

Melhoria do Desempenho de uma Célula de Montagem de RGVs Através de Processo de Transformação em *Lean*

Miguel Castro Ferreira Simões Lopes

Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia e Gestão Industrial

2º ciclo de estudos

Orientador: Prof. Doutor Gerardo J. Osório

Coorientador: Eng^a. Sofia Margarida da Silva Faceira

setembro de 2025

Declaração de Integridade

Eu, *Miguel Castro Ferreira Simões Lopes*, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição *M14493* do 2º Ciclo em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridade da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã _13___ / _09___ / _2025___

Agradecimentos

A realização desta dissertação representou não só um desafio académico, mas também um crescimento pessoal e profissional, pelo que gostaria de expressar o meu profundo agradecimento a todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, para a sua concretização.

Ao meu orientador, Prof. Doutor Gerardo J. Osório, expresso o meu sincero agradecimento pelo acompanhamento constante, pelas orientações técnicas e científicas, e pela disponibilidade demonstrada ao longo de todo o processo. O seu contributo foi essencial para o desenvolvimento e finalização deste trabalho.

À empresa KÖRBER, agradeço pela oportunidade de realizar o Estágio Curricular e pela confiança depositada em mim. Um agradecimento especial aos meus Coorientadores na empresa, o Eng. João Ribeiro e Eng^a. Sofia Faceira, pelo acompanhamento próximo, pela partilha de conhecimento e pelo apoio contínuo ao longo de todo o Estágio Curricular.

À Universidade da Beira Interior e ao curso de Engenharia e Gestão Industrial, agradeço a formação sólida que me proporcionaram, bem como as ferramentas teóricas e práticas que sustentaram este trabalho.

Aos colaboradores e responsáveis da KÖRBER, em especial às equipas de Engenharia Industrial, Logística, Produção e Qualidade, deixo o meu reconhecimento pela colaboração, disponibilidade e pelo ambiente de trabalho construtivo.

Aos meus colegas de curso, amigos e, sobretudo, à minha família, deixo uma palavra de gratidão pelo incentivo constante, pela paciência e por estarem sempre presentes, mesmo nos momentos mais exigentes deste percurso.

A todos, o meu muito obrigado.

Abstract

The concept of Lean Manufacturing has been widely applied in industry, based on principles such as continuous improvement, continuous flow and the pull system, offering significant gains in efficiency. This report describes the internship carried out at the KÖRBER company, focused on improving the performance of a Railed Guided Vehicles (RGVs) assembly cell through the application of Lean tools.

Initially, an analysis of the company and its production chain was carried out, identifying challenges and opportunities. This was followed by the application of the DMAIC cycle, complemented by tools such as VSM, 5S, Kaizen and Kanban. In the measurement phase, data collection revealed operational imbalances and the formation of WIP at electrical assembly stations, with cycle times exceeding Takt Time.

Analysis using Pareto and Ishikawa diagrams led to the implementation of structural improvements: reconfiguring the layout, redistributing tasks and optimizing material handling. At an organizational level, the 6S methodology was introduced, with regular audits, and the Kanban system was revised, correcting flaws in the identification of consumables.

The new sequence of tasks, combined with operator training, made it possible to balance cycle times, reduce waste and improve flow. The future VSM shows a significant reduction in Lead Time, and further improvements are proposed, such as the merging of stations, a buffer station and multi-skilled operator training.

Keywords

Lean; Value stream mapping; Kaizen; 5S; Kanban; Continuous improvement.

Resumo

O conceito de Lean Manufacturing tem sido amplamente aplicado na indústria, baseado em princípios como melhoria contínua, fluxo contínuo e sistema pull, oferecendo ganhos significativos de eficiência. Este relatório descreve o estágio realizado na empresa KÖRBER, focado na melhoria do desempenho de uma célula de montagem de Railed Guided Vehicles (RGVs) através da aplicação de ferramentas Lean.

Foi inicialmente realizada uma análise da empresa e da sua cadeia de produção, identificando desafios e oportunidades. Seguiu-se a aplicação do ciclo DMAIC, complementado com ferramentas como VSM, 5S, Kaizen e Kanban. Na fase de medição, a recolha de dados revelou desequilíbrios operacionais e formação de WIP nos postos de montagem elétrica, com tempos de ciclo superiores ao Takt Time.

A análise com diagramas de Pareto e Ishikawa levou à implementação de melhorias estruturais: reconfiguração do layout, redistribuição de tarefas e otimização da movimentação de materiais. A nível organizacional, foi introduzida a metodologia 6S, com auditorias regulares, e revisto o sistema de Kanban, corrigindo falhas na identificação de consumíveis.

A nova sequência de tarefas, associada à formação dos operadores, permitiu equilibrar os tempos de ciclo, reduzir desperdícios e melhorar o fluxo. O VSM futuro demonstra uma redução significativa do Lead Time, e são ainda propostas melhorias adicionais, como a junção de postos, um posto de buffer e formação polivalente dos operadores.

Palavras-chave

Lean; Value stream mapping; Kaizen; 5S; Kanban; Melhoria contínua.

Índice

Agradecimentos	v
Abstract.....	vii
Keywords.....	vii
Resumo	viii
Palavras-chave	viii
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 Enquadramento do Trabalho Desenvolvido.....	1
1.2 Caracterização da Empresa.....	2
1.3 Caracterização do Setor	2
1.3.1 Setor de Engenharia e Técnicas Afins.....	3
1.3.2 Setor de Outras Instalações em Construções	4
1.3.3 Setor de Instalação de Máquinas e de Equipamentos Industriais	4
1.3.4 Setor de Fabricação de Equipamentos de Elevação e Movimentação.....	5
1.4 Motivações	6
1.5 Objetivos e Contribuições	7
1.6 Metodologia e Material Utilizado	7
1.7 Organização da Dissertação.....	8
Capítulo 2 – Enquadramento Teórico	10
2.1 Implementação	10
2.2 <i>Value Stream Mapping</i>	11
2.3 <i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke - 5S</i>	13
2.4 Filosofia <i>Kaizen</i>	14
2.5 <i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>	15
2.6 Sistema <i>Kanban</i>	16
2.6.1 Sistema <i>e-Kanban</i>	16
Capítulo 3 – Acompanhamento dos Departamentos	19
3.1. <i>Define</i> – Análise SWOT	19
3.2. <i>Measure</i>	21
3.3. <i>Analyze</i>	26
3.4. <i>Improve</i> – Propostas de melhoria.....	26
Capítulo 4 – Implementação da Nova Sequência de Tarefas e Análise de Resultados	37
Conclusões	45
Bibliografia.....	47

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Organograma da Körber AG	3
Figura 2.1 – Sistema Kanban (Ballé, 2020).....	17
Figura 3.1 - VSM atual do processo em versão macro	27
Figura 3.2 - VSM atual do processo em versão micro	28
Figura 3.3 – Resultado do diagrama de Pareto no VSM atual	29
Figura 3.4 - Diagrama de Ishikawa da montagem elétrica.....	29
Figura 3.5 - Impedimento do equipamento de segurança.....	31
Figura 3.6 - Cintas da ponte mal armazenadas	31
Figura 3.7 - Material de outros postos e setores de montagem armazenados no posto dos RGVs	31
Figura 3.8 - Material de projetos adiados presente	31
Figura 3.9 - Layout atual.....	33
Figura 3.10 - Layout proposto.....	33
Figura 3.11 - VSM futuro do processo em estudo	35
Figura 4.1 – Estado atual do processo	37
Figura 4.2 – Output do VSM futuro	37
Figura 4.3 – Resultados após a implementação das propostas de melhoria	38
Figura 4.4 – Tempo de ciclo real de cada workstation	39
Figura 4.5 - Layout atual.....	39
Figura 4.6 - Novo layout	40
Figura 4.7 - Novo layout proposto	42

Lista de Tabelas

Tabela 1.1 - Distribuição do número de empresas registradas na área de Engenharias e Técnicas Afins entre os anos de 2019 a 2023	4
Tabela 1.2 - Distribuição do número de empresas registradas na área Outras Construções em Instalações entre os anos de 2019 a 2023	4
Tabela 1.3 - Distribuição do número de empresas registradas na área de Instalação de Máquinas e Equipamentos Industriais entre os anos de 2019 a 2023	6
Tabela 1.4 - Distribuição do número de empresas registradas na área da Fabricação de Equipamentos de Elevação e Movimentação entre os anos de 2019 a 2023.....	6
Tabela 2.1 – Implementação da filosofia Lean	11
Tabela 2.2 - Simbologia VSM atual.....	12
Tabela 2.3 - Simbologia VSM futuro.....	13
Tabela 2.4 – Resumo das características da metodologia 5S	14
Tabela 3.1 - Simbologia para os desperdícios encontrados	21
Tabela 3.2 - Atividades de pré-montagem.....	22
Tabela 3.3 - Valor das atividades de pré-montagem	22
Tabela 3.4 - Atividades de montagem mecânica	23
Tabela 3.5 - Valor das atividades de montagem mecânica	23
Tabela 3.6 - Atividades de montagem elétrica.....	24
Tabela 3.7 - Valor das atividades de montagem elétrica	24
Tabela 3.8 - Atividades de teste	25
Tabela 3.9 - Valor das atividades de teste.....	25
Tabela 3.10 - Observações e ações realizadas com a aplicação da metodologia 6S.....	32
Tabela 3.11 - Implementação da nova sequência de tarefas	32
Tabela 4.1 - Custos e inatividade atuais	40
Tabela 4.2 - Custos e inatividade da nova sequência de tarefas	40
Tabela 4.3 - Sequência de tarefas das workstations 1+2	42
Tabela 4.4 - Sequência de tarefas da workstation 3	43
Tabela 4.5 - Sequência de tarefas da workstation 4	43
Tabela 4.6 - Tabela de custos e de inatividade da melhoria proposta.....	43

Lista de Abreviaturas

5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke</i>
6S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke, Safety</i>
BdP	Banco de Portugal
BOM	<i>Bill of Materials</i> (Lista de Materiais)
CAE	Classificação das Atividades Económicas
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
DVSM	<i>Digital Value Stream Mapping</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FIFO	<i>First In, First Out</i>
FTE	<i>Full-Time Equivalent</i> (Equivalente a tempo inteiro)
IoT	<i>Internet of Things</i>
IVSM	<i>Integrated Value Stream Mapping</i>
JIT	<i>Just-In-Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> (Indicador-chave de desempenho)
PME	Pequenas-Médias Empresa
R&D	<i>Research and Development</i> (Investigação e Desenvolvimento)
RGV	<i>Rail Guided Vehicle</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
SWOT	<i>Strengths, Weakness, Opportunities, and Threats</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work In Progress</i> (Inventário em processo)

Capítulo 1 – Introdução

A introdução de ferramentas *Lean* no setor industrial é considerada uma abordagem estratégica na otimização de processos, redução de desperdícios e aumento da eficiência operacional. Esta filosofia está fundamentada em diversos princípios, como o foco no cliente, o mapeamento e melhoria do fluxo de valor, a criação de processos flexíveis, e a procura da perfeição através de estratégias de melhoria contínua (Deshmukh *et al.*, 2022). Atualmente, a adoção de estratégias *Lean* na indústria tem vindo a aumentar devido às suas vantagens e auxílio na evolução de empresas. Com o passar dos anos, a KÖRBER decidiu optar pela implementação desta metodologia e as suas ferramentas em diversos processos de produção principais e auxiliares.

1.1 Enquadramento do Trabalho Desenvolvido

No contexto atual da indústria moderna, onde a eficiência operacional, a flexibilidade produtiva e a eliminação de desperdícios são pilares fundamentais da competitividade, as organizações procuram adaptar-se a modelos produtivos mais ágeis e orientados para a melhoria contínua. Neste cenário, a adoção dos princípios do *Lean Manufacturing* tem-se consolidado como uma estratégia central na transformação de processos produtivos, promovendo a criação de valor com a minimização de recursos (Kumar *et al.*, 2022).

A empresa KÖRBER, integrada no setor da automação industrial e tecnologia de movimentação, encontra-se alinhada com os desafios da Indústria 4.0, procurando aplicar metodologias *Lean* para aumentar a eficiência das suas operações. A célula de montagem de *Rail Guided Vehicles* (RGVs), foco deste trabalho, apresentava um conjunto de problemas operacionais identificados através da observação direta no terreno, incluindo desbalanceamento entre postos de trabalho, tempos de ciclo excessivos face ao *Takt Time* previsto, e acumulação de inventário em processo (WIP).

Adicionalmente, foram identificadas diversas ineficiências logísticas e organizacionais, como o uso pouco eficiente de pontes rolantes para movimentação de material, falhas no sistema de Kanban, e um ambiente de trabalho com problemas de organização e segurança, contrariando os princípios básicos do (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke, Safety*) 6S. Estas observações revelaram a necessidade urgente de uma intervenção estruturada, que permitisse repensar o layout da célula, reorganizar tarefas e implementar práticas de melhoria contínua.

Neste sentido, o presente trabalho insere-se num esforço mais amplo de transformação *Lean*, propondo-se a aplicar ferramentas como o *Value Stream Mapping* (VSM), o *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*, (5S), *Kaizen*, e a metodologia *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* (DMAIC), com o intuito de identificar e mitigar os desperdícios, reequilibrar o sistema de produção, e alinhar o fluxo produtivo com os objetivos estratégicos da empresa. Através da recolha exaustiva de dados, análise crítica e envolvimento das equipas operacionais, pretendeu-se contribuir para um modelo de produção mais robusto, eficiente e sustentável.

1.2 Caracterização da Empresa

A KÖRBER é um grupo internacional de tecnologia com mais de 12000 colaboradores, distribuídos por mais de 100 localidades diferentes. Fundada em 1946 por Kurt A. Körber em Hamburgo, Alemanha (onde está atualmente sediada), a organização sempre se focou na inovação tecnológica e fabricação de máquinas especializadas, o que permitiu a sua rápida evolução, tornando-se num grupo diversificado em tecnologia e inovação.

