era realizar o retorno de caixas vazias no último nível do bordo de linha, mas, pelo mesmo motivo, optou-se por criar uma linha de retorno após o nível da bancada e aproveitar os níveis superiores apenas para abastecimento, uma vez que pertencem a uma zona de fácil acesso para o operador.

No posto 1, há artigos que não podem ser abastecidos por caixas nem carro móvel, pelo que se optou por utilizar uma estante horizontal, de modo que o operador tenha a possibilidade de aceder aos materiais sem realizar grande esforço.

4.2.6. Organização e Gestão Visual

As caixas estarão localizadas no bordo de linha conforme a ordem de utilização, seguindo o fluxo de montagem, da direita para a esquerda. Desta forma, os artigos que se usam na parte inicial do processo estão localizados na parte direita do bordo de linha, enquanto os artigos a serem utilizados na parte final do processo, encontram-se o mais à esquerda possível do bordo de linha.

No bordo de linha estão disponíveis os materiais necessários para as diferentes opções dos Artigos 1 e 2. Desta forma, optou-se por utilizar caixas de cores diferentes para que o operador identificasse rapidamente aqueles que deve utilizar na ordem em que está a produzir. As caixas cinzentas dizem respeito a materiais comuns, isto é, artigos que são utilizados em todos os modelos e referências e, como tal, usados em todos ciclos. No caso dos artigos que dizem respeito apenas a uma referência, são distinguidos através de caixas amarelas e azuis. Por exemplo, no posto 1 existem duas referências para o Subconjunto 1, e os artigos que diferem entre as duas referências são distinguidos através das cores. Neste caso, o operador sabe que deve utilizar os artigos presentes em caixas cinzentas, por serem comuns às duas referências e os artigos presentes em caixas amarelas ou azuis, dependendo do tipo de referência que está a montar.

Além da etiqueta *Kanban* situada na parte traseira de cada caixa, colocou-se uma etiqueta com o código e designação do artigo na parte frontal, para que o operador também os consiga rapidamente reconhecer.

Para identificar os artigos que mudam conforme o grupo modelo, foi também utilizado um sistema de cores, sendo que os círculos pretos identificam o grupo modelo B e os círculos brancos o grupo modelo F. Nas estantes colocaram-se as posições em que devem ser abastecidos os artigos, o código e a designação, facilitando o trabalho do *mizusumashi*.

Com o intuito de reduzir o tempo de procura e promover a segurança dos operadores, todas as áreas se encontram delimitadas e identificadas. Ainda no contexto de segurança, foram adquiridos tapetes gel anti-fadiga, favorecendo o movimento ao longo do dia e promovendo o conforto.

Os benefícios da gestão visual são imensos e como tal, foram introduzidas breves instruções, designadas por *OPL (One Point Lesson)*. Estes esquemas permitem aos colaboradores mais recentes lembrar os passos básicos do posto e facilita a sua formação e integração na linha.

Além disso, construiu-se um quadro *Kaizen* que permite à equipa estabelecer os objetivos de produção diários, definir ações de melhoria e discutir problemas que consideram relevantes. Contudo, este tópico será abordado com mais detalhe no final do capítulo.

4.3. Projeto de linha para os restantes grupos de modelo

O projeto de linha para os restantes grupos modelo é idêntico ao realizado anteriormente. Apesar da procura influenciar o número de colaboradores necessários, bem como a quantidade de postos de trabalho, o processo é o idêntico, pelo que basta replicá-lo para os novos dados.

O grupo modelo D não será incluído em nenhum projeto de linha, uma vez que o processo de montagem é muito diferente dos restantes e são produzidas poucas quantidades deste produto. Embora não possa ser integrado nas linhas de montagem, será utilizada uma estação de trabalho independente, cujo objetivo é responder a estes casos de variabilidade.

Para os restantes modelos, a principal diferença reside no facto do processo de montagem ser mais simples e, como tal, a sua duração, sem desperdícios, é de apenas 245 minutos. As operações 16 e 17 diferem para os grupos modelo B e F, uma vez que são compostas por passos mais básicos e, por esse motivo, têm menor duração.

Considerando apenas os grupos modelo que serão produzidos nesta linha de montagem, observa-se que a produção anual média nos últimos dois anos foi de 2705

unidades, que corresponde a uma procura diária de 16 unidades, no caso de se considerar um aumento de 30% na procura anual.

Desta forma, a empresa deve ser capaz de produzir 1 unidade a cada 28,12 minutos, correspondente ao valor do *takt time*, e para satisfazer essa necessidade a linha de montagem deve ser composta por 9 operadores. Não será adotada a mesma estratégia dos grupos modelo B e F, uma vez que o valor obtido no cálculo do número de operadores foi de, aproximadamente, 8,7.

Estabelecidos os requisitos necessários para responder ao aumento de procura, procedeu-se ao balanceamento das operações, resultando o gráfico representado na Figura 4.7.

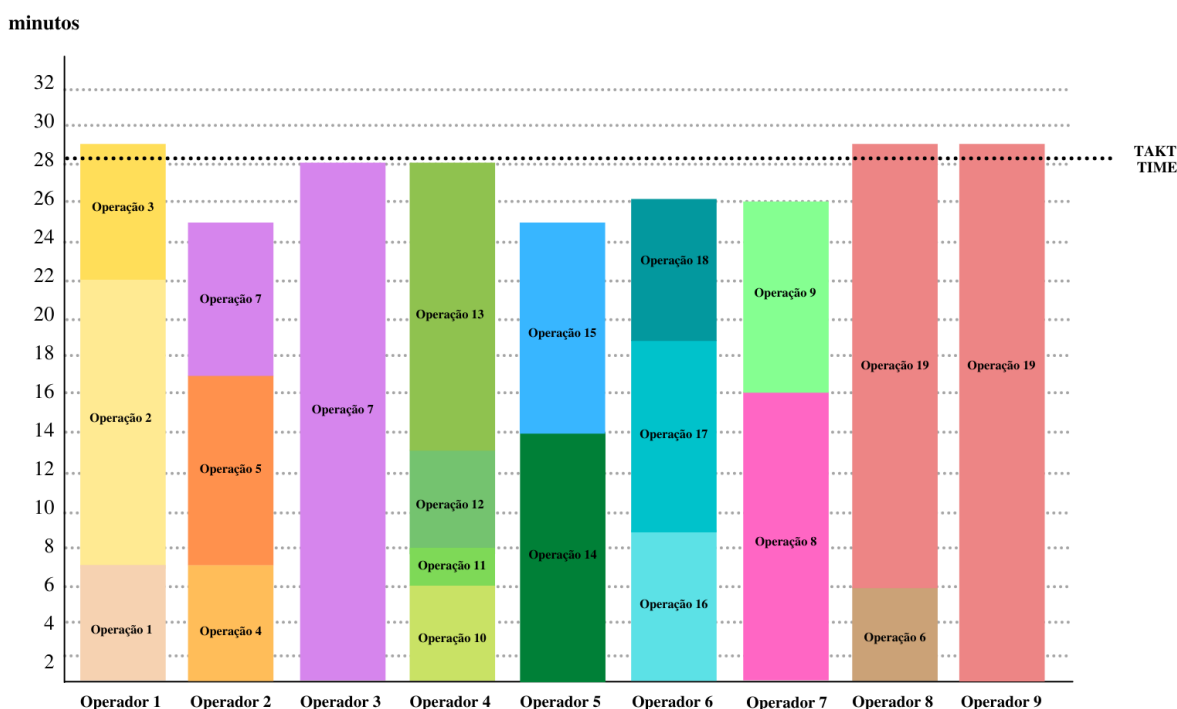


Figura 4.7. Balanceamento de operações - Grupos modelo A, C, D, E, G e H.

Até à data de conclusão dos trabalhos apresentados neste documento, a segunda linha encontrava-se ainda em fase de projeto. Contudo, a sua implementação segue o mesmo modelo da linha de montagem anterior.

Antes de serem dimensionados os postos de trabalho e os bordos de linha, deve proceder-se igualmente à implementação de uma linha de ensaio para distribuir eficazmente

os artigos pelos postos. Além disso, seria benéfico avaliar a hipótese de ter bancadas menos compridas em postos cujos artigos não são de grandes dimensões.

4.4. Acompanhamento de ações

De forma a garantir que toda a empresa está envolvida neste processo de mudança, surge a implementação de *Kaizen* Diário, uma ferramenta de suporte, que visa melhorar a comunicação a diferentes níveis: dentro da equipa, entre equipas, entre cada equipa e o seu líder e, por fim, entre a gestão intermédia e a gestão de topo. Desta forma, através de uma reunião de curta duração, todos os colaboradores podem fazer parte deste processo de mudança cultural, cumprindo assim com um dos princípios *Kaizen*: envolvimento de todos os colaboradores.

