



Melhoria do sistema de produção personalizado na indústria do mobiliário

INÊS DOS SANTOS SILVA

outubro de 2024

Melhoria do sistema de produção personalizado na indústria do mobiliário

Inês dos Santos Silva

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica, Área de Especialização em
Gestão Industrial**

Orientador: Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva

Júri:

Presidente:

Professor Doutor Arnaldo Guedes Pinto, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP)

Arguente:

Professor Doutor Carlos Roberto Regattieri, Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Paula Souza de São Paulo, Brasil

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de expressar a minha gratidão ao Prof. Doutor Francisco José Gomes da Silva por ter aceitado ser meu orientador, por toda a disponibilidade e apoio demonstrado durante todo o desenvolvimento desta dissertação, motivando e apoiando em todas as minhas tomadas de decisão.

Agradecer à Ferluca – Mecânica, Lda. pela oportunidade de desenvolver este trabalho e agradecer aos colegas de trabalho que me receberam de braços abertos e que partilharam comigo o seu conhecimento, estando sempre prontos a ajudar.

Um agradecimento especial à minha família e amigos que me acompanharam e apoiaram incondicionalmente ao longo deste percurso académico, com muita paciência, motivando-me e encorajando-me todos os dias a continuar a ultrapassar os obstáculos da vida sem nunca desistir dos meus sonhos. Sou vos eternamente grata por estarem sempre lá para mim!

Resumo

As empresas de produção de mobiliário enfrentam diversos obstáculos num mercado competitivo que tem vindo a crescer exponencialmente. O aumento do custo dos materiais, a variação na procura, a pressão para entregar produtos com elevada qualidade a preços reduzidos e a constante mudança de preferências dos consumidores são algumas das razões que fazem com que as empresas deste ramo sintam a necessidade de se adaptar rapidamente aos novos *designs* e tendências, o que pode ser difícil quando o sistema produtivo não é flexível.

A crescente preocupação pelo meio ambiente e a demanda por produtos e processos com menos desperdícios obriga as indústrias a aplicarem métodos de produção mais sustentáveis, enquanto mantém margens de lucro e elevados níveis de produtividade.

Esta dissertação, desenvolvida em contexto de estágio na Ferluca – Mecânica, Lda., teve como foco a otimização do sistema produtivo da organização e da eficiência global, a redução de desperdícios e o aumento da produtividade. A análise das linhas de produção de dois produtos diferentes permitiu identificar postos com efeito de gargalo, *bottlenecks*, tempos excessivos de transporte entre estações de trabalho e tempos de *setup* das diferentes operações demasiado longos.

O melhoramento do *layout* do chão de fábrica através do posicionamento estratégico dos equipamentos, postos de trabalho e locais de armazenamento, permitiu simplificar o fluxo dos materiais e componentes ao longo da produção, eliminando movimentos desnecessários, alcançando uma redução de cerca de 31% dos tempos de transporte, reduzindo o *lead time* do sistema produtivo.

A implementação de ferramentas *Lean*, com especial destaque à metodologia SMED, permitiu obter uma redução de cerca de 29% dos tempos de *setup* das linhas de produção por meio da identificação e conversão de algumas atividades internas em atividades externas das tarefas de *setup*, o que contribuiu para um aumento da flexibilidade e produtividade da organização.

No geral, as expectativas para este estudo foram superadas e foi demonstrado que a otimização de um sistema produtivo e a implementação de ferramentas e técnicas *Lean* tem impacto positivo na eficiência global de uma organização. Além disso, os resultados obtidos não só comprovam o aumento de produtividade, mas são também dados importantes para a realização de trabalhos futuros.

Palavras-chave: Indústria do Mobiliário, *Lean*, Otimização do *Layout*, SMED, Melhoria do Sistema Produtivo

Abstract

The furniture production factories face multiple challenges in a competitive market that has been growing exponentially. The rise of the costs of the materials, the variation of the demand, the pressure to deliver products with high quality at low prices and the constant change of preferences of the consumers are a few of the reasons that make the companies in this field the need to adapt quickly to the new designs and tendencies, which can be difficult when the production system is not flexible.

The growing concern for the environment and the demand for products and processes with less waste forces industries to apply more sustainable production methods, while maintaining profit margins and high levels of productivity.

This thesis, developed in an internship context in Ferluca – Mecânica, Lda., focused on the optimization of the production system of the organization and the global efficiency, the reduction of wastes and the increase in productivity. The analysis of the production lines of two different products allowed the identification of bottleneck stations, excessive times of transportation between workstations and setup times for different operations take too long.

The improvement of the factory layout through strategic positioning of equipment, workstations and storage locations, allowed to simplify the flow of materials and components throughout the production, eliminating unnecessary movements, achieving a reduction of approximately 31% in the transportation times, thereby reducing the lead time of the production system.

The implementation of Lean tools, with particular emphasis on the SMED methodology, which allowed to achieve a reduction of approximately 29% in setup times for production lines through the identification and conversion of some internal activities to external activities of the setup tasks, which contributed to an increase in flexibility and productivity of the organization.

In general, the expectations for this study were overachieved and it was demonstrated that the optimization of a production system and the implementation of Lean tools and techniques has a positive impact in the global efficiency of an organization. Furthermore, the results obtained not only demonstrate the increase in productivity but also provide important data for future work.

KEYWORDS: Furniture Industry, Lean, Layout Optimization, SMED, Improvement of the Production System

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia Científica	2
1.4. Estrutura da Dissertação	4
1.5. Identificação da Empresa	5
2. Revisão Bibliográfica	7
2.1. Desenvolvimento de Novos Produtos.....	7
2.2. Gestão de Projetos e Planeamento da Produção	11
2.3. Otimização de <i>Layouts</i> Industriais	18
2.4. Aplicação de Ferramentas <i>Lean</i> e Princípios Sustentáveis	21
3. Apresentação da Empresa, dos Processos, dos Produtos e do Problema	29
3.1. Apresentação da Empresa.....	29
3.2. Identificação dos Processos	30
3.2.1. Corte	30
3.2.2. Deformação.....	31
3.2.3. Maquinagem.....	33
3.2.4. Soldadura	35
3.2.5. Acabamento.....	35
3.2.6. Processos Subcontratados	36
3.3. Identificação dos Produtos.....	37
3.3.1. Produtos Similares	37
3.3.2. Produtos por Projeto	39
3.4. Identificação e Descrição do Problema.....	40
3.4.1. <i>Layout</i> Inicial	41
3.4.2. Diagrama de Fluxo	42
3.4.3. Gama Operatória	47
4. Análise e Resolução do Problema	49
4.1. Melhoria do <i>Layout</i>	49
4.1.1. Desenvolvimento do <i>Layout</i>	50
4.1.2. <i>Layout</i> Proposto	51
4.1.3. Diagrama de Fluxo Melhorado	52
4.1.4. Comparação de Resultados	54
4.2. Melhoria do Tempo de <i>Setup</i>	55
4.2.1. Metodologia SMED	56
4.2.2. Implementação do SMED	57

4.2.3. Comparação de Resultados	59
4.3. Gamas Operatórias Melhoradas	60
4.4. Discussão de Resultados	63
5. Conclusão	65
5.1. Conclusões finais	65
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	66
6. Referências.....	67

Lista de Figuras

Figura 1 - Metodologia <i>Action-Research</i> . Adaptado de: Coughlan & Coughlan (2002); García-Navarro et al. (2019); Tébar-Rubio et al. (2022).....	4
Figura 2 - Etapas do Desenvolvimento de Novos Produtos. Adaptado de: Blais et al. (2023); Cooper (2019)	8
Figura 3 - Método Sequencial. Adaptado de: Yin & Zhang (2021).....	9
Figura 4 - Gestão de Projeto Ágil. Adaptado de: Stettina & Hörz (2015).....	12
Figura 5 - Gestão Tradicional vs Gestão Ágil. Adaptado de: Serrador & Pinto (2015); Stare (2014)	12
Figura 6 - Objetivos da Manufatura Ágil. Adaptado de: Yao & Carlson (2003)	13
Figura 7 - Fatores que influenciam a Produtividade. Adaptado de: Sohi et al. (2016)	15
Figura 8 - Etapas <i>Lean Manufacturing</i> . Adaptado de: Nguyen & Do (2016).....	19
Figura 9 - Oito Desperdícios <i>Lean</i> . Adaptado de: Arunagiri & Gnanavelbabu (2014); Dieste et al. (2019); Ferreira et al. (2023); Melton (2005).....	22
Figura 10 - Ciclo PDCA. Adaptado de: Johnson (2002); Moen & Norman (2006); Neves et al. (2018).....	23
Figura 11 - Ciclo <i>Green Manufacturing</i> . Adaptado de: Xiong et al. (2020); Zhang & Zhang (2011)	25
Figura 12 - Guilhotina.....	30
Figura 13 - Máquina de Cortar Cantos.....	30
Figura 14 - Caixa de Amostras.....	31
Figura 15 - Prensa Mecânica	32
Figura 16 - Calandra	32
Figura 17 - Máquina de Curvar Tubos e Perfis.....	33
Figura 18 - Torno Convencional	34
Figura 19 - Centro de Maquinagem	34
Figura 20 - Polimento.....	36
Figura 21 – Exemplo de um Produto Polido.....	36
Figura 22 - Exemplo de um Produto em Inox Escovado	36
Figura 23 – Exemplo de Produto de Bancos de Bar	38
Figura 24 - Frank Stool	38
Figura 25 - Faye Stool.....	38
Figura 26 - Franki Stool	39
Figura 27 - Franki 2 Stool.....	39
Figura 28 - Exemplo Produto por Projeto (Cabide).....	40
Figura 29 – Demonstração do <i>Layout</i> Inicial do chão de fábrica	42
Figura 30 - Legenda do Diagrama de Fluxo.....	43
Figura 31 - Diagrama de Fluxo Inicial dos Bancos	44
Figura 32 - Diagrama de Fluxo Inicial dos Cabides.....	46
Figura 33 - Gama Operatória Inicial dos Bancos	47
Figura 34 - Gama Operatória Inicial dos Cabides.....	48

Figura 35 - <i>Layout</i> do chão de fábrica após implementação de melhorias	52
Figura 36 - Diagrama de Fluxo dos Bancos após melhoria do <i>Layout</i>	53
Figura 37 - Diagrama de Fluxo dos Cabides após melhoria do <i>Layout</i>	54
Figura 38 - Exemplos de Atividades Internas e Atividades Externas	56
Figura 39 - Comparação das atividades Externas e Internas Antes e Depois da implementação do SMED.....	59
Figura 40 - Gama Operatória dos Bancos após melhoria de <i>Layout</i> e de Tempo de <i>Setup</i>	61
Figura 41 - Gama Operatória dos Cabides após melhoria de <i>Layout</i> e de Tempo de <i>Setup</i>	62