Com o passar das décadas, a KÖRBER expandiu a sua atuação para diversas áreas industriais, incluindo a área de automação, a área farmacêutica, a área de gestão de cadeias de abastecimento e a área de soluções digitais. A empresa é reconhecida pelo seu investimento em tecnologias pioneiras, o desenvolvimento de ecossistemas integrados e o seu compromisso de responsabilidade social. O foco da KÖRBER consiste em oferecer soluções inovadoras de acordo com as necessidades dos seus clientes e parceiros, com atividades diversas, desde a automação de processos e desenvolvimento de software até soluções logísticas e produção industrial (Körber AG, 2024). Na Figura 1.1 sumariza-se o organograma da empresa, caracterizada pelos diversos departamentos, numa estrutura integralmente integrada

1.3 Caracterização do Setor

A KÖRBER está introduzida em vários setores, com distintas classificações de atividade económica (CAE), sendo estes o setor de Atividades de Engenharia e técnicas afins (CAE71120), o setor de Outras instalações em construções (43290), o setor de Instalação de máquinas e de equipamentos industriais (CAE 33200) e o setor de Fabricação de equipamentos de elevação e movimentação (CAE 28222) (Körber AG, 2024), (Portugal, 2024).

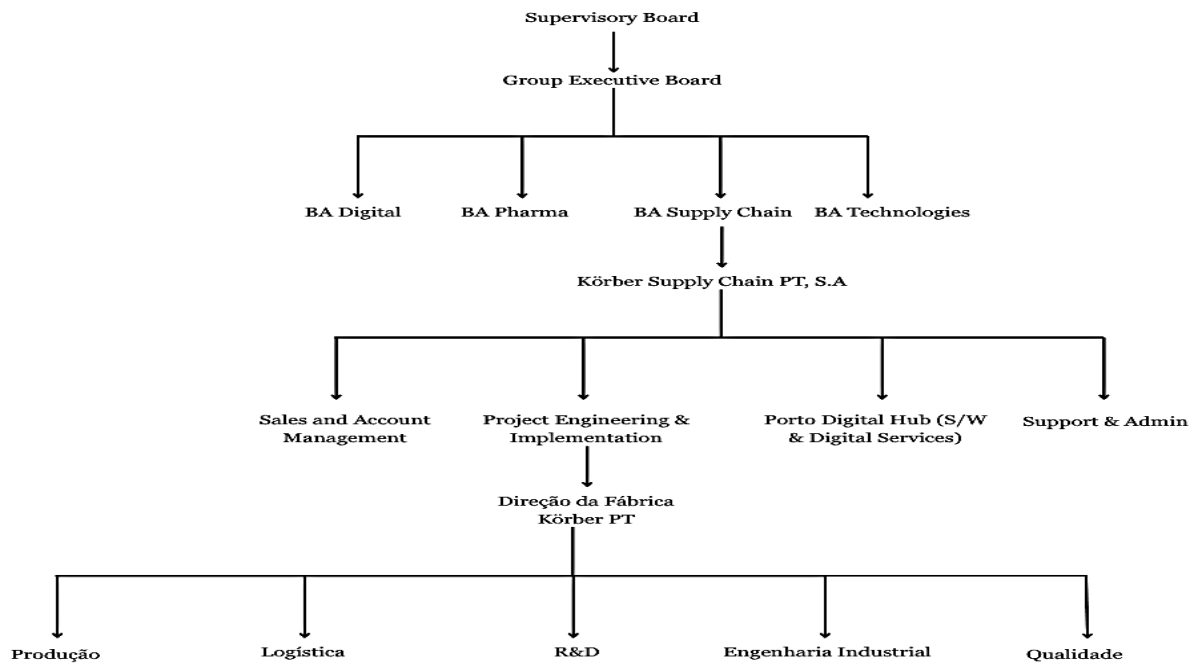


Figura 1.1 - Organograma da Körber AG

1.3.1 Setor de Engenharia e Técnicas Afins

O setor de Atividades de engenharia e técnicas afins (CAE 71120) em Portugal é caracterizado pela prestação de serviços especializados de engenharia e consultoria técnica. Este setor abrange uma ampla gama de atividades, incluindo design, desenvolvimento de projetos, gestão de obras e suporte técnico em diferentes indústrias, como construção, energia e manufatura (Portugal, 2024).

As empresas neste segmento têm um papel fundamental na inovação e na implementação de soluções técnicas avançadas, muitas vezes atuando como parceiros estratégicos para indústrias de grande porte. Segundo o BdP, este setor contribui significativamente para a economia nacional, especialmente em regiões onde a atividade industrial é predominante.

Este é marcado por uma forte presença de pequenas e médias empresas (PMEs), mas também inclui grandes empresas que lideram projetos de alta complexidade técnica. Além disso, o setor beneficia do investimento contínuo em tecnologia e formação, promovendo a digitalização e a transição para práticas mais sustentáveis. Na Tabela 1.1 apresenta-se a evolução do número de empresas registadas no setor das engenharias e técnicas afins entre os anos de 2019 a 2023.

Tabela 1.1 - Distribuição do número de empresas registadas na área de Engenharias e Técnicas Afins entre os anos de 2019 a 2023

Ano	2019	2020	2021	2022	2023
Nº de empresas	5801	6012	6229	6489	6653

1.3.2 Setor de Outras Instalações em Construções

O setor de Outras Instalações em Construções (CAE 43290) está inserido no segmento da construção em Portugal e abrange atividades especializadas como instalações elétricas, de sistemas de climatização, redes de comunicação, entre outras. Esse segmento desempenha um papel crucial no suporte a projetos de construção e reabilitação, contribuindo para a funcionalidade e a eficiência dos edifícios ([Portugal, 2024](#)).

De acordo com o BdP, as atividades relacionadas à construção representavam uma parcela significativa das empresas não financeiras em Portugal. Em 2017, o setor de construção como um todo respondia por 10% das empresas nacionais, empregando cerca de 9% da força de trabalho e gerando aproximadamente 5% do volume de negócios do país. Dentro deste contexto, o setor de outras instalações é caracterizado por sua predominância de micro e pequenas empresas, que atendem tanto as procuras residenciais quanto industriais. Na Tabela 1.2 é apresentado a evolução das empresas na área de Outras Instalações em Construções, registadas em Portugal, entre os anos de 2019 a 2023.

1.3.3 Setor de Instalação de Máquinas e de Equipamentos Industriais

O setor de Instalação de Máquinas e Equipamentos Industriais (CAE 33200) desempenha um papel estratégico na economia portuguesa, especialmente em atividades de suporte à industrialização e modernização de processos produtivos. Este setor abrange a instalação especializada de maquinaria e equipamentos em diversos contextos industriais, como fábricas, refinarias, e complexos industriais, além de sistemas de automação, controlo de processos, e equipamentos especializados ([Portugal, 2024](#)).

Tabela 1.2 - Distribuição do número de empresas registadas na área Outras Construções em Instalações entre os anos de 2019 a 2023

Ano	2019	2020	2021	2022	2023
Nº de empresas	904	923	940	971	990

De acordo com as estatísticas econômicas, este segmento do setor económico é caracterizado por:

- Um número significativo de PMEs, com participação crescente no mercado.
- Contribuições importantes para a modernização industrial e adoção de tecnologias avançadas, sendo uma ponte para a transição para a Indústria 4.0.
- Envolvimento em projetos que requerem alta especialização técnica, como montagem de sistemas de produção automatizados e adaptação de equipamentos para eficiência energética.

Este setor está diretamente ligado à transformação digital das indústrias em Portugal, promovendo a eficiência operacional e a competitividade internacional. Na Tabela 1.3 é apresentado a evolução das empresas registadas na área Instalação de Máquinas e Equipamentos Industriais entre os anos de 2019 a 2023.

1.3.4 Setor de Fabricação de Equipamentos de Elevação e Movimentação

O setor de Fabricação de Equipamentos de Elevação e de Movimentação (CAE 28222) em Portugal é caracterizado por atividades que abrangem o design, a produção e a instalação de equipamentos utilizados em operações de movimentação de cargas, tanto em ambientes industriais quanto logísticos.

Exemplos típicos de produtos incluem guindastes, empilhadores, pórticos, elevadores e manipuladores industriais (Portugal, 2024). Este setor tem uma base significativa de empresas especializadas, muitas delas com sede nas regiões Norte e Centro do país, como Porto, Leiria e Aveiro. A maioria das empresas são pequenas e médias, mas há também empresas maiores que atuam globalmente.

Essas empresas são reconhecidas pela aplicação de tecnologias avançadas, com foco crescente em automação e eficiência energética, alinhando-se às exigências da Indústria 4.0. Além de apoiar a modernização industrial, o setor contribui para a exportação de equipamentos especializados, fortalecendo a presença de Portugal no mercado internacional. Ele também desempenha um papel fundamental em setores complementares, como construção, logística e metalomecânica. Na Tabela 1.4 é exposto a distribuição das empresas registadas no setor, entre os anos de 2019 a 2023 em Portugal.

Tabela 1.3 - Distribuição do número de empresas registadas na área de Instalação de Máquinas e Equipamentos Industriais entre os anos de 2019 a 2023

Ano	2019	2020	2021	2022	2023
Nº de empresas	464	481	495	516	528

Tabela 1.4 - Distribuição do número de empresas registadas na área da Fabricação de Equipamentos de Elevação e Movimentação entre os anos de 2019 a 2023

Ano	2019	2020	2021	2022	2023
Nº de empresas	45	47	48	51	52

1.4 Motivações

A motivação para a realização deste trabalho surge da necessidade crescente das empresas industriais se adaptarem a um mercado cada vez mais competitivo, onde a eficiência operacional, a flexibilidade produtiva e a eliminação de desperdícios são fatores determinantes para a sustentabilidade e o sucesso a longo prazo (Manikandan *et al.*, 2024). A filosofia *Lean Manufacturing*, com o seu enfoque na melhoria contínua e na maximização de valor para o cliente, apresenta-se como uma resposta eficaz a estes desafios, especialmente em ambientes de produção complexos como o da empresa KÖRBER (Hardcopf *et al.*, 2021).

A escolha de desenvolver este projeto numa célula de montagem de RGVs prende-se com o interesse pessoal e profissional em aplicar, de forma prática, os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia e Gestão Industrial. Esta célula representa um microcosmo dos desafios típicos da indústria moderna, combinando operações mecânicas e elétricas, fluxos logísticos diversos e uma estrutura de produção suscetível a melhorias substanciais.

Adicionalmente, a oportunidade de integrar uma empresa com presença internacional e com foco na inovação tecnológica, como a KÖRBER, permitiu um contacto direto com metodologias avançadas de gestão industrial, reforçando a ambição de contribuir ativamente para a otimização dos seus processos produtivos. A aplicação de ferramentas *Lean* neste contexto não só se revelou pertinente, como também potenciadora de aprendizagens significativas e de resultados práticos com impacto mensurável.

Assim, este trabalho constituiu uma oportunidade de aprofundar competências em *Lean Manufacturing*, analisar criticamente um sistema produtivo real, e propor soluções concretas alinhadas com os princípios da Indústria 4.0, reforçando o compromisso com uma abordagem profissional, ética e orientada para a melhoria contínua.

1.5 Objetivos e Contribuições

Este trabalho tem como objetivo principal a redução de desperdícios e o aumento da eficiência operacional do sistema de montagem de RGVs na empresa KÖRBER, promovendo assim uma gestão mais eficiente e melhoria contínua na célula de montagem em questão. Existem também objetivos específicos a serem realizados, sendo estes:

- Identificar e mapear os principais desperdícios e gargalos no processo de montagem dos RGVs.
- Aplicar a ferramenta VSM para analisar o fluxo de valor e propor melhorias.
- Implementar o sistema 5S para organizar o ambiente de trabalho e melhorar a eficiência dos colaboradores.
- Reduzir o tempo de ciclo e o tempo de *setup* através de práticas de melhoria contínua (*Kaizen*).
- Avaliar o impacto das melhorias implementadas nos indicadores de desempenho na montagem dos RGVs, como produtividade e qualidade.

Estes objetivos, em conjunto com o estágio realizado, contribuíram significativamente para o crescimento da empresa, visto que esta é de momento a única medida que permite que a empresa cumpra os seus padrões de excelência e que permite a montagem de RGVs de acordo com a procura anual do cliente.

1.6 Metodologia e Material Utilizado

Para a realização deste trabalho, foi necessária a realização de uma revisão de literatura, para a obtenção de informações e conhecimentos específicos que pudessem fundamentar as ferramentas e a estratégia utilizada no Estágio Curricular realizado na empresa. Primeiramente, foi realizada uma pesquisa em diferentes bases de dados de artigos científicos, como *Scopus*, *IEEEExplore* e *ScienceDirect*.

Através da pesquisa e filtragem certa, foi possível fazer a revisão literária requerida. Por outro lado, a caracterização da empresa foi efetuada através duma investigação da empresa, através de informações disponíveis na página *online* da empresa e algumas informações transmitidas por colaboradores da KÖRBER.

A pesquisa inicial foi realizada na plataforma *Scopus*, com o objetivo de fornecer artigos científicos que pudessem fornecer conhecimentos sobre a implementação da filosofia *Lean* e algumas ferramentas já especificadas no âmbito do estágio, como 5S, *Kaizen* e VSM. Essa pesquisa resultou em 4099 documentos para leitura. De seguida, foi realizada uma filtragem, para devolver uma seleção mais específica dos artigos científicos a serem selecionados para suportar o trabalho realizado, resultando nos artigos disponíveis no Capítulo 2 para revisão bibliográfica.

Durante o estágio realizado, diversos materiais foram utilizados de modo a auxiliar o trabalho realizado. Para além de diversas ferramentas *Lean*, mencionadas no decorrer do documento, foram utilizados também materiais de medição, quer manual e eletrónica, como computador, caderno, cronómetro, fita-métrica e material de escrita. Foram utilizadas também diversas plataformas e aplicações, como *Microsoft Excel*, *Microsoft Powerpoint*, *Microsoft Word*, *Canva*¹ e *Vault*². Como resultado não foram registados custos adicionais, quer para o candidato, empresa ou instituição de ensino.

1.7 Organização da Dissertação

Esta dissertação encontra-se organizada em 5 capítulos. No Capítulo 1 é apresentado o enquadramento do tema em questão, introduzindo os problemas associados à montagem de RGVs e a motivação para aplicação de ferramentas *Lean*. São ainda caracterizados a empresa, os setores industriais envolvidos e definidos os objetivos e metodologia do trabalho.

No segundo capítulo são explorados os fundamentos teóricos que sustentam a investigação. Com efeito, foi realizada uma revisão de literatura sobre os conceitos de *Lean Manufacturing* e as principais ferramentas, nomeadamente o VSM, 5S, *Kaizen*, *Kanban* e a metodologia DMAIC. Estes conceitos constituem a base metodológica utilizada nas fases seguintes do trabalho.