Foi apresentado o conceito, o principal objetivo, os seus benefícios e o que esta ferramenta pode oferecer. De seguida, discutiu-se a frequência desta reunião e concluiu-se que deve acontecer no início de cada turno. Assim sendo, definiram-se os elementos a incluir no quadro que serve de suporte às reuniões e os indicadores a seguir, tendo resultado os seguintes elementos:

- **Agenda:** Tem como principal objetivo, facilitar o papel do líder de *Kaizen* Diário, garantindo o cumprimento da duração da reunião e que os tópicos fundamentais são abordados; assim, devem ser mencionados nesta agenda todos os tópicos que serão percorridos durante a reunião, bem como o tempo que cada um dos tópicos deve respeitar;
- **Flash Acidentes:** Pretende criar uma consciencialização transversal dos perigos e precauções a tomar para os diversos acidentes que vão ocorrendo no chão de fábrica; é por isso, indicado neste segmento do quadro o número de dias sem acidentes, bem como os últimos acidentes registados, as causas e contra medidas criadas para o mesmo;
- **Layout:** Registo do *layout* atual referente ao espaço de trabalho da equipa; importante garantir que sempre que ocorrem melhorias que afetem diretamente o *layout* do chão de fábrica (5S), que sejam atualizadas no mapa que se encontra no quadro de equipa;

- **Registo de 5S:** Identificação das melhorias a nível de 5S que foram implementadas pela equipa; para isso é utilizado um *template* onde é inserida uma fotografia do antes, outra do depois e os resultados/impacto dessa ação no desempenho da equipa;
- **Indicadores:** importante definir que indicadores fazem sentido medir com base no trabalho desempenhado pela equipa; neste ponto é essencial apostar na gestão visual, para que sejam detetados desvios e sugeridas ações de melhoria; segundo *Deming* “não se gere o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, não há sucesso no que não se gere”;
- **Plano de Trabalho:** ferramenta chave no controlo do trabalho a realizar diariamente pela equipa; deve ser definida uma produção objetivo e em intervalos curtos existir um controlo e comparação do objetivo à produção real;
- **Plano de Ações:** este plano funciona como um ciclo *PDCA* para as equipas; nesta secção são registadas as ações que se pretende cumprir, bem como os responsáveis e as datas previstas de finalização das ações;
- **Fichas de Melhoria:** um elemento muito semelhante aos registos de 5S mas que diz respeito a todo o tipo de melhorias (processuais, *layout*, qualidade, entre outras) que são implementadas.

Para auxiliar esta implementação foi criado um Manual de Boas Práticas, onde constam todas as informações relativas à ferramenta, desde os seus objetivos, passos da implementação das reuniões, definição dos quadros de equipa e dicas para uma boa comunicação por parte dos líderes aquando da condução das suas reuniões.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

A realização da análise ABC permitiu identificar quais os modelos com maior representatividade para a empresa. Deste modo, optou-se por aplicar o plano de melhoria no modelo que revela maior valor para a empresa.

A implementação de uma linha de montagem introduziu a produção peça a peça, criando um fluxo contínuo de produção. Contrariamente à produção em lote, característica do sistema inicial, a aplicação deste conceito permite reduzir significativamente o *lead time* de produção, o *WIP* e, conseqüentemente, o *stock* na área de montagem.

Os fatores anteriormente mencionados contribuíram para a otimização de espaço na área de montagem, uma vez que não há acumulação de produto acabado e os *stocks* exigidos nos postos de trabalho são menores. Embora seja notória essa redução, não pode ser mensurada, uma vez que o inventário que a empresa detém diz respeito aos artigos existentes em todas as áreas do departamento de montagem.

No entanto, na Tabela 5.1 encontram-se alguns artigos comuns às duas linhas de montagem e utilizados, exclusivamente, no processo em estudo. Como tal, é possível comparar o *stock* no bordo de linha com o *stock* médio anterior à implementação de melhorias.

Tabela 5.1. Impacto nos níveis de *stock*

	<i>Stock</i> Anterior (unid)	Valor (€)	<i>Stock</i> Atual (unid)	Valor (€)	<i>Stock</i> Futuro (unid)	Valor (€)	Redução (%)
Artigo A	3500	5462,27	170	265,80	341	531,61	-90%
Artigo B	1793	614,37	511	175,03	1022	350,07	-43%
Artigo C	872	2584,40	68	201,91	136	403,82	-84%
Artigo D	1344	3638,37	136	368,90	272	737,82	-80%
Artigo E	3500	5462,27	170	265,80	341	531,61	-90%

Por questões de confidencialidade, os dados referentes à quantidade de *stock* e valor não correspondem a valores reais, uma vez que foi utilizado um fator de multiplicação.

O *stock* atual refere-se à quantidade existente no bordo de linha, dividido por 2 duas caixas. Para calcular a taxa de redução foram utilizados os níveis de *stock* futuro, isto é, contemplando as duas linhas de montagem e o *stock* médio, verificado no início do projeto, uma vez que este último envolve todos os modelos e não apenas os produzidos na linha de montagem implementada.

Apesar das limitações, é possível verificar reduções significativas nos cinco artigos apresentados e que são comuns às duas linhas de montagem. Contudo, para calcular o benefício total, era necessário contabilizar o *stock* dos restantes artigos.

O fluxo de produção não era possível de implementar sem o auxílio do fluxo da logística interna, pelo que a introdução do conceito de *mizusumashi* contribuiu também para a redução de *stock* e otimização de espaço.

O *layout* adotado na implementação da linha de montagem permitiu reduzir as movimentações entre postos de trabalho e promoveu o espírito de equipa e a entreajuda. Na Figura 5.1 estão representadas as movimentações dos operadores ao longo do processo de montagem de um componente.

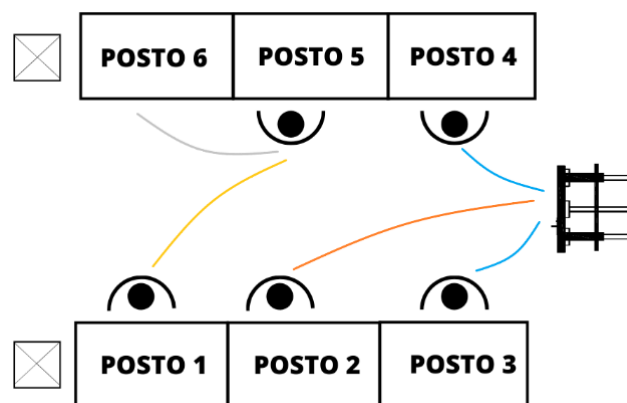


Figura 5.1. Diagrama de *spaghetti* - após implementação

Comparando este diagrama com o projetado na situação atual conclui-se que a eliminação de desperdício em movimentações é evidente. No *layout* anterior, os operadores eram obrigados a movimentar-se para recolher o produto acabado do processo anterior.

Desta forma, o *layout* em “U” permite, também, reduzir o desperdício associado ao transporte e movimentação de materiais e facilita a comunicação ao longo do processo.

O projeto privilegiou o fluxo de produção como meio facilitador para o alcance do objetivo, verificando-se resultados motivadores no que diz respeito à eliminação de desperdício. Em modo de comparação, o projeto de linha atual permitiu reduzir 215 minutos de desperdício, que corresponde a uma diminuição de 83% no que diz respeito ao valor observado nos vídeos (260 minutos).

De seguida, na Figura 5.2 é apresentado o *VSM* referente ao processo de montagem do Componente X, após a implementação das melhorias.

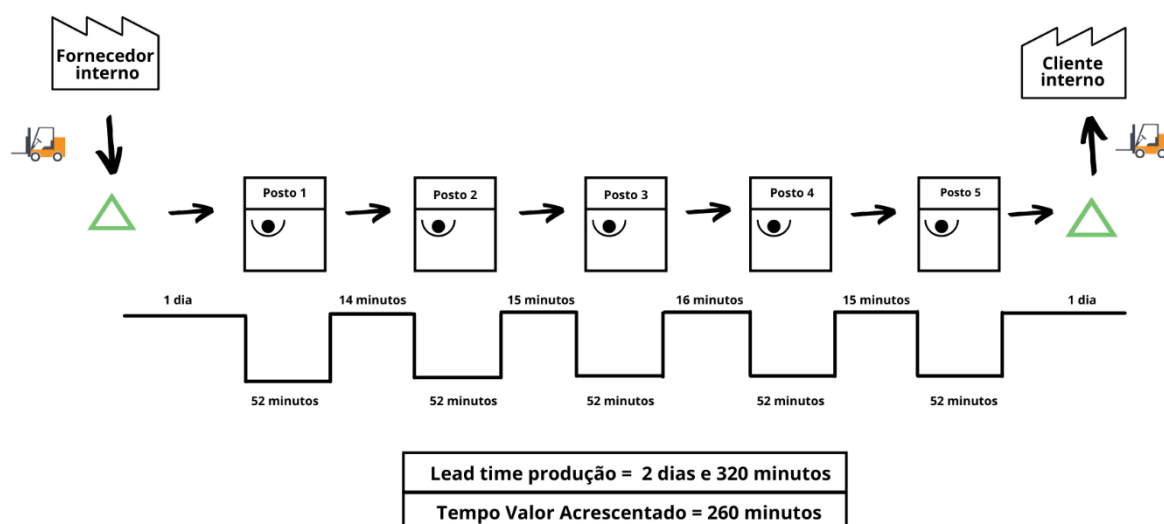


Figura 5.2. *VSM* após implementação da linha de montagem

A partir do esquema anterior verifica-se uma redução de, aproximadamente, 75% do *lead time* de produção face à situação inicial e um aumento considerável no que diz respeito à eficiência de fluxo. A eliminação de atividades que não acrescentam valor culminou no aumento da eficiência de fluxo em 220%, contudo o valor alcançado (cerca de 20%) é, ainda, reduzido. Desta forma, é importante caminhar no sentido do objetivo e excluir desperdícios inerentes ao processo de montagem.