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Aplicações <i>Action-Research</i>	2
Tabela 2 - Estrutura da Dissertação	4
Tabela 3 - Trabalhos sobre Desenvolvimento de Novos Produtos	10
Tabela 4 - Trabalhos sobre Gestão de Projetos e Planejamento da Produção.....	15
Tabela 5 - Estudos sobre Otimização de <i>Layouts</i> Industriais	20
Tabela 6 - Estudos sobre Ferramentas <i>Lean</i> e Princípios Sustentáveis	25
Tabela 7 - Processos Subcontratados	37
Tabela 8 - Descrição das Operações do Diagrama de Fluxo dos Bancos	43
Tabela 9 - Descrição das Operações do Diagrama de Fluxo dos Cabides	44
Tabela 10 - Distribuição das atividades internas e externas de <i>setup</i> dos bancos e dos cabides antes da implementação SMED	57
Tabela 11 - Distribuição das atividades internas e externas de <i>setup</i> dos bancos e dos cabides após implementação SMED	59
Tabela 12 - Comparação dos Valores Obtidos Antes e Após Melhoria	62

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

5W1H	<i>What, Why, Where, When, Who and How</i>
APM	<i>Agile Project Management</i>
AR	<i>Action-Research</i>
CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
DFA	<i>Design for Assembly</i>
DFM	<i>Design for Manufacturing</i>
DFMA	<i>Design for Manufacture and Assembly</i>
DMADV	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve and Control</i>
ECRS	<i>Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FAGs	<i>Functional Assembly Groups</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
GM	<i>Green Manufacturing</i>
ICT	<i>Information and Communications Technology</i>
JIT	<i>Just-in-Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
LM	<i>Lean Management</i>
MAG	<i>Metal Active Gas</i>
MC	<i>Mass Customization</i>
MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
METIP	<i>Metodologias de Investigação e Planeamento</i>
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
MRP	<i>Material Requirement Planning</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OF	<i>Order Fulfilment</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>

PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
PM	<i>Project Management</i>
POLCA	<i>Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization</i>
PRP	<i>Production-Routing Problem</i>
PVD	<i>Physical Vapor Deposition</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
SGPS	Sociedade Gestora de Participação Social
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>
TIG	<i>Tungsten Inert Gas</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

Lista de Símbolos e Unidades

%	Porcentagem
<i>min</i>	Minuto
<i>h</i>	Hora

1. Introdução

A presente dissertação foi elaborada no âmbito da obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica no Ramo de Gestão Industrial e encontra-se estruturada em cinco capítulos. A introdução encontra-se estruturada em cinco subcapítulos. No primeiro subcapítulo efetua-se uma breve contextualização do trabalho, seguindo-se os seus principais objetivos. Nos dois subcapítulos subsequentes, descreve-se a metodologia científica aplicada e a estrutura da dissertação. No último subcapítulo apresenta-se sucintamente a empresa de acolhimento.

1.1. Contextualização

Com a evolução do mercado e o envolvimento do consumidor na manufatura dos produtos, a procura por produtos customizados e personalizados é cada vez maior, forçando as indústrias a alterarem o seu processo produtivo e o método de planeamento da produção, de modo a manterem-se competitivas no mercado. Por forma a dar resposta à elevada procura de produtos personalizados e aos curtos prazos de entrega impostos pelo consumidor, as empresas têm vindo a adotar técnicas de melhoria dos sistemas produtivos.

A indústria do mobiliário desempenha um papel importante na vida doméstica e comercial de todos, funcionando como um elemento integrante no conforto, funcionalidade e *design* do quotidiano.

A área do mobiliário tem sido afetada por esta tendência do consumidor para a escolha de produtos diferentes, inovadores e sustentáveis, o que dificulta o planeamento do processo produtivo, a gestão de recursos e a definição de *layouts*, enquanto se mantém o foco na redução de custos e de tempos de produção e entrega, fazendo com que haja a necessidade de reavaliar e modernizar os processos produtivos.

Um sistema de produção eficiente e aperfeiçoado conduz à redução de custos, redução de *lead time* e melhoramento da qualidade dos produtos, o que, conseqüentemente, permite às empresas diversificar e aumentar a gama de produtos disponíveis, indo de encontro aos requisitos dos clientes. Além disso, a consciencialização pela sustentabilidade tem crescido nos últimos anos, levando as organizações a incluir no processo produtivo equipamentos e recursos sustentáveis.

Para permanecerem competitivas e ir de encontro à procura do cliente no mercado moderno, as indústrias de manufatura de mobiliário têm de se adaptar continuamente, visando atingir um sistema produtivo eficiente, sustentável e inovador.

1.2. Objetivos

O propósito desta dissertação centra-se na avaliação crítica da produtividade e eficácia global do sistema produtivo numa indústria de mobiliário face a crescente demanda do mercado por produtos customizados.

Os objetivos específicos estipulados por forma a melhorar o sistema de produção foram identificar postos com efeito de gargalo, *bottlenecks*, redução dos tempos de *setup*, redução dos tempos de transporte de materiais, identificação de problemas no *layout* do chão de fábrica e causas do manuseamento excessivo dos materiais. Ao investigar estes problemas, é possível compreender como afetam a capacidade da organização dar resposta à procura, manter elevados níveis de qualidade dos produtos e permanecer competitiva num mercado que está em constante evolução.

Esta dissertação serviu como alicerce para propor e implementar soluções práticas para os problemas identificados, como a implementação de ferramentas *Lean*, otimização do *layout* da fábrica e normalização dos processos, com vista a alcançar uma produção mais eficiente, uma redução dos desperdícios, um melhoramento do *lead time* e criar uma produção mais flexível.

1.3. Metodologia Científica

A metodologia *Action-Research* (AR) tem vindo a ser escolhida em casos onde se pretende melhorar práticas e atividades, mantendo o que já foi melhorado anteriormente, sendo usualmente adotada em situações onde o objetivo é o de melhorar estratégias, práticas e processos. Esta metodologia é bastante relevante na área da gestão de negócios, visto que faz a ligação entre o trabalho teórico e o prático executado na indústria (Tébar-Rubio et al., 2022).

A metodologia AR é um processo de desenvolvimento da educação e bases teóricas, através da inclusão e realce da prática. Sendo esta dissertação realizada em contexto laboral (estágio curricular), é fundamental haver o balanceamento de toda a base teórica do estado da arte com a prática, o que torna pertinente e justificável a aplicação desta metodologia nesta dissertação (J. C. da Silva et al., 2021; Robertson, 2000).

Na Tabela 1 encontra-se referida alguma literatura na qual foi aplicada a metodologia em questão.

Tabela 1 - Aplicações *Action-Research*

Referência Bibliográfica	Descrição
(Monteiro et al., 2019)	Num estudo realizado numa indústria de trabalhos em metal, foi utilizada a metodologia AR com o objetivo de melhorar a produtividade e reduzir o desperdício de um processo produtivo, mostrando que o uso e integração de ferramentas <i>Lean</i> permite atingir uma redução dos desperdícios de tempo necessário para movimentação de peças e redução da quantidade de produtos não-conformes, o que resulta num aumento dos ganhos da empresa.

(Trevisol, 2023)	A metodologia AR foi aplicada neste estudo efetuado numa indústria de mobiliário brasileira, com a finalidade de melhorar o sistema produtivo, o aproveitamento do espaço e a eficiência e produtividade do seu setor produtivo. Com o uso do <i>software Solidworks</i> e da simulação das diversas propostas de <i>layout</i> , foi possível identificar o <i>layout</i> ideal que garantia um aproveitamento ótimo do espaço disponível, redução da movimentação de materiais e de recursos, controlo da produção mais eficiente e redução global dos desperdícios.
(Reis et al., 2016)	Este estudo foi realizado numa indústria do setor automóvel, e colocou em prática a metodologia AR ao aplicar ferramentas e técnicas <i>Lean</i> com o objetivo de otimizar o sistema de produção. A redução significativa de <i>stock</i> e o aproveitamento do espaço disponível para produção foi alcançado através da efetivação dos tempos de ciclo, da normalização de sistemas visuais de tarefas de abastecimento de material nos postos de trabalho, e da organização e racionalização do chão de fábrica.
(Shahbazi & Jönbrink, 2020)	Neste estudo, o AR é utilizado como um processo iterativo para desenvolver e testar diretrizes que ajudam as empresas de mobiliário nórdico a compreender e aplicar na sua organização e produção estratégias de economia circular, onde os produtos são reutilizados, remanufaturados, reciclados e reparados. A aplicação do conjunto de diretrizes mostra que há uma redução dos custos de matéria-prima e dos custos da produção.
(Garay et al., 2021)	Com a finalidade de melhorar a produtividade numa indústria do ramo do mobiliário, a metodologia AR é usado neste estudo que propõem um modelo que combina ferramentas como os 5S's, o planeamento do <i>layout</i> , e métodos de trabalho, obtendo uma distribuição correta da produção, do chão de fábrica, e melhor ambiente de trabalho, o que resulta num aumento da produtividade.
(Budianto et al., 2020)	Este estudo centra-se na comparação de dois métodos utilizados para desenhar <i>layouts</i> industriais para obter um melhor aproveitamento do espaço no chão de fábrica. Assim, a metodologia AR é utilizada na aplicação e comparação entre o método sistemático de planeamento de <i>layout</i> (SLP – <i>Systematic Layout Planning</i>) e o <i>software</i> ALDEP (<i>Automated Layout Design Program</i>) que, após implementação de ambos, se conclui que os dois modelos permitem que haja uma redução dos custos de manuseamento de material, sendo mais significativo quando é selecionado o <i>software</i> ALDEP.

No que concerne ao cronograma de trabalho, evidente na Figura 1, principiou-se com a contextualização e definição do problema, seguindo-se pela escolha do caso de estudo, referente ao segundo passo da metodologia. O terceiro e quarto passos são relativos aos dados, tendo-se procedido à recolha e análise de dados e, com base nos dados recolhidos, são planeadas as ações. O processo de implementação das ações é o mais importante, e está dividido em cinco fases, as quais formam um ciclo onde são geradas novas ações a ser implementadas. Este ciclo, que usualmente é percorrido três vezes, é composto pelo diagnóstico, onde se avalia a informação obtida, permitido passar à fase de planeamento das ações, onde são ponderadas e definidas as medidas a tomar, passando à etapa seguinte, a implementação das ações planeadas na fase anterior. Dando por concluída a implementação prática das ações, procede-se à avaliação dos resultados obtidos, seguida pela aprendizagem específica, onde se efetua uma análise de todo o ciclo, resultando em novos métodos e possíveis pontos de melhoria (Coughlan & Coughlan, 2002; García-Navarro et al., 2019; Marinho et al., 2021; Mourato et al., 2021; Tébar-Rubio et al., 2022).

Terminados os três ciclos, procede-se à avaliação e análise dos resultados obtidos, e dos fatores de melhoria provenientes de todas as ações e medidas implementadas. Por fim, na etapa de aprendizagem final efetua-se a análise crítica de todo o trabalho, face ao seu aproveitamento na indústria e no âmbito teórico (Coughlan & Coghlan, 2002; García-Navarro et al., 2019; Marinho et al., 2021; Mourato et al., 2021; Tébar-Rubio et al., 2022).