¹ Ferramenta de design gráfico online

² Ferramenta de armazenamento de dados online

O Capítulo 3 descreve o acompanhamento dos departamentos no início de estágio, permitindo compreender o funcionamento interno da organização. É descrito também a análise de dados realizada inicialmente relativamente à montagem de RGVs, desperdícios e aplicação de ferramentas *Lean*.

O Capítulo 4 descreve a implementação das melhorias propostas, assim como a análise de resultados da implementação destas, nomeadamente da mudança de sequência de tarefas proposta. Por fim, o Capítulo 5 é referente às conclusões retiradas sobre a implementação realizada, assim como diversas propostas de melhoria futura de modo que o fluxo de montagem permaneça contínuo e ótimo, com o mínimo de desperdícios possível.

No que diz respeito à organização técnica do documento, esta dissertação segue as normas da escrita académica em língua portuguesa, adotando a mesma notação utilizada na literatura científica. As figuras e tabelas estão numeradas sequencialmente dentro de cada capítulo, sendo identificadas como Figura (x.y) ou Tabela (x.y), onde “x” representa o número do capítulo e “y” a ordem da figura ou tabela nesse capítulo, reiniciando as respetivas numerações com o iniciar dum novo capítulo.

As referências bibliográficas estão organizadas segundo o formato autor-data ([Apelido, ano](#)), assegurando a rastreabilidade das fontes consultadas. As abreviaturas utilizadas ao longo do trabalho estão reunidas numa lista própria apresentada na Seção de Abreviaturas, e seguem a notação técnica padronizada, de acordo com a terminologia mais comum na área da Engenharia e Gestão Industrial.

Capítulo 2 – Enquadramento Teórico

Neste capítulo, será abordado o enquadramento teórico necessário para compreensão do tema em questão, nomeadamente o *Lean Manufacturing* e algumas das suas ferramentas, como VSM e 5S, através de alguns artigos selecionados para revisão. A filosofia *Lean Manufacturing* sempre consistiu na eliminação e redução de desperdícios, e a implementação desta permite uma otimização na produção, redução de custos, redução de espaço de trabalho e redução do equipamento utilizado (Banga *et al.*, 2020). Toyota, o criador desta filosofia, retratava o *Lean* como um templo que servia para definir as bases e os pilares da filosofia, que reforçavam a sua rigidez (Rifqi *et al.*, 2021).

Atualmente, o Sistema de Produção da Toyota classifica os desperdícios em sete categorias, sendo estes a superprodução, excesso de *stocks*, movimentos desnecessários, defeitos, transportes desnecessários, processamento em excesso e tempo de espera. Cada categoria reflete atividades ou ineficiências que reduzem a eficácia operacional (Huang *et al.*, 2022).

A aplicação de abordagens *Lean* é essencial na transformação de processos produtivos, como o *Just-in-Time* (JIT), que minimiza *stocks* ao sincronizar a produção com a procura real. A Manutenção Produtiva Total (TPM) foca-se na eficiência dos equipamentos, reduzindo falhas e maximizando o desempenho. Já o *Jidoka*, conhecido como automação com toque humano, introduz mecanismos de controlo para evitar a produção de defeitos (Soleymanizadeh *et al.*, 2023).

Desta forma, a filosofia *Lean*, quando aplicada corretamente, melhora os processos produtivos ao promover melhoria contínua e eficiência operacional. A integração de ferramentas e metodologias permite uma abordagem robusta e adaptável, de acordo com os objetivos específicos de cada organização e setor (Huang *et al.*, 2022). Para implementar este conceito de maneira correta, é necessário que as organizações cumpram os princípios da implementação do *Lean* (Rifqi *et al.*, 2021).

2.1 Implementação

A primeira implementação desta filosofia ocorreu no setor automóvel, e a sua aplicação eficaz fez com que diversas outras companhias adotassem os seus métodos de modo a obterem vantagens consequentes dos seus benefícios. A aplicação da metodologia mostrou ser sucedida

em diferentes setores, desde o setor alimentar até setores económicos. Os princípios da sua implementação são sumarizados na Tabela 2.1 (Rifqi *et al.*, 2021).

Tabela 2.1 – Implementação da filosofia Lean

Cadeia de valor	Identificar valor a partir da perspetiva do cliente.
Mapeamento da cadeia de valor	Identificar as atividades com valor-acumulado.
Fluxo contínuo	Criar um fluxo contínuo sem desperdícios.
Sistema Pull	Produzir apenas o necessário, quando necessário.
Perfeição/Melhoria Contínua	Alcançar a perfeição.

2.2 Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM) é amplamente reconhecido como uma das ferramentas fundamentais do *Lean* pela sua capacidade de representar graficamente o fluxo de materiais e informação ao longo de um processo produtivo (Lee *et al.*, 2021). Ao tornar visível a relação entre etapas, tempos de espera, inventário e desperdícios, facilita o diagnóstico de ineficiências e a identificação de oportunidades de melhoria. A sua aplicabilidade em ambientes industriais variados reforça a sua relevância como ponto de partida em projetos de transformação *Lean* (Romero *et al.*, 2017).

O VSM é amplamente utilizado na redução de tempos de espera, *stocks* intermediários e no aumento da taxa de produtividade, destacando falhas e fluxos ineficientes nos processos produtivos. É especialmente eficaz em áreas como a logística e a gestão de compras, onde este permite a visualização das atividades com e sem valor agregado, aumentando a eficiência geral. A aplicação desta técnica demonstrou ser crucial para relacionar processos com as exigências do cliente, reduzindo o *lead time*, promovendo assim uma produção mais ágil (Mariappan *et al.*, 2023)

Ao associar o mapeamento tradicional com dados de impacto ambiental e ferramentas digitais (como sensores, *dashboards* e sistemas de rastreamento), o VSM torna-se capaz de oferecer uma visão mais completa e integrada do processo produtivo. Esta abordagem reforça a sua relevância em contextos industriais que procuram equilibrar produtividade com sustentabilidade e inovação (Batwara *et al.*, 2023).

Embora o VSM tradicional continue a ser amplamente utilizado, este enfrenta desafios em ambientes com alta variabilidade, mudanças de linha frequentes e procura dinâmica. As versões com maior avanço, como o *Integrated Value Stream Mapping* (IVSM), integram sistemas de monitorização de eficiência e a “Teoria das Restrições”, permitindo assim uma


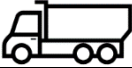

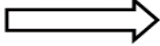



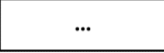
maior conectividade e capacidade de análise em sistemas complexos. Estas inovações ampliam a eficácia do VSM, tornando-o numa ferramenta estratégica para enfrentar os desafios da produção moderna e atingir a excelência operacional (Mariappan *et al.*, 2023), entre os quais:

- Tempo de ciclo: tempo necessário para a realização de cada passo.
- Tempo de inventário: quantidade de inventário/procura do cliente; o tempo de inventário é o tempo necessário para o inventário avançar entre passos de acordo com a procura do cliente.
- Tempo de processamento: soma dos tempos de ciclo.
- *Lead time*: soma dos tempos de inventário e do tempo de processamento.
- Percentagem máxima do valor adicionado: dado pela expressão:

$$\text{Maximum Value Add} = \frac{\text{Tempo de Processamento}}{\text{Lead Time}} \times 100 \quad 2.1$$

Nas Tabela 2.2 e Tabela 2.3 mostra-se a principal simbologia comumente encontrada nos mapas VSM considerando a visualização no atual panorama, e a simbologia para o VSM futuro, considerando as eventuais melhorias, respetivamente.

Tabela 2.2 - Simbologia VSM atual

	Usado para clientes, fornecedores e processos de manufatura
	Indica encomendas por camião e regista a frequência com que estas acontecem.
	Movimentação de bens acabados para o cliente; mostra também a movimentação de matéria-prima e os componentes vindos de fornecedores.
	Identifica movimentos de material são “empurrados” pelo produtor (sistema <i>pull</i>).
	Fluxo eletrónico de informação.
	Número de peças e de dias relacionados a inventário.
	Indica o número de colaboradores em cada posto.
	Indica informação (descreve um fluxo de informação).



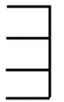



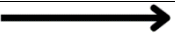
	Usado para registrar informação acerca dos processos de manufatura, departamento, etc.
---	--

Tabela 2.3 - Simbologia VSM futuro

	Local <i>Kanban</i> onde são recolhidos os dados e guardados para o transporte.
	Área de armazenamento para materiais onde o fluxo único não é possível (supermercado).
	“Puxar” materiais de um supermercado.
	Sequência “ <i>First In-First Out</i> ”.
	“Puxa” material de processos anteriores ou de um supermercado.
	Fluxo manual de informação.

2.3 *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke* - 5S

O 5S é uma ferramenta amplamente utilizada no *Lean Manufacturing*, com o objetivo de criar locais de trabalho organizados, limpos e eficientes. A sua implementação visa melhorar a qualidade dos produtos, aumentar a produtividade, promover a segurança e proporcionar maior estabilidade nos processos de produção. O método é baseado em cinco etapas interligadas, cada uma representada por uma palavra japonesa que descreve ações específicas (Pawlak *et al.*, 2023).

Mais do que uma ferramenta de organização visual, o 5S é um elemento central na criação de ambientes de trabalho estáveis, seguros e eficientes. A sua aplicação contribui para a redução de variabilidade, a deteção rápida de anomalias e o reforço da disciplina operacional, enquanto promove o envolvimento ativo dos colaboradores na construção de um posto de trabalho funcional e sustentável (Muotka *et al.*, 2023).

Ao promover uma execução uniforme e eficiente das operações, o 5S não apenas melhora o desempenho individual dos colaboradores, mas também aumenta a eficiência geral da linha de produção. A padronização resultante reduz custos, melhora a qualidade e torna o ambiente

de trabalho mais seguro, evidenciando o impacto direto dessa ferramenta no sucesso de práticas *Lean* (Pawlak et al., 2023).

Tabela 2.4 – Resumo das características da metodologia 5S

Sort (Seiri)	Consiste em separar e remover do ambiente de trabalho todos os materiais e ferramentas desnecessários.
Set in Order (Seiton)	Foca-se na organização dos materiais e das ferramentas de maneira eficiente, com identificação e disposição adequadas, facilitando o acesso rápido.
Shine (Seiso)	Refere-se à limpeza e manutenção contínua do espaço de trabalho, garantindo assim um ambiente seguro e produtivo.
Standardization (Seiketsu)	Define padrões para a organização e a limpeza, assegurando que todos os colaboradores sigam as mesmas práticas.
Sustain (Shitsuke)	Foca-se na criação de hábitos e cultura organizacional para garantir que os princípios do 5S sejam mantidos ao longo do tempo.

2.4 Filosofia Kaizen

A filosofia *Kaizen* tem suas raízes no Japão pós-Segunda Guerra Mundial, quando o país enfrentava a necessidade urgente de reconstruir sua economia e melhorar a produtividade. A palavra “*Kaizen*” é derivada dos termos japoneses *Kai* (mudança) e *Zen* (melhoria), significando, assim, “melhoria contínua” (Krupa et al., 2022). Durante este período, o Japão começou a adotar práticas de melhoria na produção, com foco na eficiência e na eliminação de desperdícios (Wolniak, 2023).

A consolidação do *Kaizen* como pilar do *Toyota Production System* (TPS) teve lugar principalmente nas décadas de 1950 e 1960, quando figuras como Eiji Toyoda e Taiichi Ohno implementaram um sistema coerente que visava maximizar os recursos e eliminar desperdícios. O *Kaizen* passou a ser visto não apenas como uma técnica pontual, mas como uma filosofia abrangente, pois envolvia a participação de todos os colaboradores, a padronização rigorosa dos processos e a identificação sistemática de melhorias incrementais. Este foco estratégico na melhoria contínua foi fundamental para estabelecer práticas que hoje são conhecidas como *Lean Manufacturing* (Kumar et al., 2022).

A partir dos anos 1980, o *Kaizen* passou a ser reconhecido globalmente, sendo adotado por empresas de diversos setores como uma estratégia para melhoria contínua e competitividade. A filosofia de pequenas mudanças, mas constantes, que melhoram a qualidade e reduzem

custos, ganhou ainda mais relevância no contexto da gestão da qualidade total (TQM) e dos sistemas Lean. (Wolniak, 2023)

2.5 *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*

A metodologia estruturada como a DMAIC é utilizada principalmente no contexto de melhoria contínua de processos, dentro do âmbito das filosofias *Lean* e *Six Sigma*. Por outras palavras, a abordagem DMAIC serve como um guia de diagnóstico, melhoria e estabilização de processos produtivos, contribuindo para a redução de desperdícios e o aumento da eficácia operacional. Cada fase possui um propósito específico (Rifqi *et al.*, 2021):

- Definir (*Define*): Envolve a identificação clara do problema, definição do objetivo e metas do projeto. Nesta fase, é essencial a compreensão das necessidades do cliente e coordenação entre os objetivos do projeto e as estratégias organizacionais.
- Medir (*Measure*): fase onde são recolhidos dados do processo atual necessários para o estabelecimento de qualquer proposta de melhoria. A medição precisa de variáveis críticas no desempenho do processo permite avaliar o impacto das melhorias subsequentes.
- Analisar (*Analyze*): dedicada à análise dos dados recolhidos, com o objetivo de identificar as causas fundamentais dos problemas. Ferramentas estatísticas e qualitativas são frequentemente utilizadas para entender onde e porque é que os processos falham.
- Melhorar (*Improve*): Com base nas causas identificadas, são desenvolvidas e testadas soluções para melhorar o processo. É importante envolver os colaboradores nesta fase de forma a garantir a implementação eficaz das mudanças propostas.
- Controlar (*Control*): A última fase garante que as melhorias implementadas sejam sustentadas ao longo do tempo, estabelecendo medidas de controlo e de monitorização que assegurem que o processo permaneça dentro dos parâmetros desejados.

O ciclo DMAIC oferece uma estrutura sistemática para a melhoria de processos, demonstrando-se eficaz na redução de defeitos e na otimização da performance operacional. A implementação desta metodologia numa fábrica de componentes de borracha resultou numa diminuição significativa da taxa de rejeição, evidenciando aplicação prática e resultados mensuráveis (Wang *et al.*, 2024).