Do aumento da eficiência de fluxo resultou numa redução significativa do *WIP* e do *lead time*. A produção peça a peça estabelece um limite de *WIP* e evita a ocorrência de gargalos ao longo do sistema.

Na Figura 5.3 é possível comparar a evolução do tempo total de montagem desde a situação inicial (540 minutos) até ao objetivo que se pretende alcançar (260 minutos).

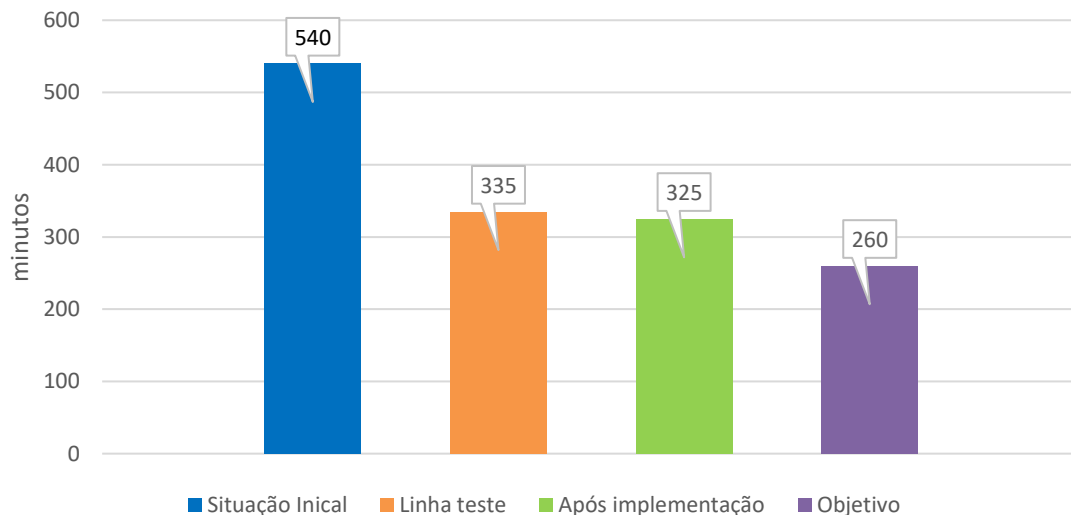


Figura 5.3. Evolução do tempo total de montagem

A implementação da linha de montagem totalizou uma diminuição de 40% do tempo de montagem e, embora se tenham obtido resultados vantajosos, é necessário que a equipa continue a esforçar-se por atingir o objetivo, e reduzir, adicionalmente, 20% do tempo de montagem atual.

A eficiência de fluxo refletiu-se também nos níveis de produtividade e, apesar da segunda linha não ter sido implementada, é possível comparar os resultados obtidos até ao momento com os dados recolhidos no início do projeto. A Figura 5.4 estabelece a comparação dos níveis de produtividade para os modelos B e F na situação inicial e após a implementação de melhorias.

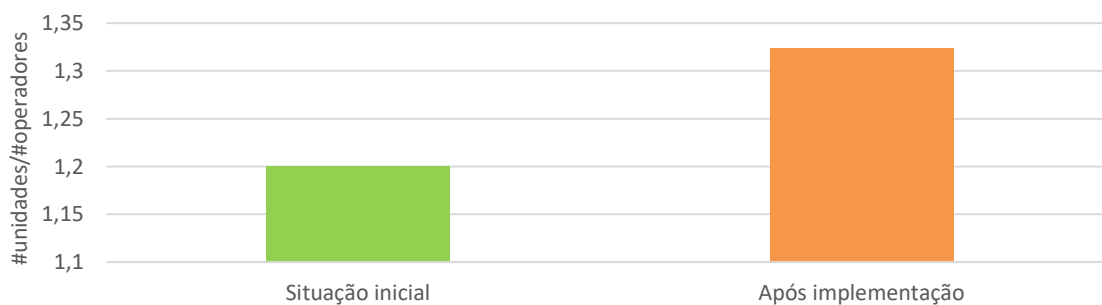


Figura 5.4. Resultados de produtividade após implementação da primeira linha de montagem

Tendo em conta apenas um turno de trabalho para ambos os casos e excluindo o *team leader* dos cálculos, é possível constatar um aumento da produtividade de, aproximadamente, 10% se se considerar uma produção diária de 12 unidades e uma equipa composta por 10 operadores na situação inicial.

A Figura 5.5 apresenta o benefício possível de alcançar com a implementação das melhorias descritas no capítulo anterior. Tendo como foco o objetivo, e presumindo que a empresa irá prosseguir nessa direção, as sugestões apresentadas indicam que 14 operadores têm a capacidade de produzir, diariamente, 24 unidades. Desta forma, é possível estimar um aumento de produtividade em 50% face ao estado inicial do sistema.

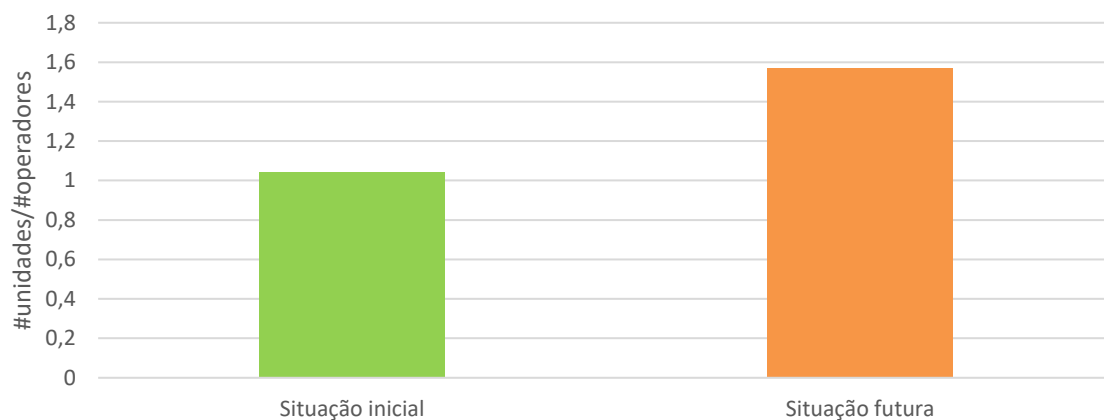


Figura 5.5. Comparação produtividade (situação inicial vs situação futura)

Para acompanhar o desenvolvimento de resultados, criou-se um indicador de produtividade que avalia a evolução do sistema. Os dados dizem respeito apenas a um turno de trabalho e o indicador é calculado através da seguinte expressão:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Quantidade produzida}}{\frac{\text{Quantidade de operadores}}{FTE}} \quad (4.5)$$

A quantidade produzida corresponde ao número de unidades de produto acabado que foi possível produzir durante um determinado período. Assim, é estabelecida a relação com a quantidade de operadores presentes na linha de montagem. O *FTE (Full Time Equivalent)* relaciona-se com a dedicação do colaborador em projetos da empresa. Este indicador é essencial na tomada de decisão e auxilia os gestores na comparação de operadores.

O gráfico presente na Figura 5.6 assinala a produtividade diária da linha de montagem calculada pela expressão anterior.

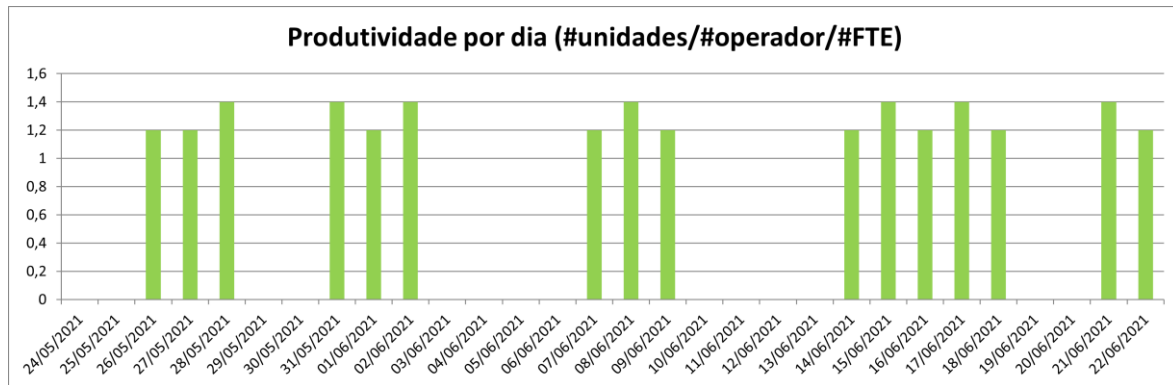


Figura 5.6. Produtividade diária

A reduzida produtividade no momento inicial da implementação esteve relacionada com o facto de o material proveniente dos primeiros postos não estar disponível no final da linha. Assim sendo, não foi possível cumprir com o objetivo de produção, pois nos primeiros ciclos não se conseguiu obter produto acabado, visto que o material não estava disponível nos últimos postos no início do ciclo. Além disso, foi necessário informar os operadores das suas funções e garantir o bom funcionamento da linha de montagem, pelo que o tempo disponível para montagem foi menor, comparando com os restantes dias.