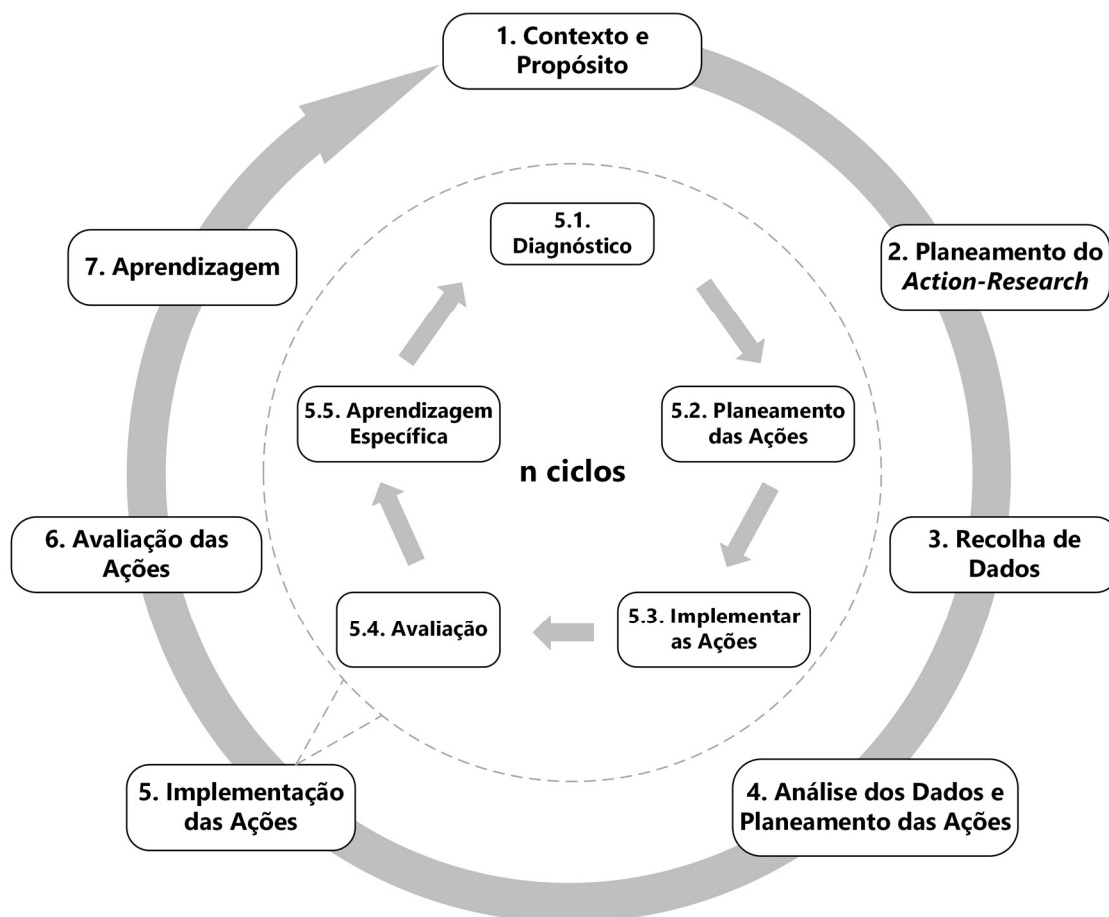


Figura 1 - Metodologia *Action-Research*. Adaptado de: Coughlan & Coghlan (2002); García-Navarro et al. (2019); Tébar-Rubio et al. (2022)

1.4. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se repartida em cinco capítulos principais, conforme ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Estrutura da Dissertação

Capítulo	Descrição
Primeiro Capítulo	Introdução e contextualização do tema, principais objetivos do trabalho, metodologia científica aplicada, estrutura da dissertação e breve apresentação da empresa de acolhimento.
Segundo Capítulo	Estado da arte, estando presentes conceitos teóricos, métodos e ferramentas de suporte para a elaboração desta dissertação. O estado da arte está fundamentado em artigos, revistas, jornais e livros científicos.

Terceiro Capítulo	Apresentação da empresa, dos processos presentes no chão de fábrica e de alguns dos processos subcontratados e identificação dos produtos fabricados na empresa que serão alvo de estudo. Identificação e descrição dos problemas presentes no sistema produtivo da organização.
Quarto Capítulo	Análise e resolução do problema do <i>layout</i> e do tempo de <i>setup</i> através da reorganização dos equipamentos presentes na indústria e da implementação da metodologia SMED e discussão dos resultados obtidos.
Quinto Capítulo	Considerações finais relativas ao trabalho desenvolvido em contexto de estágio, principais contributos para a empresa e propostas de trabalhos futuros.

1.5. Identificação da Empresa

O desenvolvimento desta dissertação foi efetuado em contexto de estágio na empresa Ferluca - Mecânica, Lda., tendo como supervisor o Eng^o Ricardo Lucas.

A Ferluca - Mecânica, Lda., sita na Zona Industrial da Várzea do Monte, N^o 3, 4780-584 Santo Tirso, é uma empresa familiar que conta com doze colaboradores e se insere no ramo da metalomecânica, sendo especialista em projetos de mobiliário de elevada qualidade.

2. Revisão Bibliográfica

No presente capítulo, referente ao estado da arte, são apresentados conceitos teóricos, métodos e ferramentas de suporte para a elaboração desta dissertação, tendo por base artigos científicos, revistas, jornais e livros. Este capítulo encontra-se repartido em subcapítulos que abordam tópicos que seguem uma linha lógica de raciocínio e estão ligados entre si, começando pelo conceito de desenvolvimento de novos produtos e de gestão de projetos e planeamento da produção, prosseguindo pelo tema de melhoramento de *layouts* industriais, e finalizando com a importância da aplicação de ferramentas *Lean* e princípios sustentáveis na indústria.

2.1. Desenvolvimento de Novos Produtos

O desenvolvimento de novos produtos é uma estratégia adotada por diversas empresas nas mais variadas áreas, para pensar e desenhar produtos inovadores e diferenciados, e introduzi-los no mercado. O desenvolvimento de novos produtos é caracterizado pelas etapas presentes na Figura 2.



Figura 2 - Etapas do Desenvolvimento de Novos Produtos. Adaptado de: Blais et al. (2023); Cooper (2019)

A globalização e a evolução digital e do mercado, revelam a importância do desenvolvimento de novos produtos, garantindo que muitas indústrias permaneçam competitivas e produtivas (Dabić et al., 2023). Contudo, o desenvolvimento de novos produtos acarreta um elevado risco de falha. Como tal, o uso de indicadores de desempenho permite monitorizar o avanço das atividades adjacentes ao desenvolvimento do produto, resultando numa redução dos riscos (Blais et al., 2023).

Segundo Tu et al. (2004), customização em massa, *Mass Customization* (MC), é a capacidade de produzir uma variedade de produtos customizados individualmente, de forma rápida, em grande escala, e com custos igualáveis aos de produção em massa. Associado a este conceito está o termo de estratégia de customização em massa, que segundo Machado & de Moraes (2010), refere-se ao “conjunto de planos que serve de referência para as tomadas de decisão no sentido de satisfazer as necessidades individuais dos clientes”.

O conceito de inovação frugal, segundo Pisoni et al. (2018), quer dizer introduzir algum produto novo ou diferente, inovador, com baixos custos, poucos recursos e sem desperdícios.

A falta de qualidade de execução e fraca procura de determinados novos produtos é notável, e está relacionada com a falta de análise do mercado, lançamentos de produtos de forma fraca e má gestão do projeto (Cooper, 2019). A grande maioria dos projetos que têm um planeamento

do desenvolvimento e da produção de produtos, quer sejam novos ou já existentes, não têm em consideração os riscos que podem ocorrer ao longo da produção no que diz respeito ao agendamento, custos de matéria-prima, custos de produção, aceitação no mercado, entre outros. Isso pode provocar um atraso no projeto, muitas vezes próximo da data de introdução no mercado, o que torna impossível o seu atempado lançamento, colocando em risco a qualidade planeada para o produto (Smith & Merritt, 2020).

O processo de desenvolvimento de um novo produto consiste numa sequência de atividades que uma empresa adota para desenvolver, desenhar, produzir e comercializar um novo produto. Na generalidade das pequenas e médias indústrias o método adotado é o sequencial, apresentado na Figura 3. Nesta estratégia, só é possível avançar para a etapa seguinte quando a anterior estiver concluída, estando cada uma destas etapas bem definidas, com o objetivo de atingir eficiência e produtividade (Yin & Zhang, 2021).

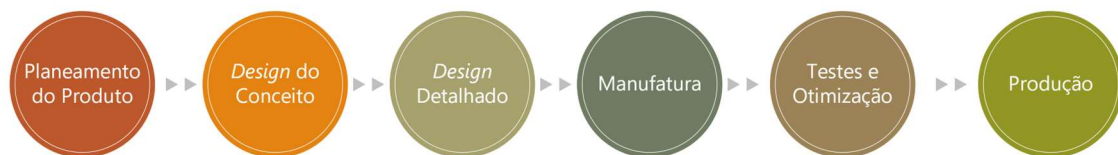


Figura 3 - Método Sequencial. Adaptado de: Yin & Zhang (2021)

A gestão do ciclo de vida de um produto consiste na gestão de forma eficiente, desde o momento inicial que surge a ideia do produto, até que é descartado, sendo aplicado a qualquer tipo de indústria e de produto. No decorrer do ciclo de vida de um produto, as pessoas são todas importantes, no sentido em que definem os requisitos do produto, desenvolvem o produto para ir de encontro aos requisitos, e dão suporte ao seu desenvolvimento no chão de fábrica (Stark, 2022).

O *Product Lifecycle Management* (PLM) é crucial no planeamento da produção de novos produtos, pois permite que o lançamento para o mercado do novo produto seja mais rápido. Caso contrário, o consumidor pode optar pela concorrência (Stark, 2022). No entanto, o lançamento demasiado rápido de um novo produto implica, na grande maioria das vezes, que a gestão dos riscos não seja considerada, sendo que todas as decisões relacionadas com um projeto têm riscos associados, implícitos ou explícitos (Smith & Merritt, 2020).

O departamento R&D (*Research and Development*) é responsável pela pesquisa e desenvolvimento de produtos novos e inovadores, tendo em mente que quanto menor for a quantidade de componentes diferentes entre produtos, isto é, quanto maior for a quantidade de componentes e peças comuns entre produtos, mais baixos são os custos de produção, o que leva a organização a obter maior margem de lucro (Korhonen et al., 2016).

Na Tabela 3 encontram-se descritos alguns trabalhos que abordaram o tópico de desenvolvimento de novos produtos referindo que métodos foram utilizados e respetivos resultados obtidos.