2.6 Sistema *Kanban*

O *Kanban* é um sistema de gestão da produção e de controle de inventário com origem no TPS, com o objetivo de garantir o fluxo eficiente de materiais para as linhas de montagem, minimizando o uso de recursos. Trata-se de um sistema *pull*, fundamentado nos princípios da produção *Just-in-Time* (JIT), diferenciando-se dos sistemas *push* por não se basear em previsões, mas sim na procura real do cliente. (van de Kimmenade, 2024)

A operação do *Kanban* é guiada por sinais visuais, geralmente cartões, que autorizam ações específicas dentro do processo produtivo, como a reposição de materiais consumidos. Estes cartões podem assumir diferentes formas, como cartões físicos, contentores, prateleiras ou até objetos simbólicos. Cada cartão contém informações essenciais, como descrição do produto, quantidade, localização e dados do fornecedor. O seu objetivo é produzir apenas o necessário, no momento certo e na quantidade adequada (Marinelli *et al.*, 2021). Existem três tipos principais de cartões *Kanban*, cada um com uma função específica no fluxo produtivo:

- *Move/Withdrawal Kanban* – autoriza a movimentação de materiais entre processos;
- *Production Kanban* – autoriza a produção de uma quantidade específica de peças;
- *Supplier/Replenishment Kanban* – solicita a reposição de peças por fornecedores externos;

A lógica do *Kanban*, baseada na procura real, contribui para a mitigação do efeito chicote (*bullwhip effect*), um dos principais desafios na gestão da cadeia de suprimentos. No entanto, a sua implementação exige regras claras, como o princípio *First-In-First-Out* (FIFO), a verificação regular dos cartões e a inicialização da produção de acordo com a autorização do cliente (van de Kimmenade, 2024).

2.6.1 Sistema *e-Kanban*

Embora o *Kanban* tenha sido inicialmente concebido para ambientes de produção repetitiva, estudos demonstram que a sua aplicação pode ser adaptada a ambientes com alta variabilidade e baixo volume, através de variações como o *transfer Kanban* ou o *Kanban board*. Todavia, essa complexidade adicional pode aumentar a incidência de erros operacionais, como a perda de cartões e atrasos na movimentação (van de Kimmenade, 2024).

A adoção do *Kanban* Eletrónico (*e-Kanban*) permite a mitigação dessas limitações. Este é uma evolução do sistema tradicional, no qual os sinais físicos são substituídos por sinais

eletrônicos. Esta versão digital permite a integração com sistemas *Enterprise Resource Planning* (ERP), automatizando a comunicação entre a empresa e o fornecedor, reduzindo significativamente etapas manuais como emissão, envio e confirmação de pedidos. Vários estudos afirmam que o e-Kanban melhora a precisão das entregas, minimiza faltas de material e elimina erros humanos relacionados com o manuseamento de cartões físicos (Kreutz *et al.*, 2021).

Apesar dos benefícios comprovados do e-Kanban em indústrias repetitivas, ainda existem lacunas na literatura quanto à sua utilização e eficácia em ambientes não repetitivos, com grande variedade de produtos e volumes reduzidos. Nestes contextos, o sistema enfrenta desafios adicionais na gestão de inventário, o que evidencia a necessidade de estudos que investiguem a sua viabilidade e impacto em cenários com maior complexidade (van de Kimmenade, 2024).



Figura 2.1 – Sistema Kanban (Ballé, 2020)

Capítulo 3 – Acompanhamento dos Departamentos

Previamente à realização de qualquer atividade relacionada ao estágio em questão, foi realizado, na primeira semana de estágio, um acompanhamento dos diferentes departamentos presentes na fábrica da KÖRBER, de forma a perceber as atividades realizadas por cada, nomeadamente nos departamentos de Engenharia Industrial, Logística Interna, *Research and Development* (R&D), Produção, Testes e Fabricação Interna.

Diariamente, são realizados *Daily Kaizens* entre a equipa de Engenharia Industrial, averiguando atividades na fábrica relacionadas a cada membro da equipa, assim como os seus prazos e estado de realização. Estas reuniões mostraram-se ser de grande importância e de auxílio, servindo também de um método de *brain-storming* e assistência mútua entre os membros de equipa. É realizada também uma sessão de *Kaizen* todas as quintas-feiras, onde participam todos os chefes de produção, o líder da logística interna e o dirigente da fábrica, onde são discutidos diversos tópicos como a produtividade semanal, os acidentes de trabalho, as horas de trabalho realizadas e os desperdícios de cada setor de produção para cada projeto (Reza *et al.*, 2025).

Com vista a implementar uma abordagem DMAIC no Estágio Curricular realizado na empresa, foi realizado, através do conhecimento adquirido nos passos iniciais de conhecimento da empresa, uma análise SWOT (*Strengths, Weakness, Opportunities, and Threats*) e posteriormente realizados os passos seguintes desta abordagem de resolução de problemas.

3.1. *Define* – Análise SWOT

A primeira fase desta abordagem consistiu na definição de objetivos e critérios relativamente à montagem de RGVs e à implementação de ferramentas *Lean*. Estes objetivos abordam a eliminação de desperdícios, redução de custos e de atividades que não agregam valor, facilitação do processo de montagem e a melhoria contínua, de modo que a procura e requisitos do cliente sejam satisfeitos e de forma a haver um impacto positivo na KÖRBER (Quezada *et al.*, 2019).

Forças (*Strengths*)

- Adoção de *Lean Manufacturing*: Utilização estruturada de ferramentas como VSM, 5S, *Kaizen* e DMAIC para otimização contínua dos processos de montagem.

- Apoio institucional e técnico: Forte envolvimento da equipa técnica da KÖRBER e integração com departamentos como Engenharia Industrial, Logística e Produção.
- Análise aprofundada do processo: Levantamento detalhado de tempos de ciclo, identificação de desperdícios, e construção de VSM atual e futuro.
- Base teórica sólida: Revisão bibliográfica extensa com apoio em publicações recentes e relevantes.
- Resultados concretos: Demonstração de melhorias reais com redução de *Lead Time*, equilíbrio nos tempos de ciclo e eliminação de WIP.

Fraquezas (*Weaknesses*)

- Elevada complexidade na implementação: A reestruturação dos postos de trabalho e sequências de tarefas requer grande coordenação e treino das equipas.
- Dependência de dados manuais: Muitos dos dados operacionais foram recolhidos manualmente, o que pode introduzir erros ou vieses.
- Problemas recorrentes na logística e qualidade: Atrasos na entrega de material, falhas de verificação e comunicação entre departamentos persistem como obstáculos.
- Falta de padronização de *Kanban*: O sistema *Kanban* apresenta materiais mal identificados, em excesso ou em falta, prejudicando a consistência.

Oportunidades (*Opportunities*)

- Aplicação do conceito *Lean* a outros setores da fábrica: A experiência adquirida pode ser replicada em outras células ou linhas de montagem.
- Digitalização dos processos *Lean*: Adoção de sistemas como *e-Kanban*, *Digital VSM* ou ERP pode melhorar a precisão e monitorização em tempo real.
- Aumento da competitividade e qualidade: Redução de desperdícios e melhor uso dos recursos pode diferenciar a KÖRBER no mercado.
- Formação contínua e cultura de melhoria: A institucionalização do Daily Kaizen e auditorias 6S favorece o desenvolvimento contínuo das equipas.

Ameaças (*Threats*)

- Resistência à mudança: Mudanças no layout, tarefas e ferramentas podem enfrentar resistência por parte dos colaboradores.

- Limitações físicas e logísticas da infraestrutura: O uso intensivo de pontes para movimentação e o sobre carregamento do *layout* podem comprometer a fluidez.
- Interrupções na cadeia de fornecimento: Dependência de fornecedores externos para componentes essenciais pode afetar o fluxo de produção.
- Desalinhamento com os objetivos da gestão: Se a alta direção não sustentar as mudanças propostas, as melhorias podem não ser mantidas.

3.2. Measure

A primeira atividade a ser realizada foi a análise do processo de montagem dos RGVs. O posto de montagem está dividido entre quatro *workstations* principais, entre as quais, duas são de montagem mecânica e duas de montagem elétrica, estando dispostas em paralelo, com um colaborador dedicado a cada *workstation*. Para além das quatro *workstations* atrás descritas, existe também uma *workstation* no *layout* dedicada a pré-montagens dedicadas aos RGVs. Após receber um *feedback* inicial da equipa de produção.

Do último ponto foi possível registar alguns defeitos presentes no processo de montagem, como sejam os atrasos na entrega de material por parte do departamento de Logística, defeito de material por parte dos fornecedores e má verificação de material por parte da equipa de Qualidade, e ainda, a falta de comunicação entre a equipa de Produção e a equipa de Engenharia.

Durante a análise realizada, foram registadas todas as atividades realizadas pelos colaboradores da Produção, assim como o tempo de realização de cada. Todas as atividades foram registadas manualmente e em Excel. As Tabelas 3.1-3.9 representam as atividades realizadas em cada *workstation*, assim como a duração destas, o seu valor e desperdícios que ocorreram durante a análise, e ainda, os valores das diversas atividades associadas na secção onde foi realizado o processo de melhoria.

Tabela 3.1 - Simbologia para os desperdícios encontrados

Tipo de Atividade	
Operação	○
Movimentação	⇨
Espera	⊐
Controlo	□
Armazenamento	▽

Tabela 3.2 - Atividades de pré-montagem

N.º	Descrição	Distância (m)	Tempos (h)		Símbolos					
			Op.	Máq.	○	⇒	◐	◻	▽	
1	Limpeza da estrutura do pivô		0,033	0	0,033*					
2	Limpeza das entradas		0,033	0	0,033*					
3	Colocação dos rolamentos		0,12	0	0,12*					
4	Montagem da roda		0,083	0	0,083*					
5	Colocação do veio central		0,033	0	0,033*					
6	Colocação de suportes		0,033	0	0,033*					
7	Colocação da escova		0,017	0	0,017*					
8	Martelagem da <i>rell</i>		0,017	0	0,017*					
9	Lixar o veio superior		0,033	0	0,033*					
10	Aplicação de massa no veio superior e nos rolamentos		0,083	0	0,083*					
11	Colocação da <i>rell</i> e rolamentos no veio superior		0,05	0	0,05*					
12	Parafusação final		0,05	0	0,05*					
13	Limpeza e pintura final		0,017	0	0,017*					
14	Plastificação da parte superior		0,0042	0	0,0042*					
	Total	0	0,6062	0	14	0	0	0	0	0

Tabela 3.3 - Valor das atividades de pré-montagem

Legenda - Operações				
Criam Valor (S/N)	Necessária	Cor	Total (h)	%
S	S	Verde	0,403	66%
N	S	Azul	0,1042	17%
N	N	Vermelho	0,099	16%

Tabela 3.4 - Atividades de montagem mecânica

N.º	Descrição	Distância (m)	Tempos (h)		Símbolos					
			Op.	Máq.	○	⇒	□	□	▽	
1	Colocar suportes		0,33	0	0,33*					
2	Furação da estrutura		0,25	0	0,25*					
3	Lixar os encaixes da estrutura para os pivôs		0,5	0	0,5*					
4	Colocar os pivôs		0,25	0	0,25*					
5	Colocar braço		0,25	0	0,25*					
6	Montar o quadro no RGV		0,33	0	0,33*					
7	Montar as rodas		0,67	0	0,67*					
8	Limpar os pivôs por fora		0,33	0	0,33*					
9	Montar o caminho dos cabos		2,17	0	2,17*					
10	Montar o 1º motor		0,42	0	0,42*					
11	Montar suportes nos rolamentos para os magnéticos		0,17	0	0,17*					
12	Montar suporte do bumper		0,83	0	0,83*					
13	Montar o bumper		2	0	2,00*					
14	Montar o leitor QR e o coletor		1,42	0	1,42*					
15	Montar a estrutura em cada ponta superficial (onde está o botão de emergência)		0,83	0	0,83*					
16	Montar a blindagem superior		0,83	0	0,83*					
17	Colocar o tapete de rolos		1,67	0	1,67*					
18	Colocar fotocélulas e luzes nos suportes		0,5	0	0,5*					
19	Conectar os cabos aos sensores		0,17	0	0,17*					
20	Montar a blindagem lateral		0,033	0	0,033*					
	Total	0	13,953	0	15	0	0	0	0	0

Tabela 3.5 - Valor das atividades de montagem mecânica

Legenda - Operações				
Criam Valor (S/N)	Necessária	Cor	Total (h)	%
S	S		10,363	74%
N	S		2,51	18%
N	N		1,08	8%

Tabela 3.6 - Atividades de montagem elétrica

N.º	Descrição	Distância (m)	Tempos (h)		Símbolos					
			Op.	Máq.	○	⇒	⬭	□	▽	
1	Ligar coletor à caixa		0,82	0	0,82*					
2	Colocar lâmpadas LED		1,33	0	1,33*					
3	Ligar a resistência		1,17	0	1,17*					
4	Etiquetar as ligações da 1ª caixa auxiliar		0,083	0	0,083*					
5	Ligar o <i>breacher</i>		0,083	0	0,083*					
6	Ligar o 1º motor		1,47	0	1,47*					
7	Meter o material no quadro		0,42	0	0,42*					
8	Colocar o botão de emergência		0,17	0	0,17*					
9	Ligar o botão de emergência		1,13	0	1,13*					
10	Ligação da 2ª caixa auxiliar		0,33	0	0,33*					
11	Ligação da 3ª caixa auxiliar		1,13	0	1,13*					
12	Colocar o movimento		1,13	0	1,13*					
13	Ligação do movimento		1,063	0	1,13*					
13.1	(Wait n Search) - Kanban - bocim de plast. M20x5	83	0,067	0		0,067*				
14	Colocar logos da Körber nas caixas		0,17	0	0,17*					
15	Passagem de cabos na lagarta		1,75	0	1,75*					
16	Passagem dos cabos pelo quadro		1	0	1*					
17	Conectar os cabos ao quadro		5,83	0	5,83*					
18	Lixar entrada para a <i>connection box</i>		0,17	0	0,17*					
19	Ligar a <i>connection box</i> ao quadro		0,75	0	0,75*					
20	Aterrar o quadro		0,17	0	0,17*					
21	Limpar o quadro		0,083	0	0,083*					
	Total	83	20,319	0	21	1	0	0	0	0

Tabela 3.7 - Valor das atividades de montagem elétrica

Legenda - Operações				
Criam Valor (S/N)	Necessária	Cor	Total (h)	%
S	S		16,826	83%
N	S		3,256	16%
N	N		0,237	1%

Tabela 3.8 - Atividades de teste

Nº	Descrição	Distância (m)	Tempos (h)		Símbolos					
			OP.	Máq.	○	⇒	D	□	▽	
1	Teste ao quadro		2,083		2,083*					
1.1	Ligações mal conectadas		0,417					0,417*		
2	Teste de entradas e saídas		1,65		1,65*					
2.1	Disjuntor desligou-se		0,1			0,1*				
2.2	RGV deixou de ligar		3,333					3,333*		
3	Teste de movimentação		0,75		0,75*					
3.1	Problema na movimentação		1,5					1,5*		
	Total	0	9,833	0	3	1	0	3	0	0

Tabela 3.9 - Valor das atividades de teste

Legenda - Operações				
Criam Valor (S/N)	Necessária	Cor	Total (h)	%
S	S		4,483	46%
N	S		0	0%
N	N		5,35	54%

Através desta análise, juntamente com o cálculo do *Takt Time*, tendo em consideração a procura anual de RGVs e as horas de trabalho dos colaboradores, foi criado um VSM inicial do setor de montagem em questão. Após as medições de uma primeira amostra e da criação do VSM, representado pelas Figura 3.1 e 3.2, nas versões macro e micro, respetivamente, é possível observar que o posto de montagem elétrica possui um tempo de ciclo superior ao *Takt Time* previsto.