Nos restantes dias é possível verificar oscilações na produtividade, uma vez que o tempo disponível para montagem não é o suficiente para completar a última unidade. Portanto, embora seja iniciada no turno anterior, só é terminada e contabilizada no dia seguinte.

A ausência de dados para todos os dias deve-se às faltas de material provenientes de outros departamentos da empresa, constituindo uma limitação ao projeto. Atualmente, esses departamentos encontram-se em reestruturação e afetam o processo em estudo. Contudo, é possível concluir que em condições normais, a produtividade aumentou para 1,4 unidade/operador/FTE).

6. CONCLUSÕES E PROPOSTAS FUTURAS

6.1. Conclusões

O projeto implementado surgiu da necessidade da empresa em suprir o aumento de procura e, por esse motivo, foram projetadas duas linhas de montagem para o processo menos eficiente de todo o sistema de produção. O foco neste componente decorreu do facto de ter um *lead time* elevado, consecutivas faltas de material, não conformidades e desperdícios notórios.

Uma vez que a empresa tem uma vasta oferta de modelos e não era conveniente projetar uma linha de grandes dimensões, os modelos com processos de montagem semelhantes foram agrupados. Desta forma, com a aplicação de um conjunto de ferramentas *Lean*, foram desenvolvidas duas linhas de montagem flexíveis e capazes de responder à crescente procura do mercado.

No que diz respeito à logística interna, o modelo aplicado foi sustentado nos princípios *JIT* e utilizou os métodos *Kanban* e *Junjo* no abastecimento de materiais à linha. Este foi realizado por um operador logístico, o *mizusumashi*, que garantiu a sincronização entre a logística e a produção, evitando *stocks* desmedidos na área de montagem. Embora não tenha sido possível calcular o valor total da redução, em alguns artigos verificou-se uma diminuição de 80% a 90% do *stock* existente na área de montagem.

Os resultados da implementação da primeira linha de montagem foram bastante positivos e permitiram alcançar o objetivo definido no início do projeto. A prática dos conceitos *Lean* no processo levou a uma redução de 75% do *lead time* e 40% no tempo total de montagem. Consequentemente, através da redução de desperdício e aumento da eficiência, verificou-se um aumento de 10% na produtividade.

Tratou-se de um projeto fundamentado no conceito de qualidade e, como tal, foram apresentadas soluções que proporcionam o bem-estar dos operadores e a sua participação ativa no desenvolvimento de melhorias.

Todavia, após a implementação da segunda linha de montagem e com esforço de toda a equipa para manter o processo de melhoria contínua, espera-se conseguir um aumento de produtividade de 50%.

6.2. Propostas futuras

Após o estudo realizado, o próximo passo é a implementação da linha de montagem para os restantes modelos e trabalhar no sentido de eliminar o máximo de desperdício. Como se trata de um processo complexo e com vários artigos, é crucial avaliar a sua uniformização, economizando espaço no bordo de linha e facilitando os operadores na pesquisa pelos materiais.

Apesar das vantagens documentadas, é essencial sincronizar todas as etapas que integram a produção de uma máquina e garantir um fluxo contínuo, através da implementação de ferramentas *Lean* nas restantes áreas de montagem.

Embora o foco tenha sido, essencialmente, no projeto da linha de montagem, de futuro, é necessário desenvolver um modelo de abastecimento otimizado, e redefinir o ciclo do *mizusumashi*.

No que diz respeito às metodologias aplicadas, como o *5S* e o *Standard Work*, devem continuar a ser aplicadas, pois foram relevantes no processo implementado e podem ser úteis em qualquer plano de melhoria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation : A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236.
- Coimbra, E. A. (2013). Kaizen in Logistics & Supply Chains. In *Вестник Казнму*. Mc Graw Hill.
- Dekier, L. (2012). The origins and evolution of Lean Management system. *Journal of International Studies*, 5(1), 46–51.
- Domingo, R., Alvarez, R., Peña, M. M., & Calvo, R. (2007). Materials flow improvement in a lean assembly line: A case study. *Assembly Automation*, 27(2), 141–147.
- Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 187–210.
- Gladysz, B., Santarek, K., & Lysiak, C. (2018). Dynamic spaghetti diagrams. A case study of pilot RTLS implementation. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 637, 238–248.
- Gross, J. M., & McInnis, K. R. (2003). *Kanban Made Simple Demystifying and Applying Toyota's Legendary*. American Management Association.
- Imai, M. (2005). *Praise for Gemba Kaizen*. E-McGraw Hill Education.
- Jarupathirun, S., Ciganek, A. P., Chotiwankeawmanee, T., & Kerdpitak, C. (2009). Supply Chain Efficiencies Through E-Kanban: A Case Study. *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, 19(1), 40–44.
- Jones, D., & Womack, J. (2002). *Seeing the whole mapping the extended value stream*. Lean enterprise institute.
- Kays, H. M. E., Proadhan, S., Karia, N., Karim, A. N. M., & Sharif, S. Bin. (2019). Improvement of Operational Performance through Value Stream Mapping and Yamazumi Chart: A case of Bangladeshi RMG Industry. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(4), 11977–11986.
- Kouri, I. A., Salmimaa, T. J., & Vilpola, I. H. (2008). The principles and planning process of an electronic kanban system. *Novel Algorithms and Techniques in Telecommunications, Automation and Industrial Electronics*, 99–104.
- Kovács, G. (2012). Productivity Improvement By Lean Manufacturing Philosophy. *Advanced Logistic Systems*, 6(1), 9–16.
- Lage Junior, M., & Godinho Filho, M. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production*

- Economics*, 125(1), 13–21.
- Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science*, 43(4), 546–558.
- Li, S. G., Ni, Y., Wang, X., Shi, L., & Zhu, L. J. (2012). Design of one-piece flow production system with mixed flows: A timed process flow diagram-based approach. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 25(11), 996–1010.
- Maarof, M. G., & Mahmud, F. (2016). A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. *Procedia Economics and Finance*, 35, 522–531.
- Michalska, J., & Szewieczek, D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organization. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24(2), 211–214.
- Millstein, M. A., & Martinich, J. S. (2014). Takt Time Grouping: Implementing kanban-flow manufacturing in an unbalanced, high variation cycle-time process with moving constraints. *International Journal of Production Research*, 52(23), 6863–6877.
- Nomura, J., & Takakuwa, S. (2006). Optimization of a number of containers for assembly lines: The fixed-course pick-up system. *International Journal of Simulation Modelling*, 5(4), 155–166.
- Ohno, T. (1997). O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em larga Escala. In *UnicenP* (p. 748). Productivity Press.
- Padmanabhan, V. (1997). The Bullwhip Effect in Supply Chains The Bullwhip Effect in Supply. *Sloan Management Review*, 38(3).
- Peterson, J., & Smith, R. (1998). The 5S Pocket Guide. In *The 5S Pocket Guide*. Productivity Press.
- Pienkowski, M. (2014). Waste Measurement Techniques for Lean Manufacturing Companies. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(1), 1–16.
- Pinto, P. A., Dannenbring, D. G., & Khumawala, B. M. (1983). Assembly Line Balancing With Processing Alternatives: an Application. *Management Science*, 29(7), 817–830.
- Pombal, T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Silva, F. J. G. (2019). Implementation of lean methodologies in the management of consumable materials in the maintenance workshops of an industrial company. *Procedia Manufacturing*, 38, 975–982.
- Prajogo, D. I., & Sohal, A. S. (2001). TQM and innovation: A literature review and research framework. *Technovation*, 21(9), 539–558.
[https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(00\)00070-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(00)00070-5)
- Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 11, 1035–1042.
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A., & Minkarah, I. (2006). Lean Construction: From

- Theory to Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 22(4), 168–175.
- Senderská, K., Mareš, A., & Václav, Š. (2017). Spaghetti diagram application for workers' movement analysis. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 79(1), 139–150.
- Smith, S. (2014). Muda, Muri and Mura. *ASQ Six Sigma Forum Magazine*, 13(2), 36.
- Standard, C., & Davis, D. (2000). Lean thinking for Competitive Advantage. *Automotive Manufacturing and Production*, 12(1), 1–3.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564.
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885.
- Sutherland, J., & Bennett, B. (2007). The seven deadly wastes of logistics: applying Toyota Production System principles to create logistics value. *Lehigh University Center for Value Chain Research*, 1–9.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation. In *Free Press* (Vol. 18, Issues 1–2).
- Wood, S. (1993). The Japanization of Fordism. *Economic and Industrial Democracy*, 14(4), 535–555.