Tabela 3 - Trabalhos sobre Desenvolvimento de Novos Produtos

Referência Bibliográfica	Descrição
(Mourtzis et al., 2019)	Neste trabalho é proposta a utilização de ferramentas ICT (<i>Information and Communications Technology</i>) para incentivar as empresas de manufatura a adotar a técnica frugal, permitindo analisar os requisitos dos clientes e (re)desenhar produtos já existentes e gerar uma rede de produção eficiente a nível de custo, tendo em conta os fornecedores locais e outros critérios relevantes para a economia da organização.
(Blais et al., 2023)	Para gerir um projeto de desenvolvimento de novos produtos é crucial adotar métodos e ferramentas que incluam todas as etapas, atividades e indicadores que permitem uma correta alocação e gestão dos recursos. Neste artigo foram estudadas cinco empresas Canadianas que apresentam uma elevada taxa de sucesso no lançamento de novos produtos. Estas indústrias implementam um conjunto de indicadores de tempo, custo, qualidade, requisitos técnicos, vendas, satisfação do cliente, consumo de recursos, lucro e retorno do investimento aquando do desenvolvimento de novos produtos. Não obstante, estes indicadores são variáveis entre as empresas, o que faz com que não seja possível delinear um processo de desenvolvimento de novos produtos, visto este ser adaptável às necessidades da organização, aos recursos disponíveis, às qualificações dos operadores, à presença de engenheiros e gestores de projeto, ao tipo de produto a ser criado, à proximidade com os clientes e à colaboração de subcontratos.
(J. Santos et al., 2017)	É de extrema importância que os <i>designers</i> tenham consciência e façam alterações aos desenhos iniciais dos produtos por forma a reduzir o peso e facilitar a manufatura dos novos produtos. Ao ter em atenção estes indicadores a produção torna-se mais limpa e mais <i>eco-friendly</i> dado que reduz o consumo e emissão de energia. Um novo produto com um <i>design</i> bem definido e otimizado e com o material e processo de manufatura bem planeados e selecionados, resulta, segundo este estudo, direcionado a indústrias de manufatura de componentes para veículos pesados, numa redução drástica do peso dos componentes e dos camiões de transporte, da quantidade de processos necessários para produzir o produto, o tempo e energia gastos na manufatura dos componentes, e redução dos desperdícios existentes na indústria.
(P. V. Lopes et al., 2019)	Neste artigo é aplicada a metodologia DFMA (<i>Design for Manufacture and Assembly</i>) que é baseado em dois conceitos, DFA (<i>Design for Assembly</i>) e DFM (<i>Design for Manufacturing</i>). Esta metodologia foi implementada numa empresa de manufatura de contentores para camiões de transporte, e permitiu aprimorar um produto já existente por forma a reduzir o tempo de produção em cerca de 8 horas, o que se deve ao facto do novo conceito de <i>design</i> criado a partir do DFMA ser mais fácil de produzir. Além disso, este novo método de produção fez com que o produto fosse mais competitivo no mercado pois permitiu aumentar a capacidade de carga que o contentor suporta devido ao aumento de volume disponível.

(Baptista et al., 2020)	Este estudo foi aplicado numa indústria de sistemas de ar condicionado e implementou a metodologia <i>Six Sigma</i> ao longo do ciclo <i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i> (DMADV) do desenvolvimento de um novo produto. O FMEA (<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>) foi utilizado para analisar o fluxo de produção em massa para que a equipa fosse capaz de prever possíveis erros no processo de montagem do produto, calculando o <i>Risk Priority Number</i> (RPN) e criando um sistema <i>Poka-Yoke</i> . Após efetivação das técnicas, foram avaliados os resultados e conclui-se que o tempo de ciclo é inferior ao <i>Takt Time</i> , logo, a produção deste novo produto é factível e não reduz a produtividade nem eficiência da organização.
-------------------------	--

Na temática acima abordada, desenvolvimento de novos produtos, no trabalho de Lopes et al. (2019) foi aplicado o método DFMA que mostrou ser bastante pertinente no desenvolvimento de novos produtos a partir de produtos já existentes com a finalidade de reduzir o tempo de produção. No trabalho de Baptista et al. (2020) foi implementada a metodologia *Six Sigma* no planeamento da produção de um novo produto, revelando que o processo produtivo é factível e não afeta a produtividade nem a eficiência da organização.

2.2. Gestão de Projetos e Planeamento da Produção

A gestão de projetos e o planeamento da produção garantem a eficiência e boa organização de indústrias nas mais diversas áreas, sendo cruciais quando existem processos e operações de manufatura de produtos/encomendas por projeto.

A aplicação e estruturação de metodologias, de ferramentas e de técnicas para inicializar, planear, executar, monitorizar e finalizar projetos com sucesso são a base do *Project Management* (PM). O gestor de projeto é responsável pela definição dos objetivos, das restrições, do prazo de entrega, de marcos importantes e *timeline*, alocação de recursos, controlo e avaliação dos custos e mitigação de riscos por forma a garantir que o projeto/produto é finalizado dentro do prazo estipulado pelo cliente e com garantia da qualidade final. Além disso, uma gestão de projeto bem-sucedida não só aumenta a eficiência da empresa como contribui para a implementação de estratégias inovadoras (Bordley et al., 2019; Radujković & Sjekavica, 2017; Rivera & Kashiwagi, 2016; Sanchez et al., 2017).

Por outro lado, o planeamento da produção foca-se, principalmente, na otimização de processos e operações da produção, incluindo efetuar a previsão da procura, a determinação de requisitos de recursos, agendamento das diferentes etapas da produção e da distribuição da matéria-prima e dos materiais necessários para proceder à manufatura dos produtos. O objetivo predominante deste planeamento é a organização ser capaz de responder à procura do mercado enquanto minimiza o *lead time*, reduz os custos de produção e maximiza a eficiência geral dos equipamentos (OEE – *Overall Equipment Effectiveness*) (Andersson & Bellgran, 2015; Tellini et al., 2019).

Uma indústria ágil é aquela que aprende rápido e eficazmente. A agilidade na gestão de projeto é um processo de aprendizagem contínuo, que tem em foco as rotinas e a cultura da

organização e que se caracteriza pelos aspetos presentes na Figura 4 (Serrador & Pinto, 2015; Stettina & Hörz, 2015).

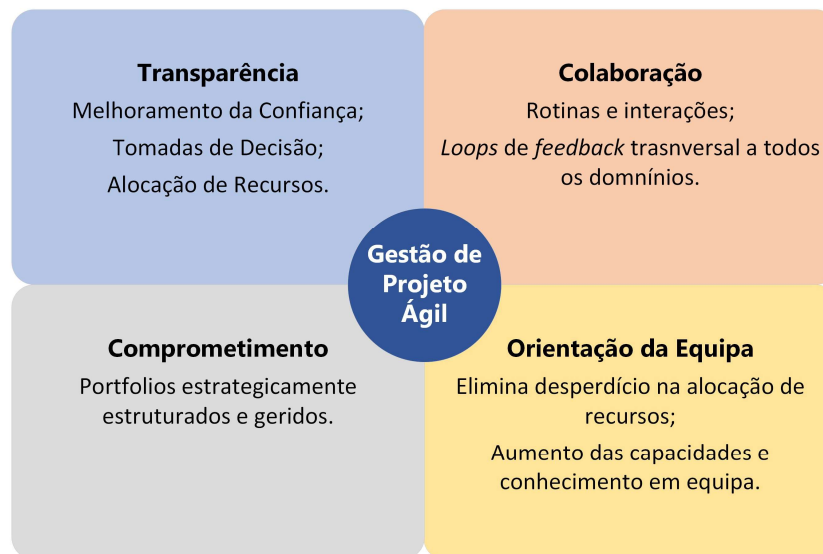


Figura 4 - Gestão de Projeto Ágil. Adaptado de: Stettina & Hörz (2015)

As principais diferenças entre uma gestão de projeto tradicional e uma gestão ágil encontram-se na Figura 5.

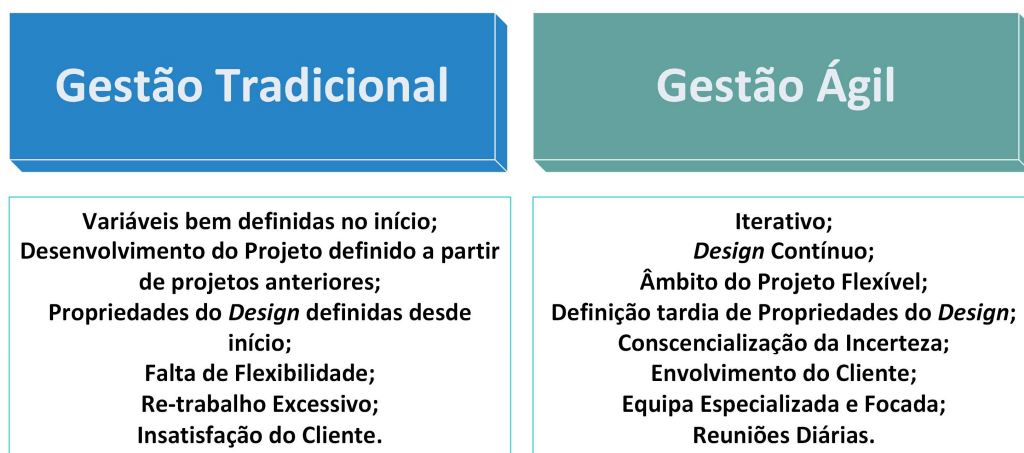


Figura 5 - Gestão Tradicional vs Gestão Ágil. Adaptado de: Serrador & Pinto (2015); Stare (2014)

A inovação é a chave para o sucesso das empresas inseridas em mercados cada vez mais exigentes. No que diz respeito a indústrias de manufatura de produtos, a inovação implica repensar e redesenhar os processos e estruturar a produção, levando as organizações a adotar modelos híbridos de gestão de projeto como o conceito de *Agile Project Management (APM)* que, quando aplicado, permite otimizar a produção devido ao facto de fazer com que a entrega ao cliente seja mais rápida, haja mais comunicação entre todos os operadores e de forma eficiente, melhor qualidade e facilidade na identificação e análise de riscos, mesmo perante problemas e projetos mais complexos (Brandl et al., 2021; Gomes Silva et al., 2022a; Rasnacic & Berzisa, 2017; Serrador & Pinto, 2015).

Segundo Rasnacic & Berzisa (2017), para implementar com sucesso a metodologia APM numa indústria, é necessário que a gestão de topo garanta que todos os colaboradores estejam preparados e familiarizados com as mudanças que a aplicação do APM faz, pois, uma das principais razões pela qual este método não é eficaz nalgumas organizações deve-se ao facto da não adesão por parte de alguns membros da equipa.

Além disso, na adoção de uma gestão ágil de projetos, é aconselhada a utilização de ferramentas visuais, como os quadros visuais, que estão cada vez mais presentes no chão de fábrica, que permitem a comunicação entre colaboradores e chefes ao suportar o planeamento e controlo de tarefas e operações que estão a ser executadas. No entanto, os *softwares* de gestão e planeamento de recursos, como por exemplo o *Enterprise Resource Planning (ERP)*, são ferramentas cruciais para garantir que toda a informação está registada e atualizada, logo, é vantajoso numa indústria adotar os dois métodos, o físico e o tecnológico (Conforto & Amaral, 2016).