Para além disso, existem WIPs entre todos os postos e uma diferença de tempos de ciclo considerável, o que faz com que o processo de montagem fique ainda mais demorado. Deste modo, foram identificados os problemas iniciais e onde seria necessário atuar e implementar diferentes métodos de melhoria contínua, de modo a reduzir os tempos de montagem. Os tempos são mostrados nas Equações 3.1 e 3.2, respetivamente.

- Tempo de trabalho diário = 8 horas;
- Dias de trabalho mensais = 22 dias;
- Meses de trabalho anuais = 12 meses;
- Procura anual de RGVs = 159 RGVs.

$$\text{Tempo de trabalho anual} = 8 \times 22 \times 12 = 2112 \text{ horas}$$

3.1

$$Takt\ Time = \frac{2112}{159} = 13,28\ horas$$

3.2

3.3. Analyze

Tendo em consideração os dados medidos, foi realizado um diagrama de Pareto e, seguidamente, um diagrama de *Ishikawa*. Apesar das atividades da montagem elétrica também influenciarem o seu tempo de ciclo elevado, o diagrama de *Ishikawa* mostrou-se útil na análise de causas e efeitos para auxílio na redução de desperdícios relacionados a estas. Os resultados gráficos de ambos diagramas, encontram-se representados nas Figuras 3.3, para o caso do digrama de Pareto, e Figura 3.4 para o diagrama de *Ishikawa*.

3.4. Improve – Propostas de melhoria

Através da continuação da análise do processo de montagem, foram idealizadas diversas propostas de melhoria através de observação e *feedback* dos colaboradores. A primeira proposta de melhoria idealizada foi uma melhor divisão de atividades no setor de montagem, tendo em consideração o *layout* atual, as atividades realizadas e a necessidade de FTEs (*Full-Time Equivalents*) por atividade.

Ao aplicar uma configuração FIFO no *layout*, juntamente com uma sequência de tarefas atualizada, nenhum posto de montagem passaria o *Takt Time* previsto, e os tempos de ciclo permaneceriam idênticos, não havendo a formação de WIPs e tempos de inventário. Embora previamente fossem produzidos dois RGVs ao mesmo tempo, o facto de não haver tempo de inventário entre postos faria com a produtividade aumentasse, reduzindo o *Lead Time* final. Porém, para esta medida ter efeito, seria necessário aplicar propostas de melhoria complementares à proposta anterior.

Durante a análise, foi possível observar que a movimentação do material em montagem era realizada através de pontes, controladas através de comandos. Os colaboradores utilizam os ganchos das pontes e, com o auxílio de cintas, conectam o gancho ao material para o movimentarem de posto para posto.