ANEXO A

PLANO DE AÇÕES								
Plano de ações:						Ações planeadas		51
LIDER:						Ações realizadas		36
						% Conclusão		71%
#	Area	Ações a implementar	Responsável	Prioridade	Status	Data de criação	Data prevista de conclusão	Comentários
1	Geral	Calcular a quantidade necessária de artigos para abastecer nas caixas e definir níveis de reposição		Alta	Planeada	01/03/2021	01/abr	
2	Geral	Comprar tapetes gel para os operadores na linha		Alta	Planeada	01/03/2021	10/mai	
3	Geral	Desenhar sistema de abastecimento em caixas para os postos		Alta	Planeada	18/02/2021	10/mai	
4	Geral	Definir sistema de iluminação para a linha		Alta	Planeada	18/02/2021	14/mai	
5	Geral	Criar indicador de produtividade		Alta	Planeada	01/03/2021	10/mai	
6	Geral	Criar indicador de WIP		Alta	Planeada	01/03/2021	10/mai	
7	Geral	Criar indicador de Lead Time		Alta	Planeada	01/03/2021	10/mai	
8	Geral	Garantir Kaizen Diário da equipa da linha		Alta	Planeada	01/03/2021	14/mai	
9	Geral	Marcação no solo da linha de montagem		Alta	Planeada	01/03/2021	14/mai	
10	Geral	Marcação 5S das posições das caixas		Alta	Planeada	01/03/2021	21/mai	
11	Geral	Marcação 5S das ferramentas		Alta	Planeada	01/03/2021	21/mai	
12	Geral	Alimentação pneumática e elétrica à linha		Alta	Planeada	18/02/2021	14/mai	
13	Geral	Garantir acesso a computador para registo de outputs		Alta	Planeada	01/03/2021	10/mai	
14	Geral	Compra de TV para criar Andon (visualização ao vivo do output a verde ou vermelho)		Alta	Planeada	01/03/2021		Não relevante de momento
15	Geral	Desenvolver instruções de trabalho para os vários postos		Alta	Planeada	01/03/2021	19/abr	
16	Geral	Garantir porta documentos para colocação de instruções de trabalho		Alta	Planeada	01/03/2021	14/mai	
17	Geral	Dimensionar os supermercados		Alta	Planeada	01/03/2021	19/abr	
18	Geral	Dimensionar carrinhos para Componente X		Alta	Planeada	01/03/2021	19/abr	
19	Geral	Estudar a deslocação dos carrinhos de Componente X à zona de montagem final no menor trajeto possível		Alta	Planeada	01/03/2021	10/mai	
20	Geral	Desenvolver carrinho de limpeza e compra de produtos		Alta	Planeada	18/02/2021	14/mai	
21	Geral	Garantir zona de material residual		Alta	Planeada	01/03/2021	14/mai	
22	Geral	Garantir plano de limpeza das máquinas		Alta	Planeada	01/03/2021	10/mai	
23	Geral	Delimitar zona para paleta de NC's		Alta	Planeada	01/03/2021	14/mai	
24	Geral	Desenhar/Estruturar as bancadas de trabalho para os postos com rodízios e pés de apoio para garantir flexibilidade no layout		Alta	Planeada	18/02/2021	03/mai	
25	Posto 1	Estudar a melhoria no suporte		Alta	Planeada	18/02/2021	10/mai	
26	Posto 1	Duplicar os gabaris		Alta	Planeada	18/02/2021	10/mai	
27	Posto 3	Garantir que existe ferramenta de montagem/afinação		Alta	Planeada	18/02/2021	25/jun	
28	Posto 4	Compra de Aparafusadora		Alta	Planeada	18/02/2021	03/mai	
29	Posto 4	Estudar a possibilidade de mangueira espiral vir pronta a utilizar		Alta	Planeada	18/02/2021	19/abr	
30	Posto 4	Uniformizar parafusos		Alta	Planeada	18/02/2021	25/jun	
31	Geral	Sistema de ferramentas suspensas		Alta	Planeada	18/02/2021	14/mai	
32	Posto 3	Estudar sistema de abastecimento de artigos de grandes dimensões		Alta	Planeada	18/02/2021	19/abr	
33	Geral	Dimensionar carrinho de transporte para postos 4,5 e 6		Alta	Planeada	18/02/2021	19/abr	
34	Posto 2	Estudar mecanismo de teste		Alta	Planeada	18/02/2021	19/abr	
35	Geral	Estudar a uniformização de parafusos		Alta	Planeada	18/02/2021	25/jun	
36	Posto 1	Desenho 3D do posto		Alta	Planeada	18/02/2021	03/mai	
37	Posto 2	Desenho 3D do posto		Alta	Planeada	18/02/2021	03/mai	
38	Posto 3	Ajuste 3D do posto		Alta	Planeada	18/02/2021	03/mai	
39	Posto 4	Desenho 3D do posto		Alta	Planeada	18/02/2021	03/mai	
40	Posto 5	Desenho 3D do posto		Alta	Planeada	18/02/2021	03/mai	
41	Posto 6	Desenho 3D do posto		Alta	Planeada	18/02/2021	03/mai	
42	Geral	Implementar estações		Alta	Planeada	01/03/2021	14/mai	
43	Geral	Garantir normas visuais de passo-a-passo		Alta	Planeada	01/03/2021	14/mai	
44	Geral	Implementar bordos de linha		Alta	Planeada	01/03/2021	14/mai	
45	Geral	Redesenhar processo de teste		Alta	Planeada	18/02/2021	07/mai	
46	Geral	Pedir orçamento ponte ventosas/mecanismo de teste		Alta	Planeada	18/02/2021	04/jun	
47	Geral	Pensar no processo de etiquetagem		Alta	Planeada	03/03/2021	19/abr	
48	Geral	Definir que campos estarão presentes na etiqueta		Alta	Planeada	03/03/2021	19/abr	
49	Geral	Rever o processo de registo de ordens de fabrico		Alta	Planeada	03/03/2021	10/mai	
50	Geral	Garantir que em todos os postos, os operadores sabem o que têm que fazer: especificidades do componente a produzir		Alta	Planeada	03/03/2021	10/mai	
51	Geral	Validar/garantir que os artigos que necessitam de lavagem chegam ao armazém nesse estado		Alta	Planeada	03/03/2021	16/abr	

1) Preencher nome do Workshop e Líder
 2) Preencher Tema, Ação, Responsável
 3) Atribuir Prioridade
 4) Atualizar estado
 5) Preencher datas

- 1 Ação Planeada
- 2 Ação em Curso
- 3 Ação em Verificação
- 4 Ação Finalizada

- 1 Alta Prioridade
- 2 Média Prioridade
- 3 Baixa Prioridade

Barra de Conclusão:
 Representa %de ações implementadas

Ações Planeadas	4
Ações Realizadas	1
%Completo	25%

ANEXO B

KAIZEN DIÁRIO LINHA DE MONTAGEM

#	Tarefa	Duração	Manter	Equipa	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
1	Preenchimento presença	30 segundos							
2	Momento Segurança	60 segundos							
3	5s	2 minutos							
4	Analisar indicadores	3 minutos							
5	Distribuição de Trabalho	3 minutos							
6	Atualizar plano de ação	2 minutos							

SEQUÊNCIA DE TRABALHO

INDICADORES

NÃO TEMOS ACIDENTES HÁ

FLASH ACIDENTES

	Produto:	Produto:	Produto:	Produto:	
	Equipa:	Equipa:	Equipa:	Equipa:	Comentário
Hora					
08:00 – 09:00					
09:00 – 10:00					
10:00 – 11:00					
11:00 – 12:00					
12:00 – 13:00					
13:00 – 14:00					
14:00 – 15:00					
15:00 – 16:00					
16:00 – 17:00					
17:00 – 18:00					