Segundo Yao & Carlson (2003), para uma indústria no ramo do mobiliário conseguir alcançar uma produção ágil é necessário implementar um sistema que, em tempo real, forneça informação sobre o estado e localização dos lotes, componentes e subconjuntos e informação atualizada sobre o inventário de materiais e matérias-primas e registo dos trabalhos em curso *Work in Progress (WIP)*. A implementação deste sistema visa responder aos objetivos estipulados de uma manufatura ágil, evidentes na Figura 6.

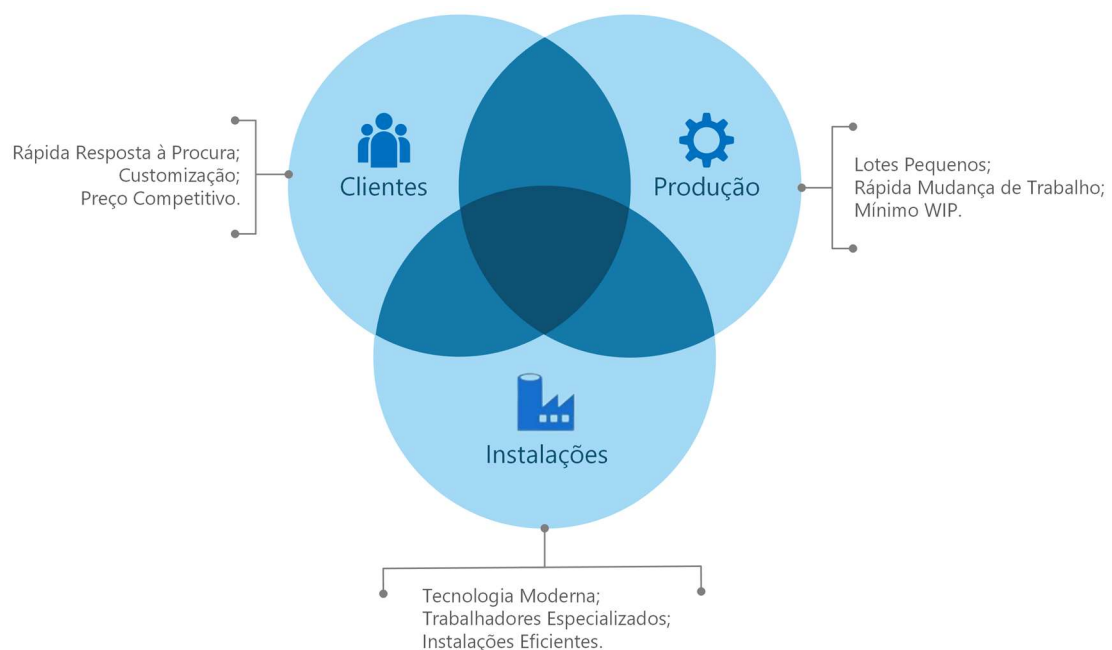


Figura 6 - Objetivos da Manufatura Ágil. Adaptado de: Yao & Carlson (2003)

O conceito que aborda os problemas relativos ao planeamento da produção e ao planeamento do roteamento, *Production-Routing Problem (PRP)*, foi introduzido por Chandra (1993), e tinha como objetivo minimizar os custos totais da produção, do planeamento, do inventário e os custos de transporte. A sua eficácia foi posteriormente comprovada por Chandra & Fisher

(1994), que mostrou que após utilização do PRP foi possível às organizações atingir reduções dos custos totais de cerca de 3 a 20%.

Com a crescente consciencialização da comunidade pelo meio ambiente, cada vez mais os clientes visam procurar indústrias com princípios sustentáveis que mantenham os seus preços competitivos. Assim, segundo Gomes Silva et al. (2022), ao utilizar o APM as empresas conseguem gerir rapidamente novos requisitos que surjam no mercado face à sustentabilidade.

No trabalho de Zeddami et al. (2020) é proposta a utilização do PRP com foco, não só na redução dos custos, mas também na redução de gastos e consumos energéticos e eliminação do desperdício dos materiais, visto que o PRP ajuda o gestor de projeto nas decisões a tomar e na determinação e identificação dos períodos ideais para a produção e respetiva quantidade a produzir, a quantidade de matéria e produto acabado a manter em *stock* e a compreender qual o melhor trajeto de entrega a ser feito, ou seja, o roteamento otimizado para cada veículo de transporte.

O planeamento das ordens de fabrico alocadas aos recursos disponíveis para a produção, mais concretamente as máquinas, é uma etapa crucial na gestão de projetos e análise de tempos e custos. No entanto, o aumento da procura de produtos customizados torna o planeamento das ordens de fabrico dos equipamentos praticamente impossível de efetuar devido à elevada gama de produtos e variantes e devido à falta de experiência de manufatura do produto. Não obstante, a complexidade exigida na produção e a influência do ser humano em todas as operações, resulta numa estimativa de tempos de trabalho difícil de realizar, reduzindo significativamente a precisão dos agendamentos e planeamento da produção (V. Silva et al., 2021; Tellini et al., 2019; Vidal et al., 2008).

Vandermerwe & Rada (1988) introduziu o termo *Servitization* que se refere “adição de valor através da adição de serviços”. Este conceito está cada vez mais presente nas indústrias que passaram de produção em massa para “customização em massa” pois ajuda a dar resposta aos requisitos do consumidor final, enquanto permite expandir o ciclo de vida dos produtos, reduzir os custos de produção e garantir que a organização seja sustentável e consciente do meio ambiente que a rodeia (Marques et al., 2017).

Segundo Sohi et al. (2016) uma forma de conseguir dar resposta a projetos de elevada complexidade e à crescente necessidade de métodos de gestão de projeto adaptados, é combinar o APM com uma gestão *Lean* (LM – *Lean Management*), desenvolvida a partir do modelo de produção bem-sucedido da Toyota (TPS – *Toyota Production System*), é descrito como um conjunto de princípios e técnicas que dão suporte às organizações na eliminação de desperdícios. Por outro lado, o APM divide o projeto em pequenos componentes, o que permite efetuar alterações de forma rápida à medida que o projeto avança, por forma a dar resposta a eventuais problemas, o que leva a uma redução da falha e do tempo de entrega do produto ao cliente (Rivera & Kashiwagi, 2016; Sohi et al., 2016).

É também importante referir que, segundo Sohi et al. (2016), existem diversos fatores que provocam uma descida nos níveis de produtividade de uma produção e podem ser repartidos em fatores internos e fatores externos, como mostra a Figura 7.



Figura 7 - Fatores que influenciam a Produtividade. Adaptado de: Sohi et al. (2016)

Segundo Rola et al. (2016), para a implementação de princípios de APM ser efetiva, é importante ter em consideração a disposição do espaço do escritório, visto ser neste local que uma grande parte dos colaboradores passa o seu tempo a trabalhar. A qualidade do espaço de trabalho e sua organização tem influência na saúde, conforto, satisfação e produtividade dos trabalhadores (Morgado et al., 2019).

Na Tabela 4 são descritos alguns casos de estudo efetuados por diversos autores no âmbito da gestão de projetos e planeamento da produção.

Tabela 4 - Trabalhos sobre Gestão de Projetos e Planeamento da Produção

Referência Bibliográfica	Descrição
(Wu et al., 2023)	Este artigo aborda o tema do padrão de manufatura em indústrias que tendem para a customização e personalização dos produtos, em específico a customização de mobiliário. Sistemas ERP são comumente usados para maturar o sistema de produção, visto que a sua aplicação abrange diversas áreas como vendas, manufatura e finanças. Contudo, este estudo mostra que, apesar de na fase inicial as indústrias conseguirem alcançar bons resultados, com a rápida evolução do mercado e orientação da produção por encomenda, a combinação de sistemas ERP com sistemas MES (<i>Manufacturing Execution System</i>) garante uma melhor comunicação entre a gestão do chão de fábrica e a gestão da organização, melhorando a eficácia e a produtividade da produção.

(A. P. da Silva et al., 2018)	<p>Este estudo, aplicado numa empresa de fabrico de móveis de escritório em aço, propõe a utilização de ferramentas de pesquisa operacional, como a programação linear, para efetuar a gestão e a simulação da produção, por forma a otimizar o tempo de produção e identificar níveis de produção que maximizem o uso dos recursos disponíveis. A ferramenta usada foi o <i>Solver</i>, do <i>Microsoft Excel</i>, que permitiu ter maior certeza nas tomadas de decisão, o que resulta num aumento do lucro da empresa. Além disso, efetuaram uma análise de sensibilidade com o objetivo de dar suporte a decisões na eventualidade de alteração do modelo de produção aplicado.</p>
(da Silva Ghidini et al., 2022)	<p>Com a finalidade de eliminar desperdícios de material e reduzir custos de produção e stock, este estudo introduziu, numa indústria de manufatura de mobiliário, um método híbrido de Simulação-Otimização que permite aos gestores de projeto considerar de forma mais realista a aleatoriedade e incerteza de problemas. Para tal, foram usados um método heurístico e um simulador, mais concretamente o <i>FlexSim</i>. Esta combinação permitiu identificar gargalos no processo produtivo e avaliar a viabilidade da solução encontrada na etapa "Otimização". Com este estudo foi possível perceber a importância da padronização numa linha de produção e como deixar um sistema mais previsível e controlável.</p>
(Yao & Carlson, 2003)	<p>Neste artigo foi estudado o sistema produtivo de uma indústria de fabricação de mobiliário que se baseia no princípio de lotes reduzidos para balancear e coordenar a produção. A produção de poucas quantidades permite acomodar mais facilmente mudanças no planeamento, nos métodos de produção, no manuseamento dos materiais e mudanças no <i>design</i> do produto. Apesar da ênfase dada às relações entre a gerência e os colaboradores, a formação, comunicação, aplicação de fundamentos <i>Material Requirement Planning</i> (MRP), <i>layout</i> do chão de fábrica e JIT, são métodos de gestão da produção modernos que garantem a entrega ao cliente de produtos com qualidade, dentro do prazo de entrega e com baixos custos associados. Esta organização aplica também conceitos de APM e LM por forma a obter flexibilidade de manufatura, eliminação de desperdícios de material, espaço, mão de obra, retrabalho, WIP e <i>lead time</i>.</p>
(Manzini et al., 2018)	<p>Neste artigo é proposta uma abordagem integrada para dar suporte ao <i>design</i> e à gestão de sistemas de montagem reconfiguráveis devido à elevada customização dos produtos e aos requisitos dos clientes que colocam os fornecedores do setor automóvel de produção de peças por encomenda sob pressão, sendo nesta área de indústrias que o estudo foi aplicado. Esta abordagem permite aplicar diversas técnicas ao longo das diferentes etapas do projeto e não apenas no início do mesmo, o que faz com que os gestores tenham mais tempo para otimizar o <i>layout</i> da produção, planejar e simular linha de produção, bem como preparar e desenvolver estratégias otimizadas de reconfiguração do sistema. Ao agrupar os equipamentos em grupos funcionais de trabalho, FAGs - <i>Functional Assembly Groups</i>, é possível aumentar a capacidade da produção e a rapidez no planeamento e nas tomadas de decisão, o que leva, eventualmente, a um aumento da eficiência do planeamento da produção.</p>
(Fathi et al., 2018)	<p>A manufatura de produtos personalizados tem vindo a mostrar, cada vez mais, a importância de sistemas de logística de fornecimento de matérias-primas bem definidos. Neste estudo, é apresentado um modelo para o planeamento de abastecimento de materiais nas linhas de montagem. Após aplicação deste modelo em casos reais, foi mostrado que é capaz de identificar o número mínimo de veículos de transporte necessário para satisfazer a procura no sistema produtivo, e também, identificar com precisão o momento em que deve ser efetuada essa distribuição e a quantidade de matéria-prima necessária, reduzindo assim o número de veículos e a quantidade de viagens imprescindíveis ao correto funcionamento da produção.</p>