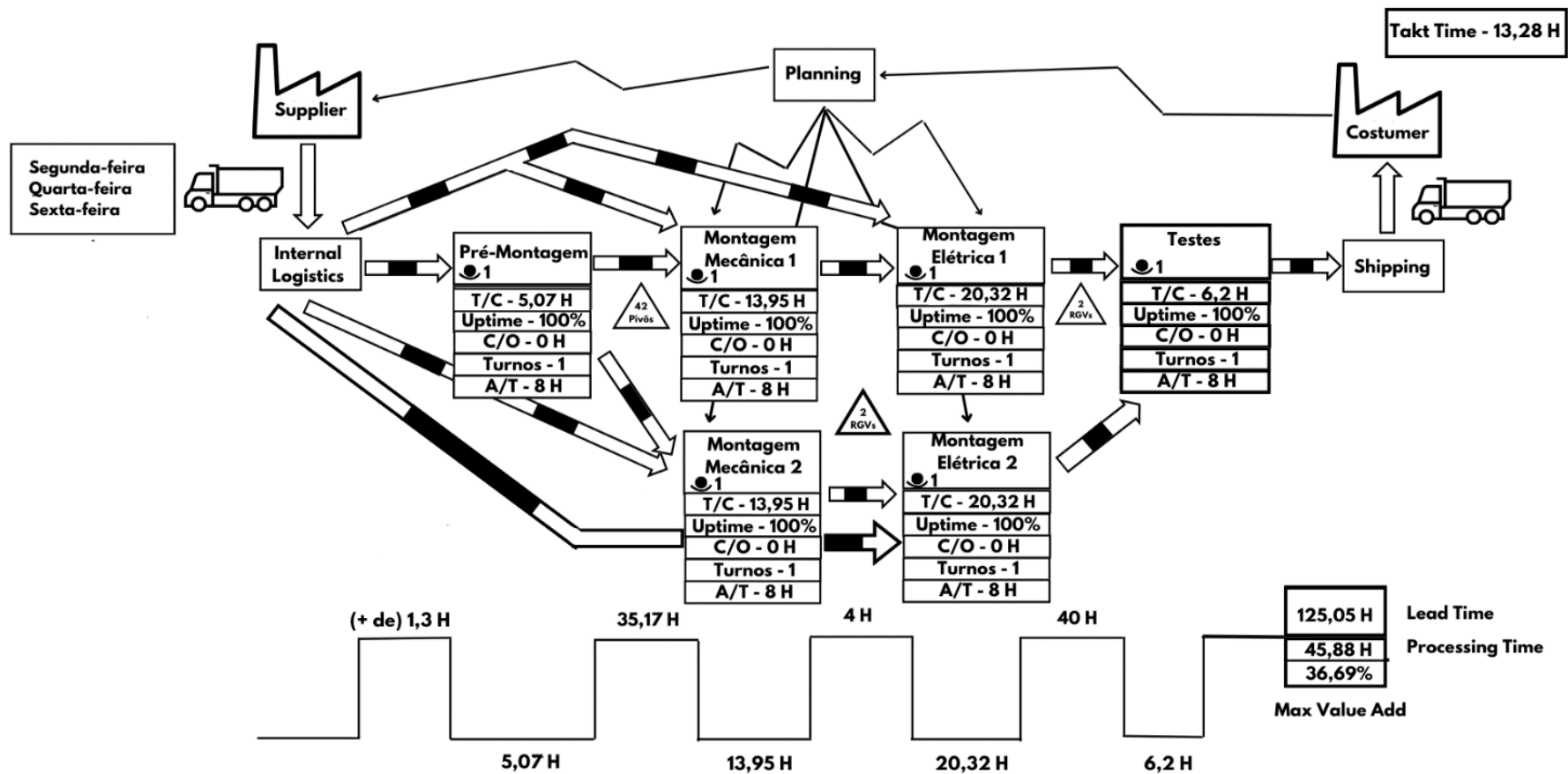


Figura 3.1 - VSM atual do processo em versão macro

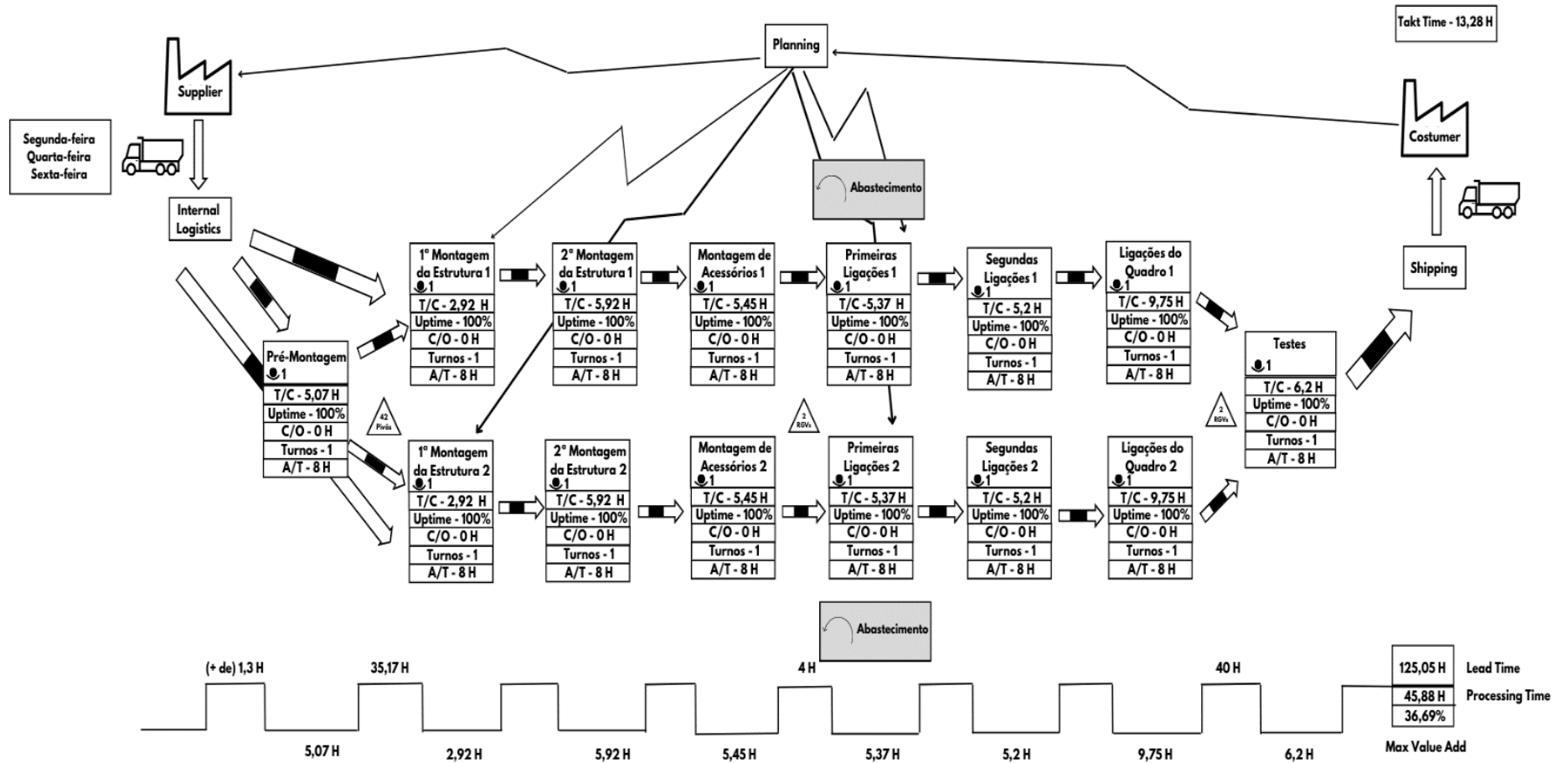


Figura 3.2 - VSM atual do processo em versão micro

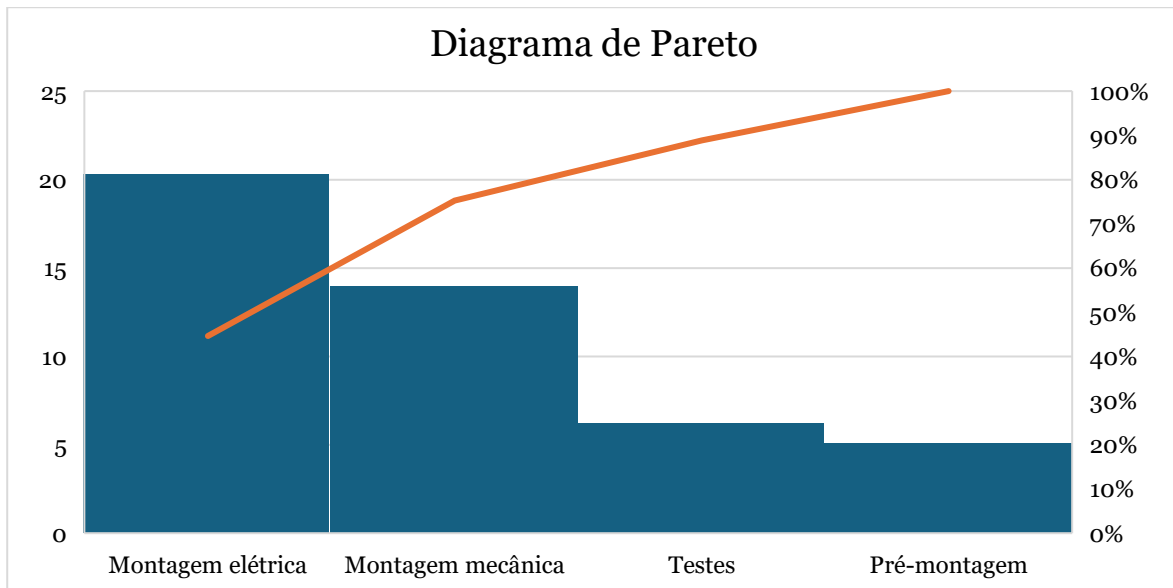


Figura 3.3 – Resultado do diagrama de Pareto no VSM atual

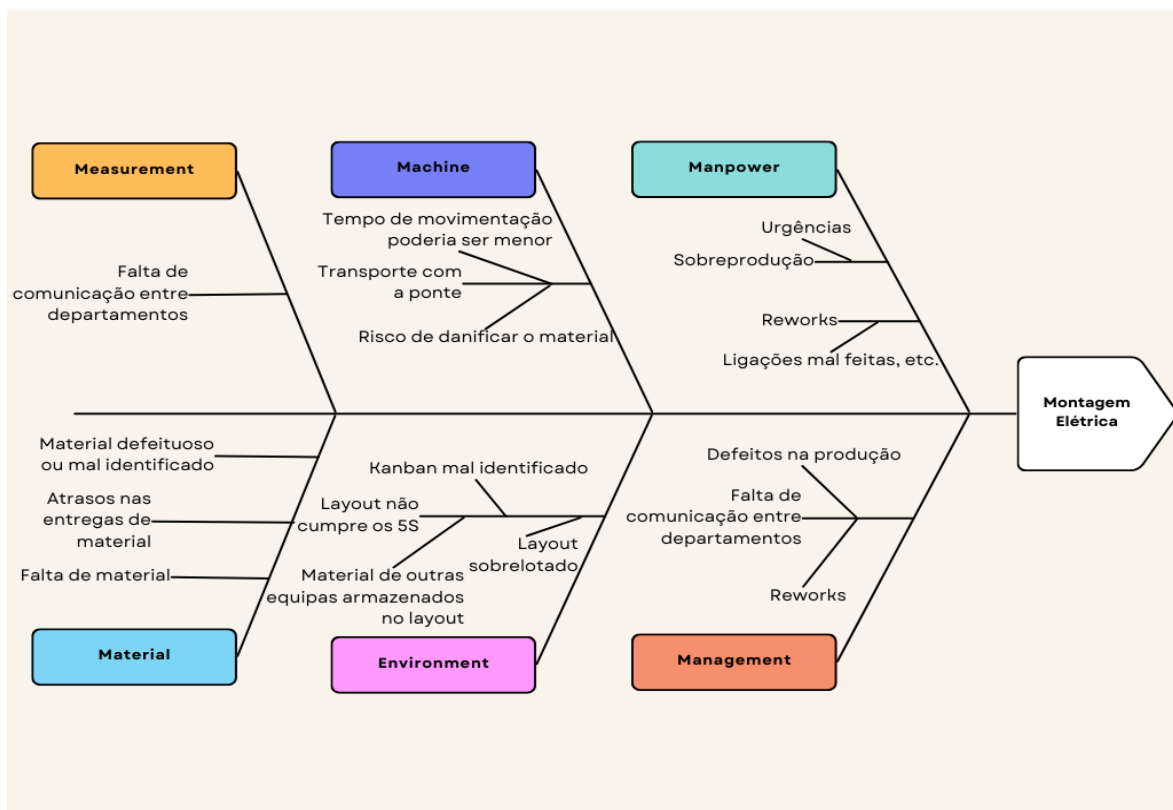


Figura 3.4 - Diagrama de Ishikawa da montagem elétrica

As movimentações atrás expostas não agregam valor e existe desperdício de tempo acumulado ao longo de diversas movimentações, o que seria um problema na aplicação da abordagem FIFO, visto que existiria um maior número de movimentações durante a montagem.

Deste modo, foi idealizada uma proposta de melhoria que consiste na criação de um produto de substituição. O produto consiste na atualização dos cavaletes atuais, de forma a torná-los móveis e elevatórios, facilitando a movimentação do material de maior porte ou peso sem recorrer à utilização da ponte. (escrever os passos seguintes caso o cavalete esteja pronto até ao final do estágio, senão adicionar nas propostas de melhoria futuras).

3.4.1. Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke, Safety - 6S

De 15 em 15 dias, é realizada uma auditoria interna na fábrica dedicada à aplicação de 6S em cada setor de montagem e em cada Departamento em chão de fábrica. Através do acompanhamento destas auditorias, foi possível visualizar diversos aspetos negativos no *layout* dos RGVs, entre estas:

- Material de projetos adiados presente.
- Sobrelotação do *layout*.
- Material armazenado incorretamente e impedimento do acesso ao equipamento de emergência.
- Demasiado material desnecessário no posto.
- Cintas da ponte soltas e mal armazenadas.
- Objetos pessoais no posto.
- Material de outros postos e setores de montagem armazenados no posto dos RGVs;
- Sprays mal armazenados.
- Material em *Kanban* mal armazenado e em falta.
- Material em *Kanban* mal identificado.

Tais observações podem ser previamente representadas pelas Figuras 3.5 – 3.9. Além disso, na Tabela 3.10 descreve-se as observações e as ações 6S adotadas. Na Tabela 3.10 também é exposto a forma de implementação da nova sequência de tarefas. Para a implementação da nova sequência de tarefas, foi necessário definir um plano de implementação, para evitar o máximo de erros possível, conforme descrito na Tabela 3.11.



Figura 3.5 - Impedimento do equipamento de segurança



Figura 3.6 - Cintas da ponte mal armazenadas



Figura 3.7 - Material de outros postos e setores de montagem armazenados no posto dos RGVs



Figura 3.8 - Material de projetos adiados presente

Tabela 3.10 - Observações e ações realizadas com a aplicação da metodologia 6S

Nº	Observação	Ação
1	Material de projetos adiados presente	Transporte do material dos projetos em <i>standby</i> para uma <i>station</i> (zona criada no <i>buffer</i> de TRTs)
2	Sobrelotação do <i>layout</i>	-
3	Material armazenado incorretamente e impedimento do equipamento de emergência	Triagem do material que não pertence à área de montagem e remoção do mesmo
4	Demasiado material desnecessário no posto	Análise ao <i>Kanban</i> e triagem dos artigos em desuso
5	Cintas da ponte soltas e mal armazenadas	Formação 6S; Verificação após a utilização das cintas do local onde estas foram armazenadas (as cintas ficam pousadas no posto durante 2 dias em média)
6	Objetos pessoais no posto	Formação de 6S
7	Material de outros postos armazenado no posto dos RGVs	-
8	Sprays mal armazenados	Formação de 6S
9	Material em <i>Kanban</i> mal armazenado e em falta	Análise das necessidades do posto de montagem e atualização do <i>Kanban</i>
10	Material em <i>Kanban</i> mal identificado	Análise do <i>Kanban</i> e correção das identificações

Tabela 3.11 - Implementação da nova sequência de tarefas

N.º	Ação	Calendarização
1	Formação VSM e “Estado Atual” das equipas mecânica e elétrica.	24/03/2025
2	Feedback dos chefes e membros de cada equipa.	24/03/2025
3	Definição da nova sequência de tarefas e novo <i>layout</i> .	31/03/2025
4	Análise de inputs e outputs da produção e da necessidade de FTEs por posto.	30/04/2025
5	Validação de inputs e outputs da análise da produção e da necessidade de FTEs por posto.	9/05/2025
6	Criação de medidas de controlo e de melhorias futuras.	11/05/2025
-	((Se o resultado for negativo) Planeamento de futuras soluções para a secção de montagem).	-

1. Para o primeiro passo da implementação da nova sequência de tarefas, foi realizada uma divisão teórica das atividades realizadas pelos colaboradores, de modo que cada workstation principal possuísse um tempo de ciclo idêntico.

Foi tido em consideração também diversos aspetos relacionados a cada atividade, nomeadamente, os trabalhadores necessários para a sua realização mais, a complexidade e a natureza de cada uma (mecânica, elétrica ou mista). Seguidamente, foi explicada a situação atual aos chefes das equipas mecânica e elétrica e, posteriormente, aos restantes membros da equipa de montagem através de uma formação.

2. O segundo passo consistiu na opinião dos membros da equipa, apontando aspetos positivos e negativos relativos à nova sequência de tarefas, adquirindo cuidados a ter durante a implementação destas, assim como na análise inputs e outputs.
3. Após receber *feedback* dos membros da equipa, foi feita uma melhor divisão de tarefas tendo em maior consideração os aspetos referidos.
4. Foram realizadas duas amostras de acordo com o proposto, avaliando a necessidade de FTEs em cada posto, o tempo de ciclo de cada posto e tarefa e as movimentações realizadas.
5. Os dados foram validados e agrupados com o objetivo de perceber se a ação proposta foi positiva.
6. Após a validação dos dados, foi possível confirmar que o resultado da implementação foi positivo e foram criadas propostas de melhoria futura de forma a manter a melhoria contínua na célula de montagem.

Estes passos encontram-se esquematizados nas Figuras 3.9 e 3.10, onde representam, respetivamente, o *layout* atual e o *layout* proposto no processo de melhoria contínua.

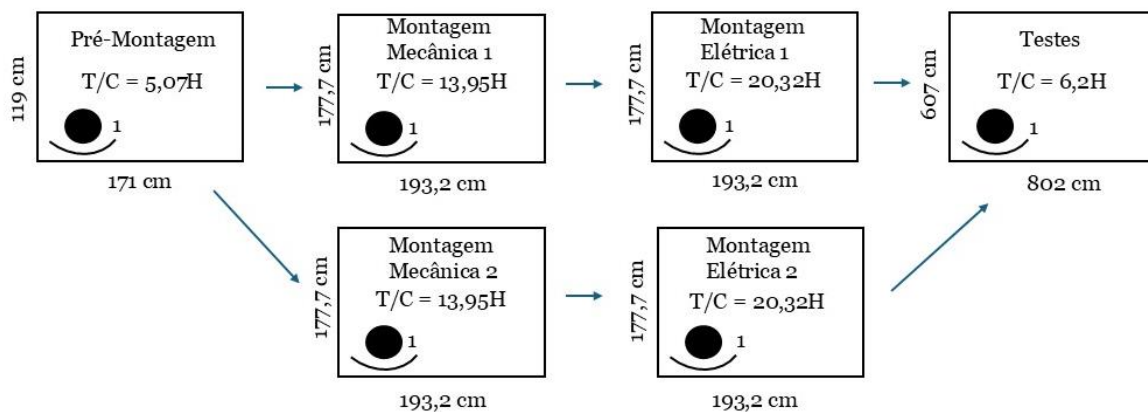


Figura 3.9 - Layout atual

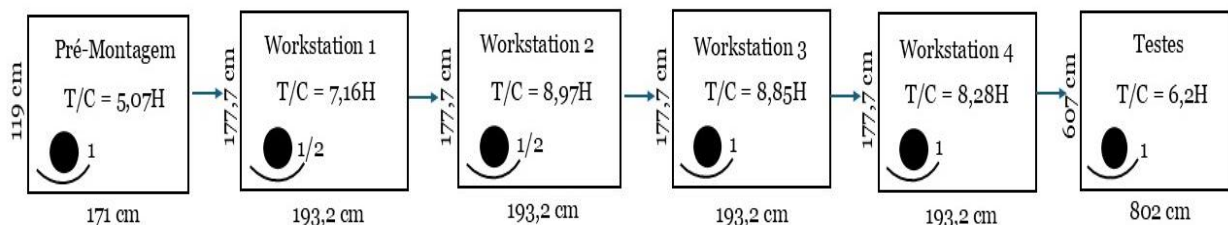


Figura 3.10 - Layout proposto

3.4.2. VSM futuro e Kanban

Através da criação da nova sequência de tarefas, foi possível idealizar e criar um VSM futuro, que demonstra o novo fluxo de material, os novos tempos de ciclo e de inventário, o novo *Lead Time* e um valor máximo agregado bastante positivo, encontrando-se representado na Figura 3.10.

A KÖRBER possui um sistema de *Kanban* integrado na fábrica de produção. Cada posto de montagem possui um posto de *Kanban*, com a adição de um *Kanban* geral com diferentes consumíveis elétricos e mecânicos, contendo material fornecido por fornecedores ou produzidos internamente.

Apesar de utilizar esta ferramenta, existem advertências à sua utilização, principalmente nos postos de *Kanban* nos postos de montagem, como material desatualizado e mal identificado. Deste modo, foi realizada uma triagem ao material presente em *Kanban* presente no posto de montagem de RGVs, através de um registo e comparação de material indicado em diferentes Ordens de Produção de projetos ativos. Assim, foi possível identificar o material comum entre Ordens de Produção, de modo a fazer uma futura atualização do posto de *Kanban* consoante a importância, dimensões, quantidades e significância dos materiais em questão.

Com base nesta análise cruzada das ordens de produção, identificou-se a necessidade de reestruturação do posto de *Kanban* da célula de montagem. Assim, foi definido um conjunto de critérios para a sua reorganização, privilegiando os materiais comuns entre projetos, o volume de consumo e a criticidade de cada item no processo produtivo.

A proposta incluiu a eliminação de materiais redundantes, a introdução de uma lógica de abastecimento mais regular e a revisão das quantidades mínimas e máximas armazenadas. Esta abordagem assegura maior robustez ao sistema de abastecimento de consumíveis, minimizando faltas e reduzindo o tempo perdido na procura de material, o que contribui diretamente para a estabilidade e previsibilidade do fluxo de montagem.