#	PROBLEMA	AÇÃO	RESP	DATA PREVISTA	ESTADO

INDICADORES

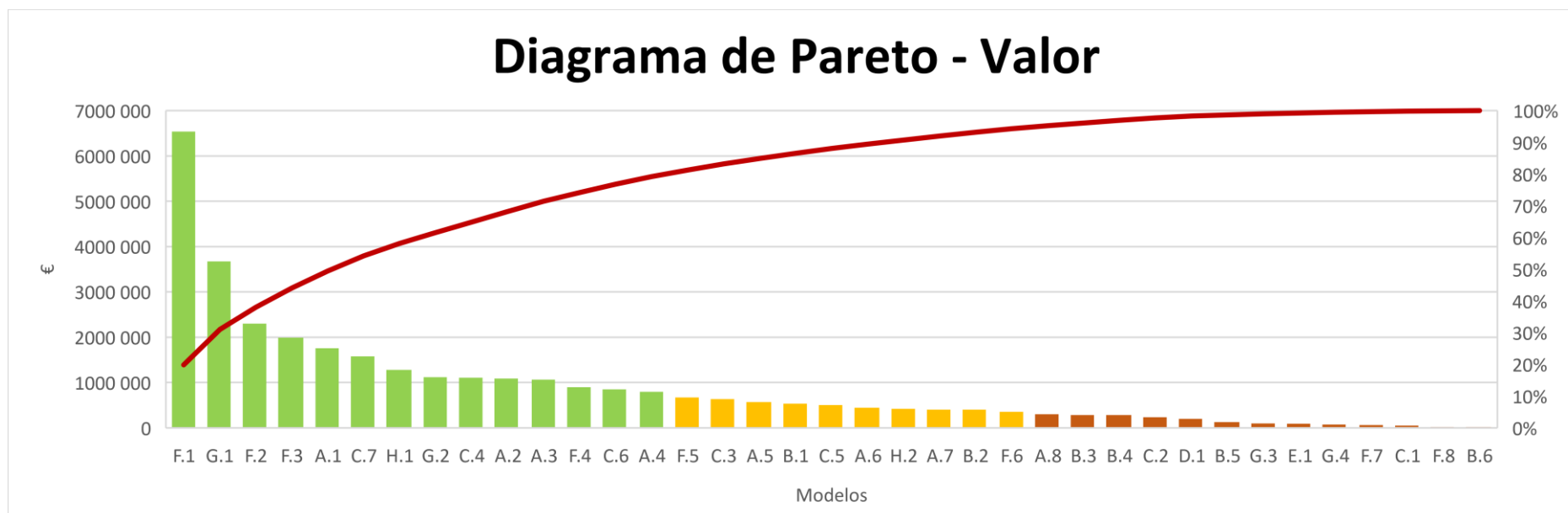
INDICADORES

LAYOUT

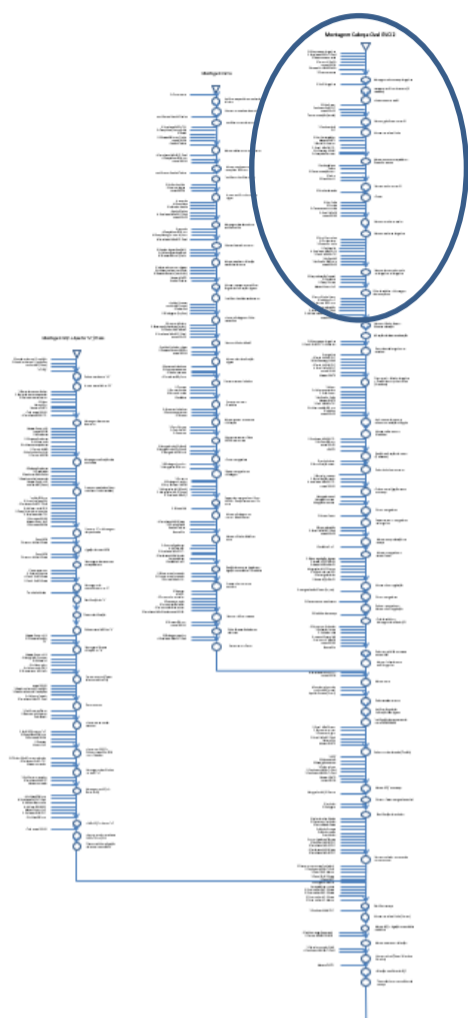
FICHAS DE MELHORIA

5S

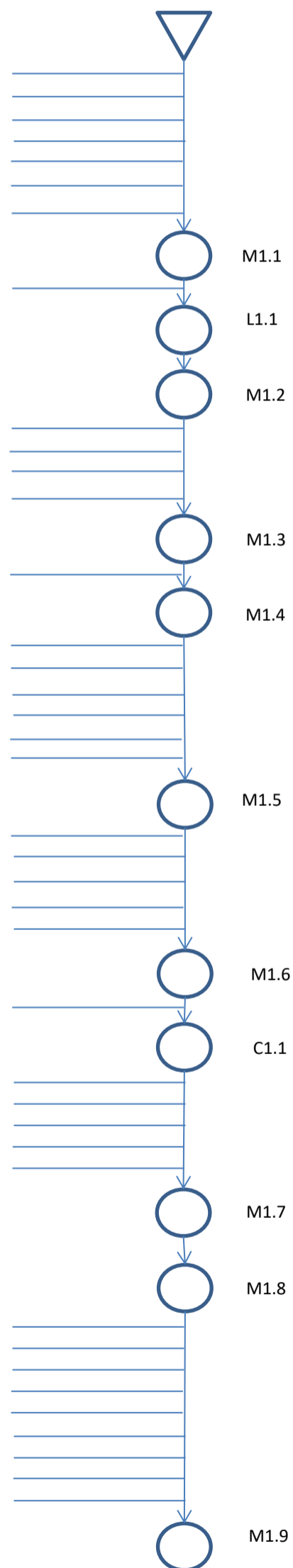
APÊNDICE A

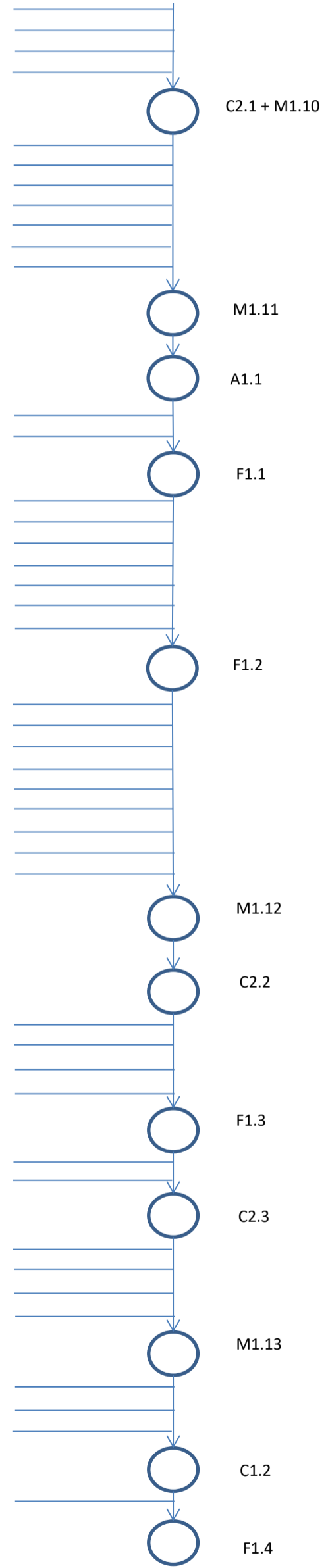
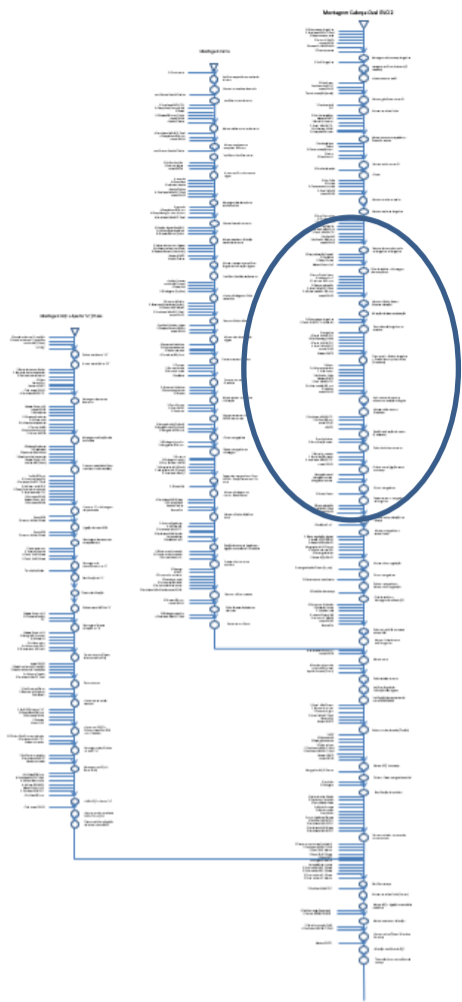


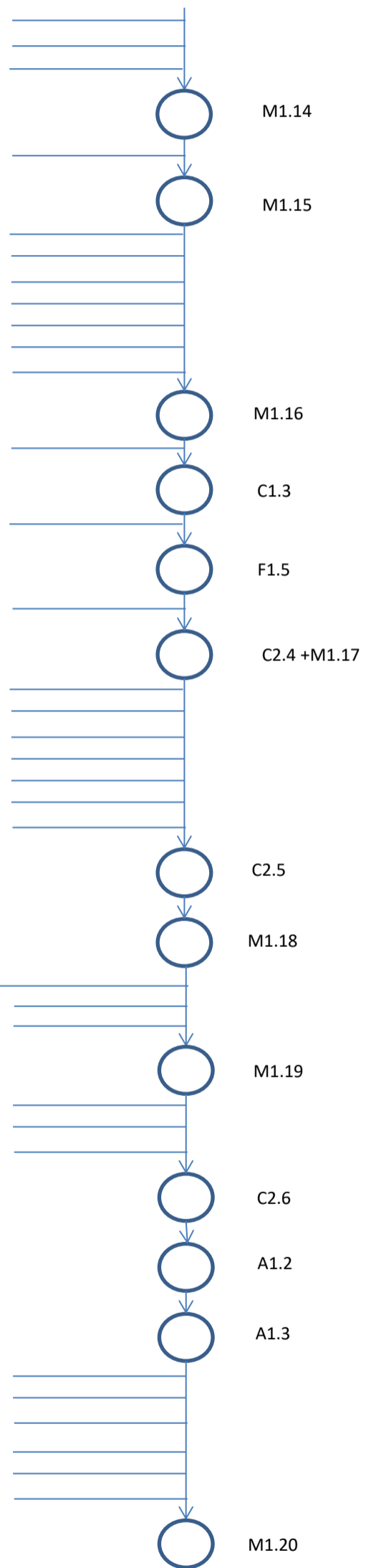
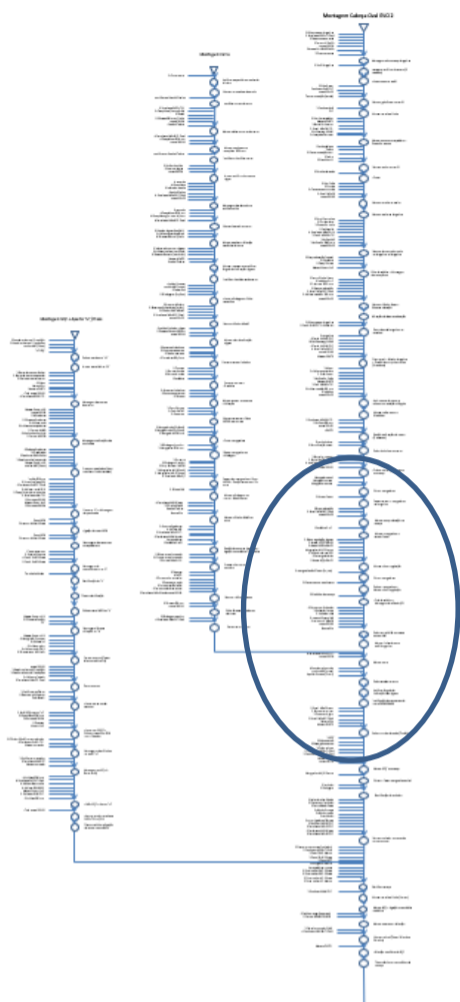
APÊNDICE B