(Fernandes et al., 2020)	Cada vez mais as organizações trabalham com lotes pequenos, alta variedade de produtos e manufatura por células de fabrico, devido ao crescente desejo por produtos customizados. Um sistema de suporte de decisão rápido para controlo de movimentação dos materiais para empresas que produzam diferentes produtos e/ou produtos específicos para um determinado cliente foi criado intitulado POLCA (<i>Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization</i>). O POLCA consiste num conjunto de cartas que controlam como o material se movimenta, ou seja, que encomenda ou produto irá avançar para produção por forma a cumprir os prazos de entrega, o que resulta numa redução do <i>lead time</i> .
(F. Freitas et al., 2020)	Um caso de estudo piloto foi efetuado numa indústria no setor de aeronaves militares que desenvolveu um método de gestão de projetos híbridos. Esta abordagem integra alguns elementos da metodologia <i>Scrum</i> (dá ênfase à colaboração entre colaboradores, há inspeção frequente da linha de produtiva e é adaptável às mudanças dos requisitos) com a gestão de projeto preditiva. Além disso, foi aplicada a técnica de gestão de projetos ágil o que originou uma gestão mais eficiente e com qualidade dos projetos e da produção. Este estudo conclui ainda que a utilização de uma abordagem ágil juntamente com algumas técnicas de gestão tradicionais são a melhor solução para o projeto em questão.
(Maia et al., 2019)	No mercado atual os clientes exigem que se cumpram as datas de entrega estabelecidas e que os recursos sejam utilizados de forma eficiente. Desta forma, o termo <i>Order Fulfilment</i> (OF) surge como necessidade de dar resposta às atividades de definição dos requisitos do cliente, planeamento da produção e dos processos e preencher as encomendas dos clientes. Este artigo, aplicado numa indústria de cerâmica, tem como objetivo analisar e melhorar o processo de cumprimento de encomendas, que se encontrava a piorar devido à introdução de uma nova gama de produtos, que implicava novos processos. Por forma a obter uma redução de 30% nos atrasos das encomendas e um aprimoramento da capacidade dos processos, foi aplicado o ciclo DMAIC (<i>Define, Measure, Analyse, Improve and Control</i>) que, apesar de ser usualmente utilizado na eliminação de defeitos associados à qualidade final dos produtos, neste caso de estudo permitiu corrigir problemas associados ao processo de OF, o que fez com que houvesse uma redução das falhas no cumprimento dos prazos de entrega.
(Soares et al., 2022)	Neste artigo foi efetuado um estudo em 148 organizações do setor automóvel, com 56 respostas válidas, sobre os benefícios e obstáculos na implementação de gestão ágil. Foi comprovado que elevados níveis de mudanças nos produtos implica a implementação de metodologias de gestão ágil, pois permite dar resposta à constante necessidade de modificar e atualizar os produtos face aos requisitos do mercado. No que se refere aos obstáculos encontrados, os principais são a cultura da organização, conhecimento e tecnologias existentes, falta de envolvimento da gestão de topo, falta de motivação coletiva e a falta de suporte financeiro para investir na formação dos colaboradores.

No que concerne a gestão de projeto e planeamento da produção, a utilização de programas de simulação é uma prática à qual diversas indústrias recorrem para melhor compreender o fluxo da produção. A técnica de gestão ágil de projetos, evidente em F. Freitas et al. (2020) e em Soares et al. (2022), é adotada pelas empresas que visam otimizar e aumentar indicadores como a qualidade dos produtos e eficiência e produtividade da sua produção.

O trabalho de Maia et al. (2019) destaca-se pela utilização do ciclo DMAIC como forma de otimizar o OF de uma indústria de cerâmica, tendo sido capaz de obter uma redução de 30% nos atrasos de entrega das encomendas ao consumidor, que se encontrava relacionado com a

introdução de novos produtos e, conseqüentemente, novos processos no chão de fábrica, o que resultou numa desorganização do sistema produtivo, sendo crucial planejar a produção de modo que num cliente nem prazo de entrega estipulado fosse prejudicado.

A indústria do mobiliário é característica pela produção de produtos diferentes, customizados consoante as especificações do cliente, o que implica que no seu chão de fábrica se evidencie a produção de lotes pequenos com alta variedade de produtos. Assim, é essencial existirem ferramentas como a POLCA que não sejam complicadas e que ajudam nas tomadas de decisão das ordens de produção, facilitando o planeamento de um sistema produtivo e reduzindo o *lead time*, como mencionado no trabalho de Fernandes et al. (2020).

2.3. Otimização de *Layouts* Industriais

O *layout* industrial refere-se à disposição das máquinas, dos postos e estações de trabalho e dos recursos das instalações de manufatura e da organização, por forma a maximizar o aproveitamento do espaço, o que resulta numa linha bem definida de fluxo de materiais e processos, minimização dos gargalos na produção, redução dos tempos de produção e melhoramento da flexibilidade e adaptabilidade da unidade industrial.

Uma das grandes dificuldades que as indústrias passam, nos dias que correm, é a necessidade constante de rápida adaptabilidade e reorganização da manufatura face à mudança de requisitos, oportunidades emergentes, e à grande variedade de produtos diferentes que se encontram em produção simultaneamente (Azevedo et al., 2019). As indústrias, ao adotarem uma estratégia de melhoramento do *layout* da produção, conseguem melhorar a eficiência, reduzir custos, e melhorar a produtividade geral.

Através da utilização de métodos de mapeamento, análise de dados e monitorização direta dos tempos, é possível identificar as tarefas que não acrescentam valor ao sistema produtivo, bem como as suas causas e impactos associados. Conclui-se que o planeamento inadequado da produção e do *layout* industrial, são as razões da falta de produtividade e da má eficiência da gestão (R. Martins et al., 2020; V. Silva et al., 2021; Tellini et al., 2019).

O problema de *layout* de uma planta é caracterizado pela forma de encontrar a melhor disposição das instalações físicas, por forma a providenciar uma operação eficiente, e está relacionada com o custo de manuseamento do material, *lead time*, produtividade e eficiência da unidade industrial (Wilsten J & Shayan, 2007).

A indústria do mobiliário é cada vez mais competitiva devido à elevada exigência por parte do cliente, de pedir um produto completamente personalizado num período reduzido de tempo, ou seja, com *lead time* baixo. Isto resulta na necessidade de alterar a linha de produção, não sendo fácil analisar o melhor cenário para diferentes produtos, quer seja novos produtos que estão a ser desenvolvidos, quer seja a customização de produtos antigos (Bortolini et al., 2017; Rahman et al., 2018).

Para que uma indústria se mantenha competitiva no mercado, é crucial acompanhar a evolução dos produtos, processos e tecnologias, tendo em conta o facto do cliente cada vez mais exigir níveis de customização mais elevados, o que resulta num aumento de variedade de produtos e

numa redução dos volumes de produção por referência, adotando por vezes princípios de produção *Just-in-Time* e montagem por encomenda (*Assembly to Order*) (Bortolini et al., 2017; Colledani et al., 2016).

O efeito de gargalo, *Bottleneck*, é bastante comum e é fácil de identificar nas linhas de produção, pois gera grandes desperdícios, como tempos de espera, *Work in Progress* (WIP) e sobreprodução, sendo a existência de gargalos a causa mais comum de existirem dificuldades no balanceamento da produção (Lam et al., 2016).

Nos dias que correm, há uma grande preocupação por parte dos empregadores, não só no que diz respeito à produtividade, mas também face aos riscos ergonómicos a que os seus colaboradores se encontram sujeitos. Como tal, um sistema de produção eficiente e eficaz deve ter em consideração o impacto dos riscos de cada posto de trabalho, pois a baixa qualidade da produção está diretamente relacionada com as más condições de trabalho. Os riscos ergonómicos podem ser reduzidos, se forem tidos em conta aquando do planeamento inicial da produção, visto os riscos ergonómicos serem provenientes de fatores como a repetibilidade do trabalho, uso de força para manusear cargas com elevado peso, e posições de trabalho estático e desconfortável (Battini et al., 2016; Bortolini et al., 2017; Brito et al., 2020; Morgado et al., 2019; Otto & Battaia, 2017).

Segundo Nguyen & Do (2016), o termo *Re-engineering* refere-se à redução de desperdícios, normalização do trabalho, logística interna dos recursos, organização do posto de trabalho e alteração do *layout*. Este conceito está ligado à técnica de manufatura *Lean* (LM – *Lean Manufacturing*) que é um conjunto de ferramentas e métodos que, após aplicados, visam eliminar desperdícios nas operações de manufatura. Para transformar o sistema de produção atual em LM, é necessário passar por sete etapas, como mostra a Figura 8, até obter os resultados pretendidos.



Figura 8 - Etapas *Lean Manufacturing*. Adaptado de: Nguyen & Do (2016)

Um *layout* bem definido e estruturado, permite às empresas garantir que o produto tem uma boa qualidade, reduzir tempos de produção, e contribuir para a competitividade no mercado e sustentabilidade da organização.