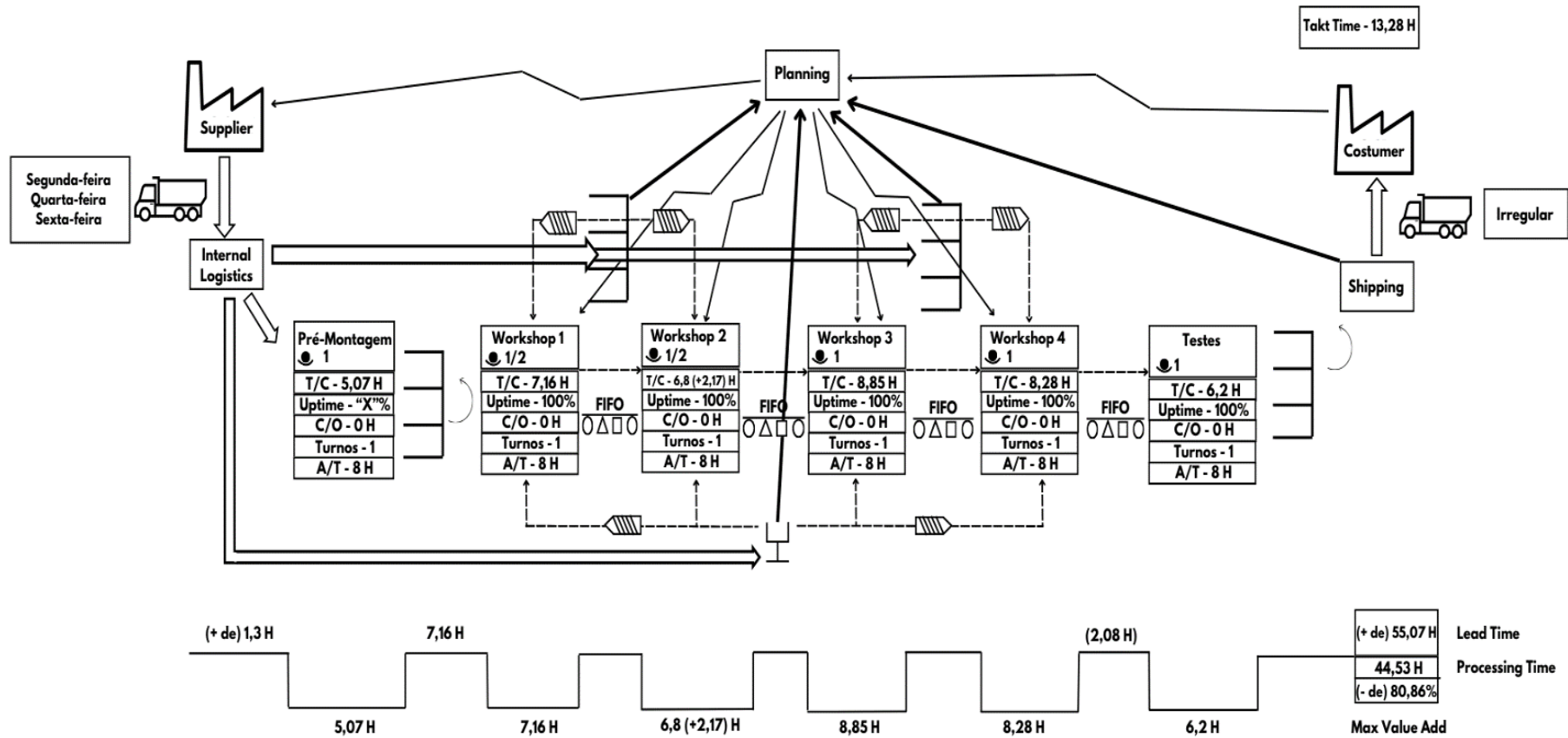


Figura 3.11 - VSM futuro do processo em estudo

Capítulo 4 – Implementação da Nova Sequência de Tarefas e Análise de Resultados

Após todas as propostas de melhoria terem sido aplicadas de modo a auxiliar a implementação da nova sequência de tarefas, foi possível colocar no chão de fábrica as ideias atrás exposta no Capítulo 3. As Figuras 4.1 e 4.2, respectivamente, representam os *outputs* referentes aos postos de montagem mecânica e elétrica do estado atual e do VSM futuro considerando a distribuição de tempo nos diferentes postos de trabalho.

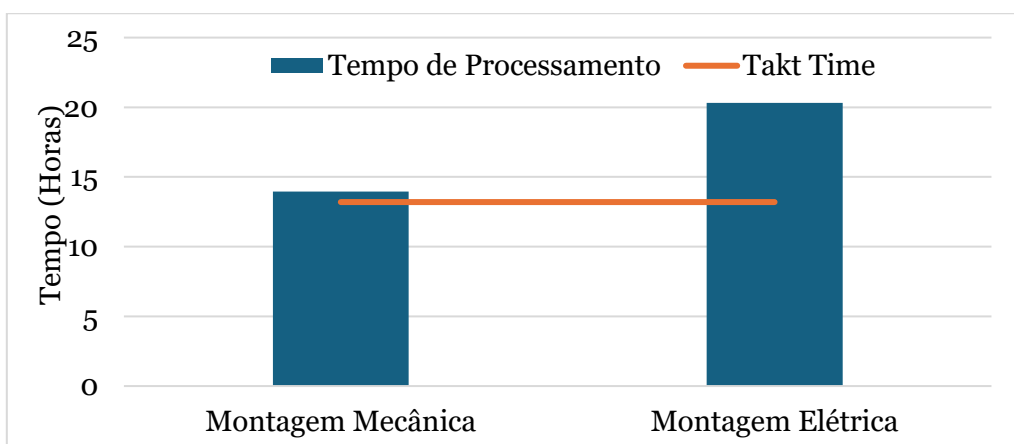


Figura 4.1 – Estado atual do processo

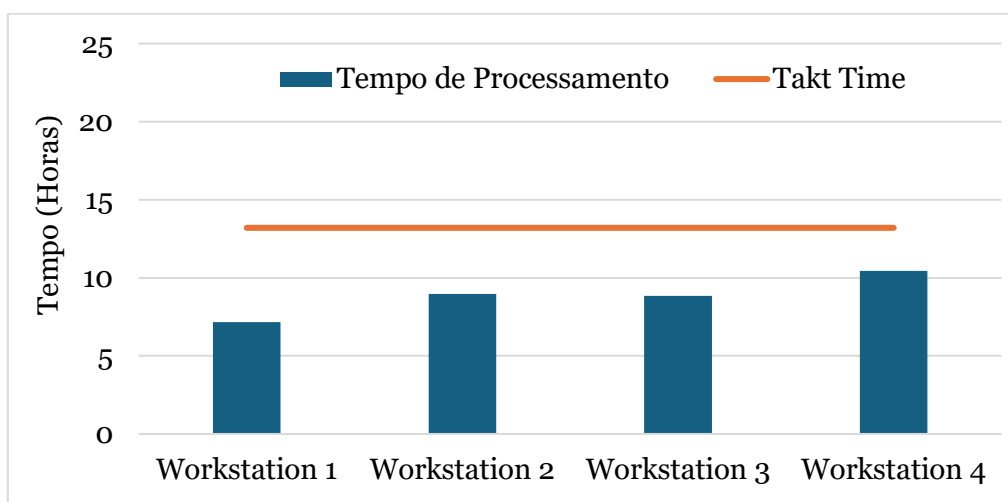


Figura 4.2 – Output do VSM futuro

A implementação da nova sequência de tarefas foi realizada em duas amostras do mesmo projeto, de forma a haver uma maior confiança nos dados retirados. Através da implementação e output dos colaboradores, foram retiradas várias observações referentes ao processo, de modo que este possa funcionar com o mínimo de falhas possíveis de futuro:

- O transportador tem de ser colocado na última *workstation*, juntamente com todas as tarefas realizadas neste.
- As ligações previstas para a segunda *workstation* só podem ser realizadas durante ou depois da passagem de cabos.
- É mais prático e vantajoso se as tarefas relacionadas com o quadro do RGV (quarta *workstation*) forem realizadas previamente às restantes ligações.
- Se os mecânicos e eletricitistas realizarem atividades fora da sua área, existe uma redução de WIPs.
- O cavalete planeado é necessário, de modo a reduzir tempo de movimentação entre postos.
- É necessário alinhar a produção com os testes e a expedição de modo a não haver material parado nos postos, ou criar uma *mura-station*.

Após a realização e contagem dos tempos por tarefa das duas amostras atrás descritas, foram obtidos os seguintes resultados apresentados nas Figuras 4.3 e 4.4. Como demonstra na análise das respetivas figuras, é possível realizar a produção de um RGV sem ultrapassar o *Takt Time* previsto, alterando a sequência de tarefas, garantindo fluxo de produção.

Porém, os resultados apontados somente se referem às atividades específicas de montagem, não incluindo o tempo gasto para a passagem de cabos pelo RGV, o qual é um processo demorado e essencial na eletrificação deste. Adicionando o tempo de passagem de cabos às *workstations* 3 e 4, o tempo de montagem permanece inferior ao *Takt Time*, mas cria um desequilíbrio nas horas de montagem entre os postos.

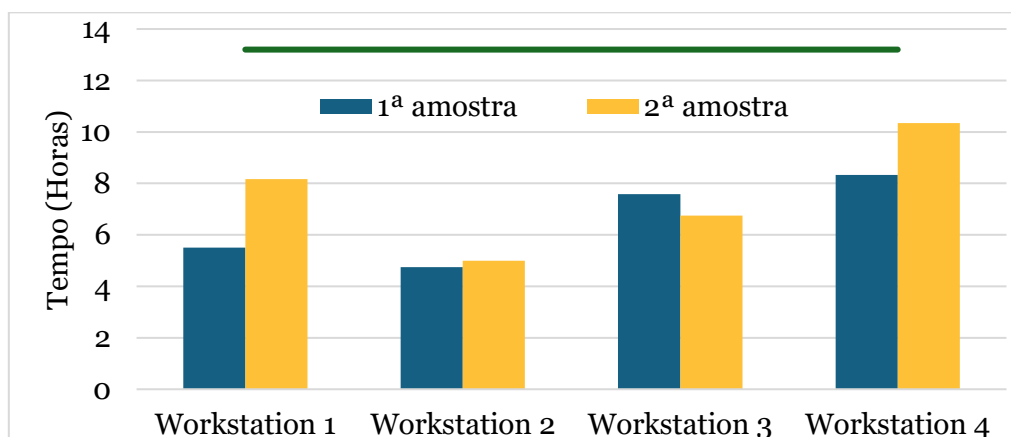


Figura 4.3 – Resultados após a implementação das propostas de melhoria

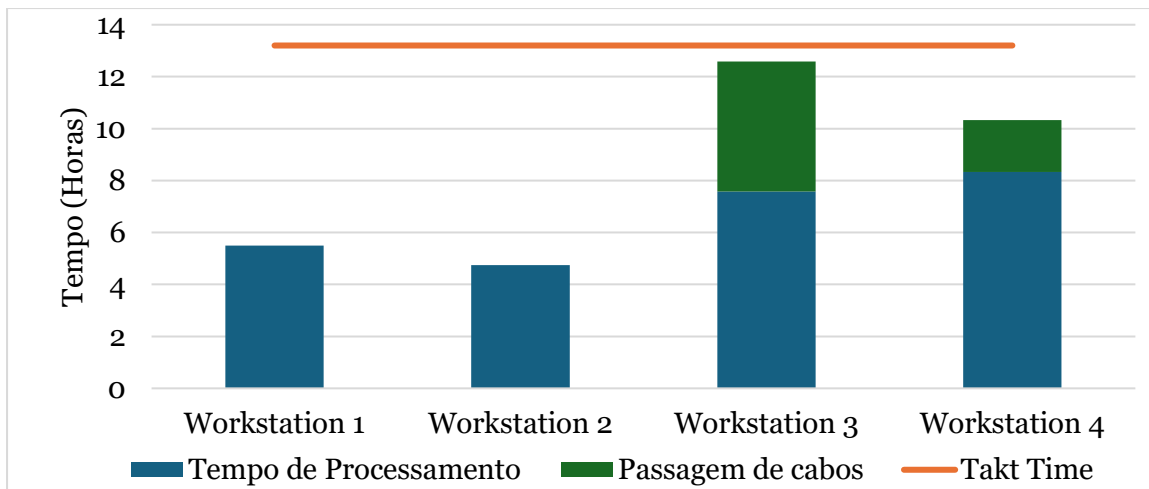


Figura 4.4 – Tempo de ciclo real de cada workstation

Analisando os custos e as horas de inatividade do processo atual e do novo processo, é possível confirmar que apesar de haver uma redução no tempo de montagem em cada posto, existe um aumento nas horas de inatividade. Deste modo, foi proposto a junção das *workstations* 1 e 2 como principal proposta de melhoria futura, equilibrando assim o tempo de montagem de cada posto, garantindo que não se realize a ultrapassagem do *Takt Time* previsto, possibilitando ainda a criação de um posto que sirva como *buffer* na linha de montagem caso seja necessário a paragem de produção de um RGV.

As propostas de melhoria futura e resultados numéricos encontram-se representados, respetivamente, pelas Figuras 4.5 e Tabela 4.1, onde se denotam a configuração do *layout* atual e custos associados, respetivamente, e ainda pela Figura 4.6 e Tabela 4.2, onde se denotam o *layout* proposto e custos associados, respetivamente.

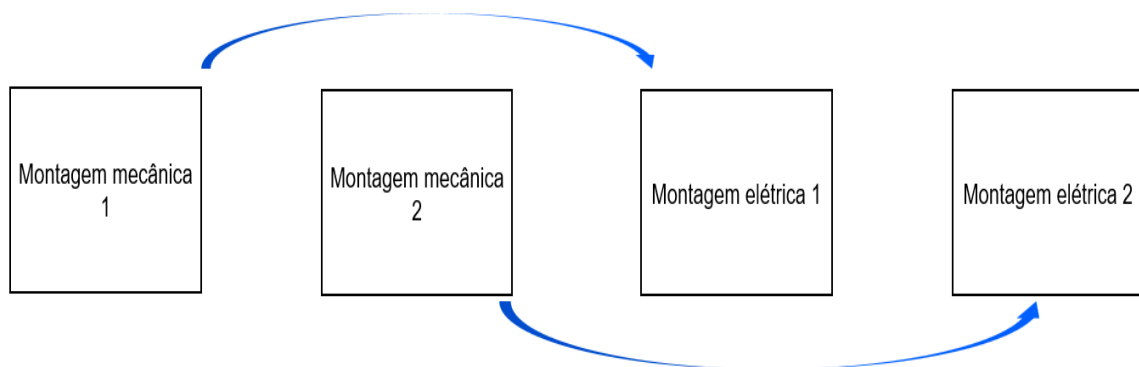


Figura 4.5 - Layout atual

Tabela 4.1 - Custos e inatividade atuais

Posto	FTEs	Horas	Custo/Hora	Custo (€)	Tempo de inatividade do posto (H)
Montagem mecânica 1	1	13,95	30	418,50 €	6,37
Montagem mecânica 2	1	13,95	30	418,50 €	6,37
Montagem elétrica 1	1	20,32	30	609,60 €	0
Montagem elétrica 2	1	20,32	30	609,60 €	0
Total (2 RGVs)				2 056,20 €	12,74 h

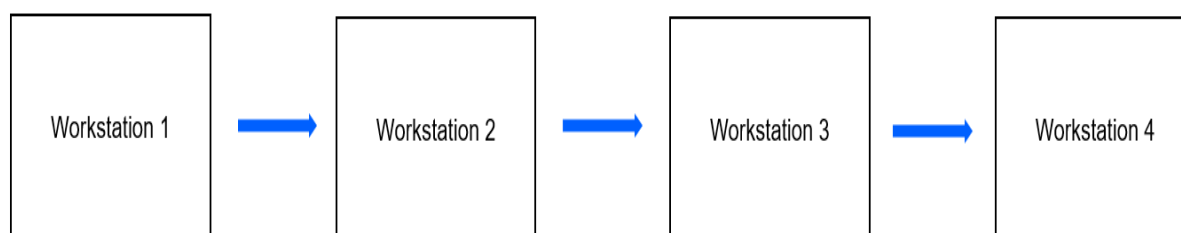


Figura 4.6 - Novo layout

Tabela 4.2 - Custos e inatividade da nova sequencia de tarefas

Posto	FTEs	Horas	Custo/Hora	Custo (€)	Tempo de inatividade do posto (H)
Workstation 1	1	5,5	30	165,00 €	7,08h
Workstation 2	1	4,75	30	142,50 €	7,83h
Workstation 3	1	12,58	30	377,40 €	0h
Workstation 4	1	10,33	30	309,90 €	2,25h
Total				994,80 €	17,16h

Como mencionado, a principal proposta de melhoria futura consiste na fusão entre as duas primeiras *workstations* propostas. Esta ação reduziria os WIPs, libertaria um FTE da produção de RGVs e aumentaria o *layout* da linha de montagem, possibilitando a criação de um posto de *buffer*. Esta ação resultaria numa redução de tempo de inatividade total de 64,1% relativamente ao processo atual e de 73,31% relativamente ao processo de acordo com a nova sequência de tarefas. Juntamente com a proposta de melhoria mencionada, foram idealizadas diferentes propostas de melhoria:

- Criação de *mura-station*.
- Formação de colaboradores para trabalhos mecânicos e elétricos.