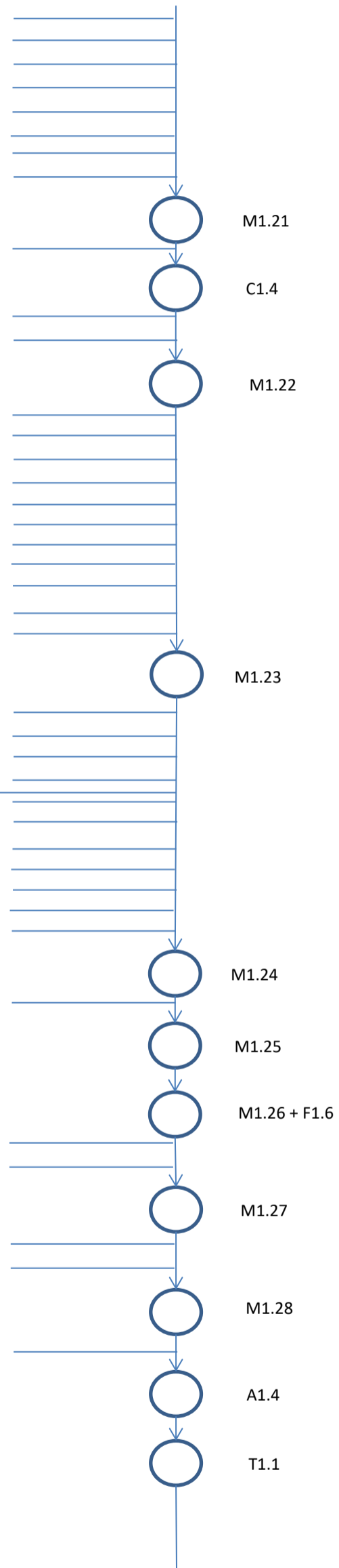
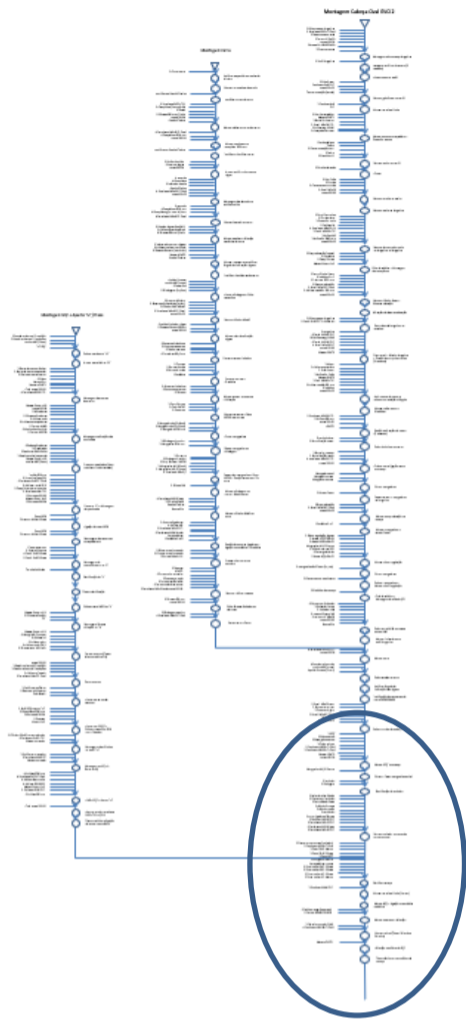