Alguns exemplos de estudos sobre a otimização de *layouts* industriais encontram-se descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Estudos sobre Otimização de *Layouts* Industriais

Referência Bibliográfica	Descrição
(Hosseini et al., 2019)	Este artigo foi elaborado numa indústria de produção de refrigeradores por injeção onde foi implementando um modelo integrado por forma a melhorar a performance da empresa através da alteração do <i>layout</i> das instalações, dado que o problema encontrado foi o <i>layout</i> ser uma só linha de produção, propondo para resolver este problema a aplicação de <i>softwares</i> de simulação e de métodos matemáticos adaptados, estudando os tempos de espera, utilidade dos recursos e KPIs (<i>Key Performance Indicators</i>). Após reunir todos os dados necessários foram efetuadas simulações de todos os cenários possíveis, selecionando o <i>layout</i> que apresentava maior eficiência e foi efetuada uma análise de sensibilidade para identificar quais os critérios mais efetivos na determinação da solução ideal, concluindo que são o tempo de espera, a flexibilidade dos equipamentos, e a utilização de " <i>fixtures</i> ".
(Bortolini et al., 2017)	Neste artigo é proposto um modelo de otimização de multiobjectivos face aos problemas de balanceamento de uma linha de montagem numa indústria de produção de materiais de cozinha. Este modelo propõem uma função que relaciona o tempo necessário para o operador ir buscar os materiais para o posto de trabalho, com os riscos ergonómicos a que está sujeito nessa movimentação e no processo de armazenamento intermédio dos componentes, tendo também em conta atributos das peças como dimensões, peso e facilidade de manusear. A configuração da linha de montagem proposta distingue-se pela redução dos riscos ergonómicos em cerca de 36%, aumentando apenas 2% o <i>takt time</i> (tempo disponível para realizar uma operação em função da procura).
(Centobelli et al., 2016)	Este estudo aborda o tema da otimização de <i>layouts</i> industriais com a ajuda de fábricas digitais, <i>Digital Factory</i> , que consiste na utilização de programas de simulação 3D que criam um <i>layout</i> virtual que representa a organização. Este método permite desenhar e otimizar a totalidade de um processo produtivo, e permite também avaliar, monitorizar e controlar o processo de manufatura de uma organização. Com o objetivo de minimizar o <i>lead time</i> da produção, recorreram à simulação para encontrar com facilidade pontos de melhoria relacionados com a capacidade, fluxos de trabalho, alocação de recursos e desenvolvimento de novos produtos, chegando à conclusão que ao colocar tapetes de transporte automático de componentes entre postos de trabalho há uma redução de entre 1,6 a 8,6% do tempo total de produção e, consequentemente, uma redução dos custos em cerca de 7.100€ associados aos custos laborais.
(Lins et al., 2021)	Neste artigo foi repensado o <i>layout</i> de uma indústria de mobiliário com o intuito de tornar a produção numa " <i>Cleaner Production</i> " (produção mais limpa) otimizando os processos, minimizando os desperdícios, reduzindo os impactos ambientais e reduzindo os custos totais da produção. O (<i>re</i>) <i>layout</i> da empresa converteu-se num aumento do espaço de escritórios em cerca de 25%, numa redução da área de armazenamento em cerca de 36,6%, e num aumento da área disponível para a produção de aproximadamente 33%. Estes resultados revelam que o (<i>re</i>) <i>layout</i> das instalações de uma indústria melhora a capacidade da produção e o fluxo dos processos e materiais, e melhora também a qualidade do ambiente e espaço de trabalho.

(Antoniolli et al., 2017)	Este estudo focou-se na otimização de uma linha de produção de manufatura de sistemas de ar condicionado para os carros através do balanceamento e nivelamento das atividades, de modo que todas tivessem tempos de execução semelhantes. As variáveis de abastecimento e posicionamento dos postos de trabalho também foram consideradas, diminuindo as distâncias entre cada uma das estações, o que levou a uma redução da quantidade de trabalhadores necessários na linha de produção. Estas alterações no <i>layout</i> da indústria, permitem um aumento do OEE de cerca de 16% e uma redução dos desperdícios relacionados com o excesso de <i>stock</i> .
(A. M. Freitas et al., 2019)	Neste projeto o <i>layout</i> e organização do espaço de armazenamento e de produção foi otimizado com o propósito de tornar os processos mais eficientes e intuitivos. O diagrama em esparguete (<i>Spaghetti Diagram</i>) foi aplicado para definir e delinear as rotas usualmente efetuadas na indústria, o que ajudou na sua minimização. A eliminação de restrições relativas à falta de espaço, fez com que a satisfação dos colaboradores aumentasse significativamente e o tempo despendido na realização de tarefas diminuísse cerca de 25%.

A otimização de layouts industriais é um tópico frequente quando o objetivo é reduzir custos, tempos de produção e desperdícios. O trabalho de Antoniolli et al. (2017) destaca-se pelo aumento de OEE de cerca de 16%, obtido após reorganização do chão de fábrica. O estudo de Lins et al. (2021) mostrou-se também relevante para o desenvolvimento desta dissertação devido ao facto de ter alterado o *layout* industrial com a finalidade de se tornar numa “*Cleaner Production*”, conseguindo aumentar a área disponível para a produção e para os escritórios.

A. M. Freitas et al. (2019) otimizou a organização do espaço de produção por forma a tornar os processos produtivos mais eficientes e intuitivos recorrendo à utilização do diagrama em esparguete para delinear as rotas usualmente efetuadas na indústria conseguindo obter um aumento da satisfação dos colaboradores e uma diminuição de cerca de 25% do tempo de realização de tarefas.

2.4. Aplicação de Ferramentas *Lean* e Princípios Sustentáveis

Com o grande aumento da complexidade da economia do mercado global, e a crescente preocupação em mitigar o impacto que as indústrias têm no meio ambiente, enquanto melhoram o seu estado económico-financeiro, leva os líderes das empresas a implementar diversos sistemas de otimização da produção, como o LM (*Lean Manufacturing*), o *Six Sigma* e conceitos de economia circular. No entanto, apesar de todos os métodos mencionados serem viáveis, a adoção de ferramentas *Lean* é o principal e o que aparenta ser uma solução promissora a longo prazo (Yadav et al., 2020).

Segundo Melton (2005), *Lean* é uma revolução, não é apenas utilizar ferramentas, ou mudar algumas etapas no processo produtivo. *Lean* muda por completo as organizações, como o processo de abastecimento de matérias opera, como os chefes e gestores devem liderar, e como os operadores devem agir no dia-a-dia.

O conceito *Lean* surgiu na Toyota em 1940, intitulando-se de *Toyota Production System* (TPS), e foi baseado no desejo de produzir continuamente, concluindo que não dependia apenas do

sistema produtivo estar sempre a trabalhar, mas sim devido ao facto de que apenas uma pequena fração do tempo adicionava valor ao produto. A filosofia *Lean* foca-se na identificação e eliminação de desperdícios ao longo de toda a produção de um produto (Melton, 2005; Scherrer-Rathje et al., 2009; Staats et al., 2011).

As principais ferramentas e técnicas associadas à filosofia *Lean* são:

- *VSM (Value Stream Mapping)*: ferramenta visual que ajuda as empresas a compreender e otimizar o fluxo de materiais e de informação, desde o início até ao fim do sistema produtivo, facilitando a identificação de áreas que necessitam ser melhoradas e/ou com excesso de desperdícios ao separar atividades que acrescentam valor das que não acrescentam valor ao sistema produtivo (Suhardi et al., 2019).
- *5S's*: filosofia baseada em cinco termos japoneses (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) utilizada para criar e sustentar um espaço de trabalho organizado, que faz com que seja um posto de trabalho mais eficiente e produtivo (Agrahari et al., 2015).
- *Kaizen*: palavra japonesa que traduz para “melhoria contínua” e representa fazer pequenas melhorias incrementadas consistentemente ao longo do tempo (Dieste et al., 2019; Suhardi et al., 2019).
- *Produção JIT (Just-in-Time)*: sistema *Pull* no qual cada etapa da produção começa apenas quando há procura por parte do cliente, resultando numa redução drástica de inventário e custos associados (Dieste et al., 2019; Staats et al., 2011).
- *SMED (Single Minute Exchange of Dies)*: técnica que visa minimizar o tempo que o operador demora a efetuar o *setup* das máquinas, a troca de equipamentos e a troca de componentes a produzir (Melton, 2005).
- *Kanban*: termo em japonês que significa “sinal visual” e tem como finalidade otimizar a eficiência e produtividade do fluxo de trabalho, através de ferramentas visuais (Melton, 2005).

As ferramentas supramencionadas facilitam a redução e eliminação de desperdícios, mais conhecidos como *Muda*, e são repartidos em oito categorias nos sistemas *Lean*, Figura 9.



Figura 9 - Oito Desperdícios *Lean*. Adaptado de: Arunagiri & Gnanavelbabu (2014); Dieste et al. (2019); Ferreira et al. (2023); Melton (2005)

As técnicas de melhoria *Lean* podem, e devem, ser aplicadas nas mais diversas áreas que constituem uma empresa, como processos e equipamentos, planeamento e controlo da produção, recursos humanos, *design* de produto, fornecedores e clientes (Panizzolo, 1998; Pessoa et al., 2021; F. Silva & Pinto Ferreira, 2019).

A otimização contínua dos processos das empresas resulta num aumento da eficiência e eliminação de desperdícios, o que por sua vez permite às organizações aumentarem a sua competitividade no mercado não só a nível económico, mas também tecnológico. A aplicação de ferramentas *Lean* como os 5S, o VSM, a normalização do trabalho e balanceamento das linhas de produção, permite melhorar os sistemas produtivos com a finalidade de aumentar a capacidade produtiva de um chão de fábrica de modo a dar resposta com maior facilidade e rapidez às especificações dos clientes (Bastos et al., 2021; Dias et al., 2019; R. Lopes et al., 2020).

O ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) é uma abordagem sistemática e iterativa de resolução de problemas, otimização contínua e gestão da qualidade de uma organização, sendo utilizado nas mais diversas áreas e setores com o objetivo de reduzir e/ou eliminar problemas existentes num sistema produtivo, melhorar a qualidade final de um produto, reduzir custos e desperdícios, aumentar a produtividade e identificar e normalizar processos (Pereira et al., 2020). Este ciclo encontra-se explicado na Figura 10.



Figura 10 - Ciclo PDCA. Adaptado de: Johnson (2002); Moen & Norman (2006); Neves et al. (2018)

As ferramentas *Lean* são frequentemente implementadas pela gestão de topo das organizações, com a finalidade de, não só minimizar a ineficiência e improdutividade, mas também para enraizar nos colaboradores práticas e princípios mais conscientes do meio onde trabalham, o que resulta numa redução da quantidade de produtos com defeitos, logo,

possibilita um incremento da qualidade (Hunter et al., 2004; Pessoa et al., 2021; F. Silva & Pinto Ferreira, 2019).

A implementação de práticas *Lean* ao nível da produção (LM), gera otimizações não só na produtividade e na qualidade dos produtos, mas também na segurança e saúde dos trabalhadores, e na satisfação dos clientes, o que resulta num aumento da competitividade no mercado (Li & Lau, 2018; Pombal et al., 2019; Yadav et al., 2020).

A segurança dos colaboradores na produção de um produto é um requisito básico exigido pelos consumidores finais e pelos *stakeholders*, principalmente se for um novo produto. Segundo Li & Lau (2018), na etapa de *design* do produto é importante que a gestão organize programas para os seus operadores de treino, formação e consciencialização dos riscos inerentes à produção de determinado produto e ao posto de trabalho de cada um. Na fase após o *design* estar completo, os equipamentos de manufatura devem estar conectados a programas e *softwares* emergentes de tecnologia, para que seja efetuada uma monitorização em tempo real da produção, o que permite a deteção atempada de erros e anomalias na produção, por forma a evitar problemas e acidentes graves (Brito et al., 2020; Morgado et al., 2019).

A produção *Lean* é diferente de todos os outros tipos de produção, no sentido em que visa utilizar menos espaço de produção, menos trabalho, menor investimento em ferramentas e equipamentos, menor quantidade de *stock* e de inventário, e menos tempo despendido a desenvolver o *design* do produto, quando comparado com o sistema atual de produção *Job-Shop* (Hunter et al., 2004).