- Se a procura não for excessiva, os 2 colaboradores das 2 últimas workstations poderiam trabalhar juntos e em simultâneo.
- Seguir sempre que possível a ordem de tarefas e o plano realizado, de modo que a produção não esteja parada.
- Criação de substituto da ponte.
- Implementação de uma melhor rotina de 5S, de modo a preservar o espaço da área de trabalho.
- Nova formação dedicada à equipa de Logística Interna sobre os itens em *Kanban* e paletes vazias.
- Nova sequência de tarefas para os postos de forma a criar balanceamento na linha.

Durante o decorrer do estágio realizado, foi possível ter uma visão abrangente e detalhada dos processos relativos à produção e montagem de RGVs, desde o acompanhamento inicial dos departamentos até à implementação de melhorias concretas no setor produtivo. Através da aplicação da metodologia DMAIC e da implementação de ferramentas *Lean*, identificaram-se ineficiências nos processos de montagem, tanto mecânica como elétrica, que impactavam negativamente o tempo de ciclo e a produtividade global.

A análise dos dados recolhidos permitiu evidenciar os principais pontos críticos, como a discrepância entre o *Takt Time* e os tempos de ciclo, a existência de WIPs entre os postos e a má organização do layout e dos materiais relativos ao *Kanban*. Com base nestas observações, foram definidas e implementadas propostas de melhoria, entre elas a atualização do layout, a reorganização da sequência de tarefas e a otimização do sistema de movimentação de materiais consumíveis.

Apesar de terem sido registadas melhorias significativas nos tempos de montagem e na fluidez do processo produtivo, verificou-se também um aumento nas horas de inatividade em determinados postos, o que levou à proposta de novas medidas de balanceamento e organização, como a fusão das duas primeiras workstations. Estas medidas visam garantir um processo produtivo com maior equilíbrio e eficiência, de acordo com os princípios do *Lean Manufacturing*.

O resultado do estágio traduziu-se numa melhoria clara no processo de montagem de RGVs, com a redução do Lead Time, a eliminação de desperdícios e num melhor alinhamento com o *Takt Time*. A nova sequência de tarefas implementada demonstrou ser funcional e viável, tendo ainda revelado aspetos adicionais de melhoria contínua. De forma geral, o impacto foi positivo para a organização, pois proporcionou ganhos de eficiência, organização e controlo do processo produtivo. A figura 4.7 e as tabelas 4.3, 4.4 e 4.5 representam o novo layout

proposto e as atividades relativas a cada workstation, assim como o tempo de ciclo de cada uma. Já a tabela 4.6 representa os custos e tempo de inatividade associados a esta proposta de melhoria, mostrando então uma redução dos tempos de inatividade entre cada workstation e uma redução do tempo de inatividade total.

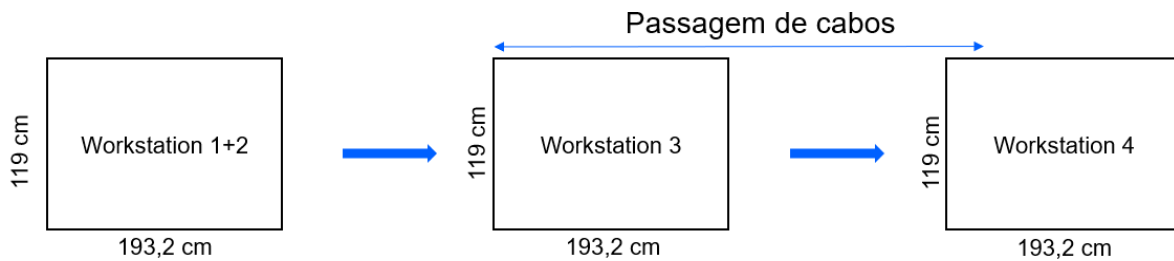


Figura 4.7 - Novo layout proposto

Tabela 4.3 - Sequência de tarefas das workstations 1+2

Colocar suportes	8,3 h
Furação da estrutura	
Lixar os encaixes da estrutura para os pivôs	
Colocar os pivôs	
Colocar braço	
Montar o quadro no RGV	
Montar as rodas	
Limpar os pivôs por fora	
Montar o 1º motor	
Montar suportes nos rolamentos para os magnéticos	
Montar suporte do <i>bumper</i>	
Montar o <i>bumper</i>	
Montar a estrutura em cada ponta superficial (onde está o botão de emergência)	
Montar o leitor QR e o coletor	
Montar o caminho de cabos	
Colocar 1ª caixa auxiliar	
Colocar 2ª caixa auxiliar	
Colocar 3ª caixa auxiliar	
Colocar o botão de emergência	
Colocar suporte resistência	
Colocar resistência	

Tabela 4.4 - Sequência de tarefas da workstation 3

Colocar calha LEDs	9,35 h
Colocar LEDs	
Meter o material no quadro	
Conectar os cabos ao quadro	
Ligar <i>connection box</i>	
Passagem de cabos pela lagarta	

Tabela 4.5 - Sequência de tarefas da workstation 4

Ligar a resistência	8,5 h
Ligar o <i>Bircher</i>	
Ligar o 1º motor	
Ligar o leitor QR	
Ligar o coletor	
Ligação da 1ª caixa auxiliar	
Ligação da 2ª caixa auxiliar	
Ligação da 3ª caixa auxiliar	
Colocar o transportador	
Colocar suportes fotocélulas	
Colocar fotocélulas e espelhos	
Colocar e ligar movi-mote	
Colocar logos Körber	
Montar blindagem lateral	
Montar blindagem superior	

Tabela 4.6 - Tabela de custos e de inatividade da melhoria proposta

Posto	FTEs	Horas	Custo/Hora	Custo (€)	Tempo de inatividade do posto (H)
Workstation 1+2	1	10,25	30	307,50 €	2,33h
Workstation 3	1	12,58	30	377,40 €	0h
Workstation 4	1	10,33	30	309,90 €	2,25h
Total				994,80 €	4,58h

Conclusões

O percurso desenvolvido ao longo deste trabalho refletiu não apenas a aplicação de ferramentas *Lean*, mas sobretudo uma forma diferente de observar e pensar o processo produtivo. A célula de montagem de RGVs da KÖRBER serviu como palco real para testar, adaptar e validar princípios da filosofia *Lean* num ambiente industrial com desafios concretos e dinâmicas próprias.

Recorrendo à estrutura do ciclo DMAIC, foi possível diagnosticar, através da análise de dados, os principais pontos críticos da célula, desde o desequilíbrio nos tempos de execução, passando pela disfunção do sistema Kanban, até à falta de padronização na organização do posto de trabalho. Com o auxílio de ferramentas como o VSM, o 6S e o acompanhamento diário de indicadores visuais (Daily Kaizen), foi implementado um conjunto de melhorias que resultaram numa maior fluidez do processo, redução de perdas e, acima de tudo, numa operação mais robusta e previsível.

Mas mais do que a melhoria dos resultados operacionais, como a redução do Lead Time e a diminuição de movimentos desnecessários, este projeto demonstrou o valor de envolver as equipas no processo de transformação. A mudança foi tanto técnica como cultural, promovendo maior consciência operacional, responsabilização coletiva e abertura à melhoria contínua.

Conclui-se que a filosofia *Lean* continua a ser uma ferramenta poderosa e atual para enfrentar os desafios das operações industriais. Este projeto contribuiu, assim, para consolidar o caminho da KÖRBER rumo à excelência operacional e posiciona-se como um exemplo replicável noutras células ou unidades da organização, estando de acordo com a visão estratégica da empresa no contexto da Indústria 4.0.

Bibliografia

- Banga, H. K. *et al.* (2020) 'Productivity improvement in manufacturing industry by lean tool', *Materials Today: Proceedings*, 28, pp. 1788–1794. doi: 10.1016/j.matpr.2020.05.195.
- Batwara, A. *et al.* (2023) 'Towards smart sustainable development through value stream mapping – a systematic literature review', *Heliyon*, 9(5), p. e15852. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e15852.
- Deshmukh, M. *et al.* (2022) 'Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review', *Materials Today: Proceedings*, 62, pp. 1489–1495. doi: 10.1016/j.matpr.2022.02.155.
- Hardcopf, R., Liu, G. (Jason) and Shah, R. (2021) 'Lean production and operational performance: The influence of organizational culture', *International Journal of Production Economics*, 235(January), p. 108060. doi: 10.1016/j.ijpe.2021.108060.
- Huang, Z. *et al.* (2022) 'The implementation of Industry 4.0 in manufacturing: from lean manufacturing to product design', *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 121(5–6), pp. 3351–3367. doi: 10.1007/s00170-022-09511-7.
- Kreutz, M. *et al.* (2021) 'Autonomous, low-cost sensor module for fill level measurement for a self-learning electronic Kanban system', *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), pp. 623–628. doi: 10.1016/j.ifacol.2021.08.173.
- Krupa, K. M., Patil, S. and Singh, B. (2022) 'Importance of Kaizen and Its Implementation in Design and Manufacturing System', *Proceedings of IEEE 2022 4th International Conference on Advances in Electronics, Computers and Communications, ICAECC 2022*, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICAECC54045.2022.9716625.
- Kumar, N. *et al.* (2022) 'Lean manufacturing techniques and its implementation: A review', *Materials Today: Proceedings*, 64, pp. 1188–1192. doi: 10.1016/j.matpr.2022.03.481.
- Lee, J. K. Y. *et al.* (2021) 'Sustainability-Oriented Application of Value Stream Mapping: A Review and Classification', *IEEE Access*, 9, pp. 68414–68434. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3077570.
- Manikandan, S. *et al.* (2024) 'Critical review on fostering sustainable progress: An in-depth evaluation of cleaner production methodologies and pioneering innovations in industrial processes', *Journal of Cleaner Production*, 452(April), p. 142207. doi: 10.1016/j.jclepro.2024.142207.

- Mariappan, R. C. S. *et al.* (2023) 'Intelligent VSM Model: a way to adopt Industry 4.0 technologies in manufacturing industry', *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 129(5–6), pp. 2195–2214. doi: 10.1007/s00170-023-12406-w.
- Marinelli, M. *et al.* (2021) 'Lean manufacturing and industry 4.0 combinative application: Practices and perceived benefits', *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), pp. 288–293. doi: 10.1016/j.ifacol.2021.08.034.
- Muotka, S., Togiani, A. and Varis, J. (2023) 'A Design Thinking Approach: Applying 5S Methodology Effectively in an Industrial Work Environment', *Procedia CIRP*, 119, pp. 363–370. doi: 10.1016/j.procir.2023.03.103.
- Pawlak, S., Nowacki, K. and Kania, H. (2023) 'Analysis of the impact of the 5S tool and Standardization on the duration of the production process - case study', *Production Engineering Archives*, 29(4), pp. 421–427. doi: 10.30657/pea.2023.29.47.
- Quezada, L. E. *et al.* (2019) 'Measuring performance using SWOT analysis and balanced scorecard', *Procedia Manufacturing*, 39(2019), pp. 786–793. doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.430.
- Reza, J. R. D. *et al.* (2025) 'Achieving strategic goals by continuous improvement and lean manufacturing implementation: A structural equation model -system dynamics approach', *Sustainable Futures*, 9(October 2024). doi: 10.1016/j.sftr.2025.100551.
- Rifqi, H. *et al.* (2021) 'Lean manufacturing implementation through DMAIC approach: A case study in the automotive industry', *Quality Innovation Prosperity*, 25(2), pp. 54–77. doi: 10.12776/qip.v25i2.1576.
- Romero, L. F. and Arce, A. (2017) 'Applying Value Stream Mapping in Manufacturing: A Systematic Literature Review', *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), pp. 1075–1086. doi: 10.1016/j.ifacol.2017.08.385.
- Soleymanizadeh, H. *et al.* (2023) 'Digital Twin Empowering Manufacturing Paradigms: Lean, Agile, Just-in-Time (Jit), Flexible, Resilience, Sustainable', *Procedia Computer Science*, 221, pp. 1258–1267. doi: 10.1016/j.procs.2023.08.114.
- Wang, C. N. *et al.* (2024) 'The performance analysis using Six Sigma DMAIC and integrated MCDM approach: A case study for microlens process in Vietnam', *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, (February). doi: 10.1016/j.jer.2024.04.013.
- Wolniak, R. (2023) 'The usage of kaizen in Industry 4.0 conditions', *Scientific Papers of Silesian University of Technology Organization and Management Series*, 2023(188). doi: 10.29119/1641-3466.2023.188.41.

Ballé, M., 2020. *Lean Enterprise Institute*. [Online]

Available at: <https://www.lean.org/the-lean-post/articles/how-using-kanban-builds-trust/>

[Acedido em 13 06 2025].

B. d. P., 2024. [Online]

Available at: <https://www.bportugal.pt/QS/qsweb/Dashboards>

[Acedido em 2024].

Estatística, I. N. d., 2024. https://www.ine.pt/ine_novidades/semin/cae/CAE_REV_3.pdf.

[Online].

Körber AG, 2024. *Sobre a Körber: Inovação e tecnologia industrial*. [Online]

Available at: <https://www.koerber.com/pt/>

[Acedido em 10 06 2025].

Körber, 2024. [Online]

Available at: <https://www.koerber.com/en/>

[Acedido em 2024].

Portugal, B. d., 2024. *Boletim Estatístico: Setores de atividade económica em Portugal*,

Lisboa: Banco de Portugal.

van de Kimmenade, D., 2024. *Enhancing inventory management using Kanban system: A case study approach.*, Tilburg: Tilburg School of Economics and Management.