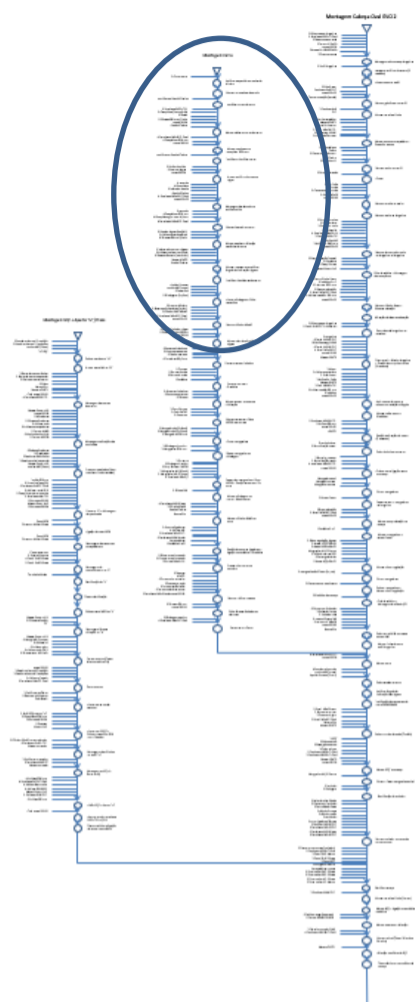
Processo de Montagem



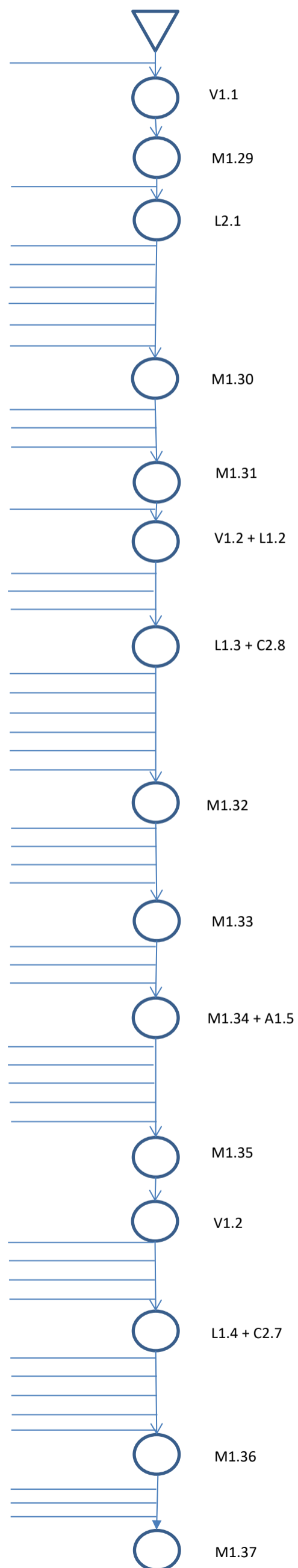


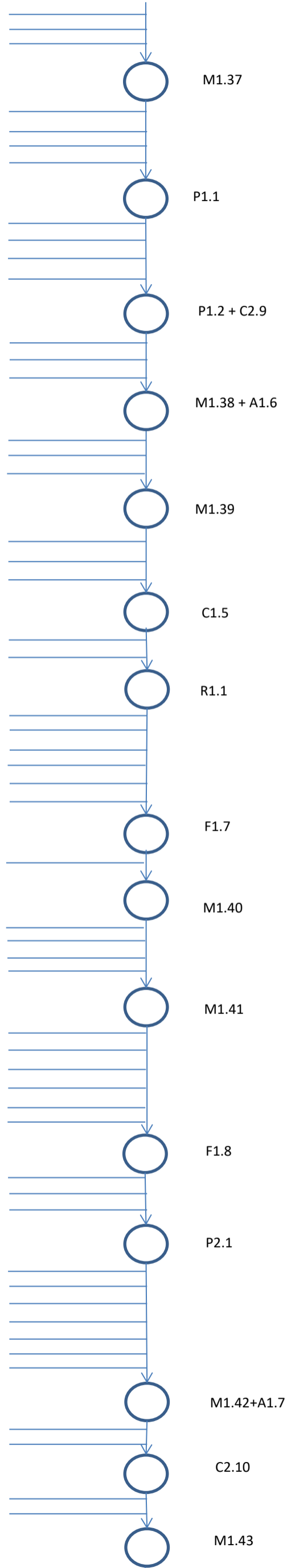
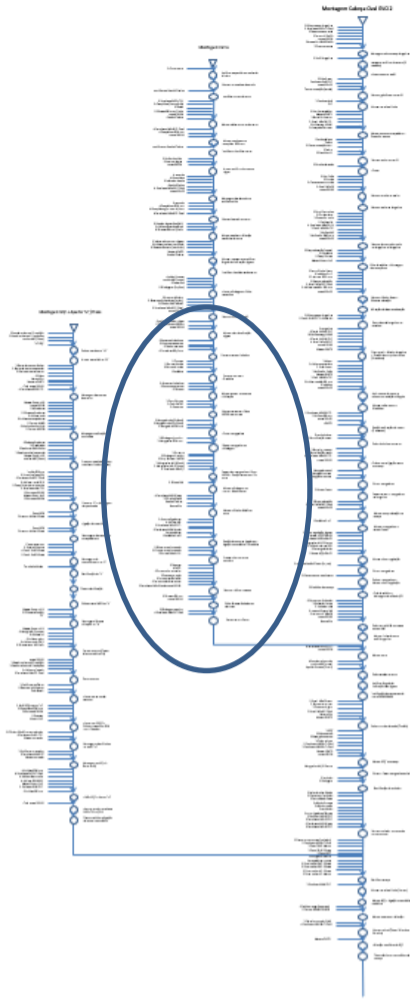




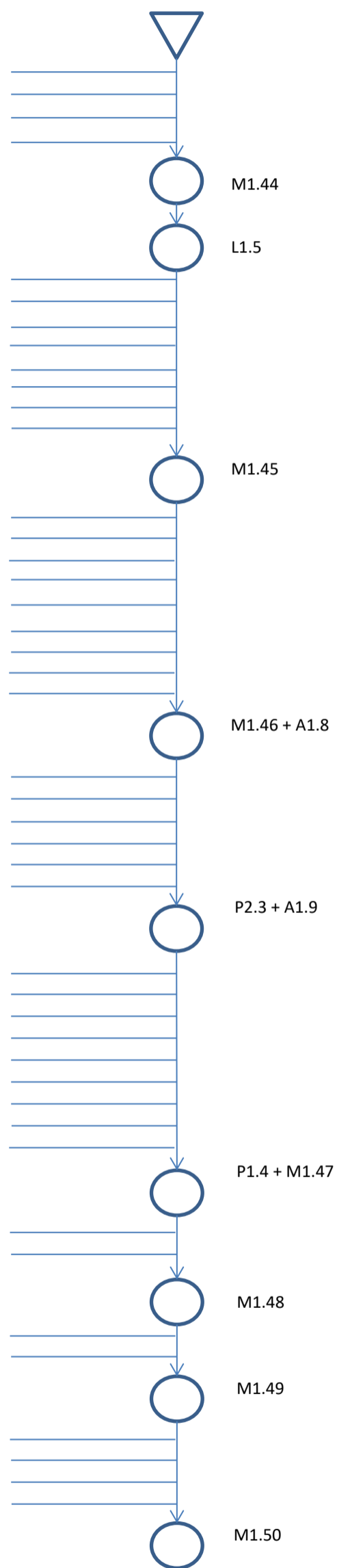
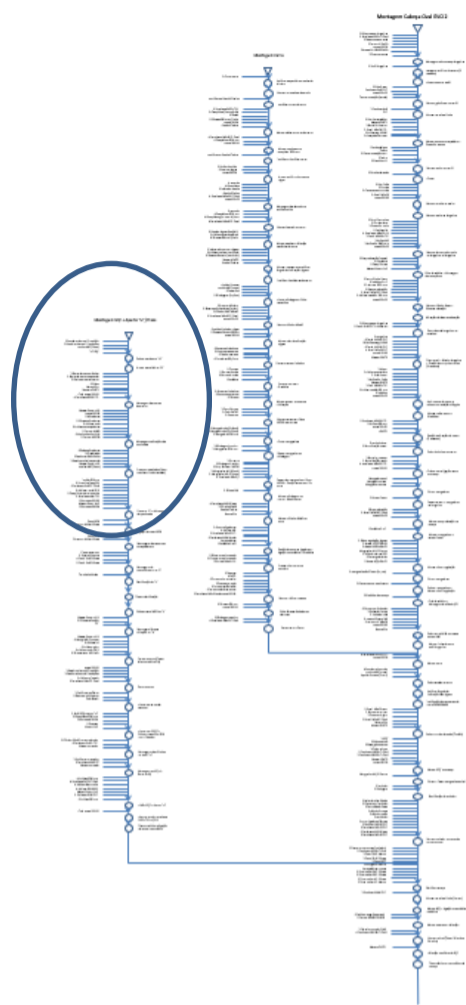


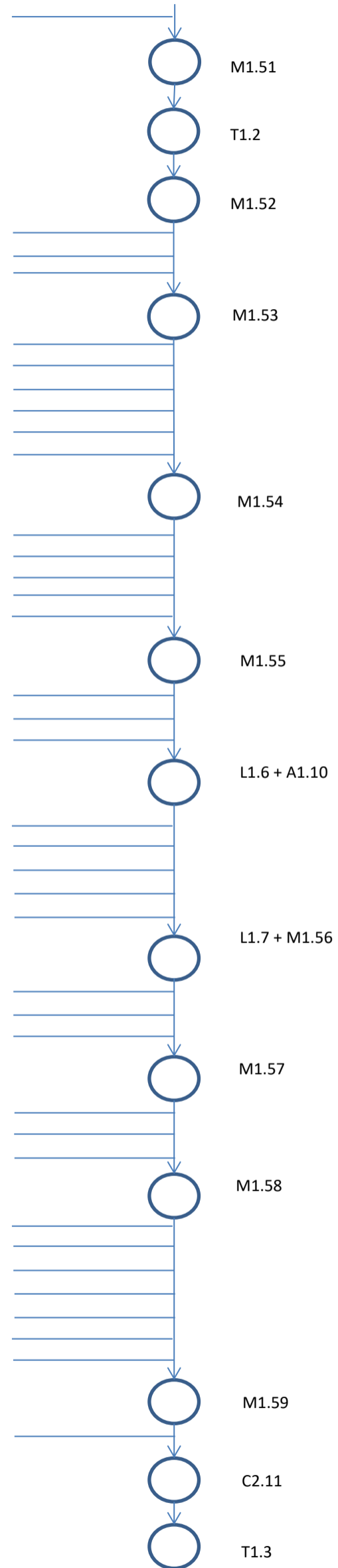
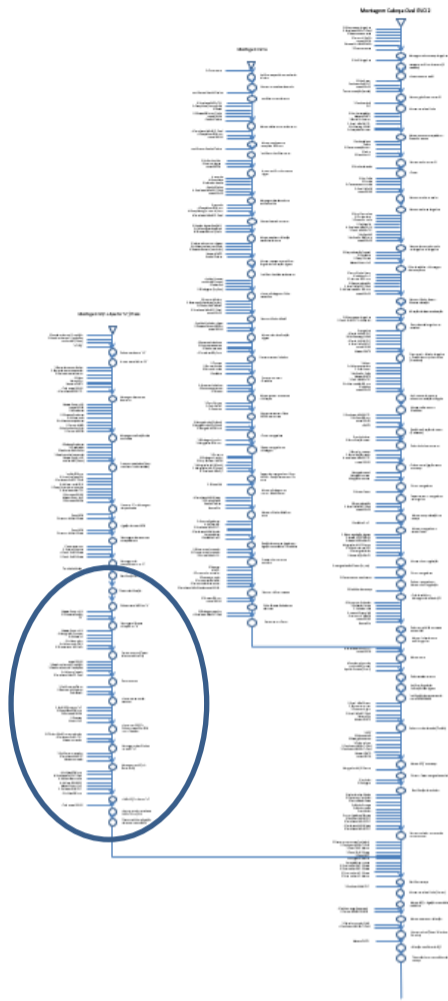
Montagem Subconjunto 2





Montagem Subconjunto 1





APÊNDICE C

Operação	Duração (min)
Operação 1	7
Operação 2	15
Operação 3	7
Operação 4	7
Operação 5	10
Operação 6	6
Operação 7	36
Operação 8	16
Operação 9	10
Operação 10	6
Operação 11	2
Operação 12	5
Operação 13	15
Operação 14	14
Operação 15	11
Operação 16	19
Operação 17	15
Operação 18	7
Operação 19	52
TOTAL	260

APÊNDICE D

Operação	Antes (min)	Depois (min)
Operação 1	7	7
Operação 2	15	20
Operação 3	7	7
Operação 4	7	10
Operação 5	10	11
Operação 6	6	6
Operação 7	36	54
Operação 8	16	16
Operação 9	10	10
Operação 10	6	7
Operação 11	2	3
Operação 12	5	10
Operação 13	15	15
Operação 14	14	30
Operação 15	11	11
Operação 16	19	27
Operação 17	15	20
Operação 18	7	10
Operação 19	52	61
Total	260	335