Segundo Mogaramedi et al. (2020), as organizações implementam ferramentas *Lean* para otimizar a produção de forma contínua, contudo, nem sempre é eficaz devido à má liderança e à falta de consideração pelo oitavo desperdício, o desperdício da não utilização da criatividade dos colaboradores. Além disso, a falta de recursos laborais, de formação, de autonomia, de comunicação organizacional, de recursos financeiros, o facto da gestão não saber como implementar o LM e a resistência dos colaboradores à mudança, são razões e obstáculos que impedem numa fase inicial a implementação de técnicas *Lean* nas organizações (Abu et al., 2019; Muslimen et al., 2011; Pombal et al., 2019; Scherrer-Rathje et al., 2009).

As organizações estão cada vez mais sob pressão para adotarem medidas mais sustentáveis e terem mais responsabilidades sociais e ambientais. Segundo Xiong et al. (2020), a manufatura verde (GM - *Green Manufacturing*) é o futuro da produção nas indústrias modernas e tem em consideração o impacto no meio ambiente e a utilização eficiente dos recursos. No entanto, para a sua implementação ser bem-sucedida é crucial que toda a comunidade envolvente das zonas fabris tenha os mesmos ideais e esteja informada, além de haver necessidade de criar regulamentações legais. Assim, as organizações que visam melhorar a sua responsabilidade social e ambiental optam por combinar as ferramentas *Lean* com as estratégias GM (F. J. G. da Silva, 2024; Dües et al., 2013; Fercoq et al., 2016; Hajmohammad et al., 2013; Teixeira et al., 2021, 2022).

A GM é um ciclo, como mostra a Figura 11, e é caracterizada pela otimização do *design* do produto (com o intuito de incorporar os fatores que impactam o ambiente e prevenir a poluição, tendo em mente o ciclo de vida dos produtos), pela seleção de materiais “verdes”

(materiais recicláveis e reutilizáveis), pela implementação de uma produção “verde” (visa poupar energia, poupar material, facilitar a reciclagem e ter em foco riscos ergonómicos dos postos de trabalho), pela forma de acondicionamento dos produtos (um embalamento dos produtos “verde” poupa recursos, reduz desperdícios, é não-poluente, fácil de reciclar e reutilizar, e com uma decomposição natural), e, por fim, pela reciclagem dos produtos e/ou peças (Brito et al., 2020; Xiong et al., 2020; Zhang & Zhang, 2011).

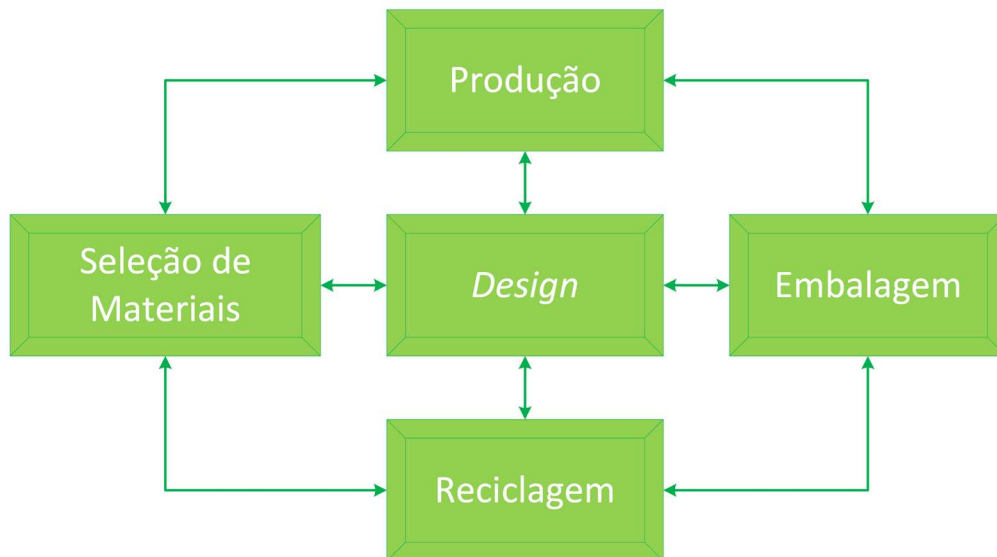


Figura 11 - Ciclo *Green Manufacturing*. Adaptado de: Xiong et al. (2020); Zhang & Zhang (2011)

Não obstante, o conceito de *Cleaner Production* surgiu com a necessidade das indústrias se tornarem mais “limpas” com a crescente consciencialização pelo meio ambiente e caracteriza-se pela minimização de resíduos e desperdícios gerados nas produções, otimizando ainda a eficiência dos recursos. Apesar deste conceito ser similar ao conceito de manufatura *Lean* é mais vocacionado a reduzir o impacto ambiental, enquanto o *Lean* se foca na redução de custos e tempos com resultados diretos no produto e no mercado, no entanto também resulta na redução de desperdícios de materiais (F. J. G. da Silva, 2024; F. J. G. Da Silva & Gouveia, 2020; F. Silva & Pinto Ferreira, 2019).

O tópico de ferramentas *Lean* e princípios sustentáveis é bastante abordado na comunidade científica transversal a todas as áreas, como tal, na Tabela 6 são apresentados alguns dos estudos efetuados, fazendo referência aos métodos utilizados e resultados obtidos.

Tabela 6 - Estudos sobre Ferramentas *Lean* e Princípios Sustentáveis

Referência Bibliográfica	Descrição
(Hunter et al., 2004)	Este caso de estudo, numa indústria de mobiliário, comprova a flexibilidade e adaptabilidade de uma produção <i>Lean</i> . Neste estudo conclui-se que a implementação de ferramentas <i>Lean</i> garante que haja uma redução dos custos, uma redução dos tempos de produção, e que haja um melhoramento da qualidade geral da produção, devido ao facto de existirem menos defeitos.

(Monteiro et al., 2019)	<p>Este artigo, aplicado numa indústria de trabalhos em metal, tinha como objetivo melhorar a produtividade e reduzir o desperdício do processo produtivo do setor de maquinagem. O objetivo foi alcançado através do uso e integração de ferramentas <i>Lean</i> que permitiram que fosse possível atingir uma redução de cerca de 59% do tempo necessário para movimentar peças de bastante massa e cerca de 4% de redução na quantidade de registo de produtos não conformes, o que resultou num aumento dos ganhos da empresa.</p>
(Suhardi et al., 2019)	<p>Neste artigo foram aplicadas duas ferramentas <i>Kaizen</i> numa empresa de manufatura de mobiliário por forma a minimizar os desperdícios do sistema produtivo. Inicialmente, o VSM (<i>Value Stream Mapping</i>) foi utilizado para identificar o desperdício através da separação das atividades que adicionam valor das que não adicionam valor ao sistema de produção. De seguida, foi utilizada a técnica 5W1H (<i>what, why, where, when, who and how</i>) e os princípios <i>Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify</i> (ECRS), que revelaram ser soluções efetivas na redução do tempo de <i>lead time</i> em cerca de 5%, o que leva a uma otimização da eficiência e da produtividade geral da produção.</p>
(Reis et al., 2016)	<p>Este estudo, efetuado numa indústria do setor automóvel, propôs a aplicação de ferramentas e técnicas <i>Lean</i> para melhorar o sistema produtivo, tendo optado por implementar rotas normalizadas e com tempos de ciclo bem definidos, o processo de abastecimento dos postos de trabalho com base em sistemas visuais (<i>Andon</i>), e a organização e racionalização do <i>layout</i> do chão de fábrica. Estas ações resultaram numa redução da quantidade de materiais armazenados, numa redução dos tempos de espera e de produção, e num aumento da área disponível no chão de fábrica.</p>
(Muslimen et al., 2011)	<p>Este artigo apresenta um caso de estudo de uma empresa de manufatura de componentes para o setor automóvel que implementou com sucesso técnicas de manufatura <i>Lean</i> através do método de implementação de projeto. A abordagem por projeto consiste na criação de uma equipa formada por cerca de cinco elementos que estão focados no planeamento bem definido da implementação de ferramentas <i>Lean</i> e no seu melhoramento contínuo até que atingissem uma redução do nível de inventário. Ao reduzir a quantidade de stock na fábrica, a organização conseguiu reduzir outros desperdícios como a sobreprodução, os tempos de espera, o transporte excessivo e a quantidade de produtos com defeito.</p>
(Rosa et al., 2017)	<p>Neste estudo foram aplicadas metodologias <i>Lean</i> como o SMED e o 5S para melhorar a flexibilidade e produtividade duma linha de montagem do setor automóvel. A otimização foi alcançada ao organizar e identificar as ferramentas necessárias para cada trabalho, reorganização interna e externa das tarefas, ficheiros detalhados sobre o <i>setup</i>, sistemas visuais e formação dos operadores. Estas soluções permitiram obter uma redução do tempo de <i>setup</i> semanal de aproximadamente 58%, o que contribuiu para um aumento da disponibilidade e capacidade de produção da linha de montagem.</p>
(Rosa et al., 2018)	<p>Ao eliminar tarefas que não acrescentam valor, ao reduzir os desperdícios associados à robustez e confiança nos equipamentos, movimentos desnecessários dos operadores, balanceamento das tarefas e normalização dos trabalhos, o processo de produção de uma linha de montagem do setor automóvel é otimizada e incrementada em cerca de 43%. Adicionalmente, a resposta à procura no mercado é mais rápida e podem ser integrados novos produtos na produção.</p>

(Sousa et al., 2018)	Este caso prático, aplicado numa indústria de cortiça, tinha como objetivo reduzir o tempo de mudança de ferramentas e de trabalhos, recorrendo primeiramente ao VSM para identificar quais as operações que adicionavam valor ao produto. De seguida, a metodologia SMED foi aplicada para reduzir o tempo de inatividade causado pela mudança de ferramentas, obtendo uma redução de 43% desse tempo. Foi também criado um modelo A3 para monitorizar o desenvolvimento do SMED. Para finalizar, o OEE foi calculado como indicador da eficiência total do equipamento para melhorar a supervisão de possíveis divergências durante a produção.
(Ribeiro et al., 2019)	A implementação de metodologias <i>Lean</i> permite otimizar a eficiência operacional dos processos produtivos. Este estudo, empregue numa fábrica de manufatura de produtos em plástico, implementou diversas ferramentas <i>Lean</i> e comprovou o seu resultado. A metodologia 5S contribuiu para um ambiente de trabalho mais limpo e organizado, sendo mais fácil a localização dos materiais e equipamentos quando necessários. O método de gestão visual, associado a todos os métodos e ferramentas, facilita a perceção e execução das tarefas de acordo com as instruções e garante o envolvimento dos operadores. O SMED permitiu uma descida significativa do tempo necessário para efetuar a operação de mudança de moldes. Além disso, a redefinição do <i>layout</i> permitiu que houvesse um maior controlo dos processos, resultando numa redução de 70% do tempo de transporte na linha de pintura. Todas as metodologias implementadas originaram um aumento do OEE em 18% no processo de injeção do plástico, 16% no processo de pintura de um produto e 17% na linha de pintura de outro produto.
(Vieira et al., 2020)	O objetivo deste projeto era reduzir o tempo de <i>setup</i> para incrementar a capacidade de produção e o OEE de máquinas numa indústria de produção de componentes para o setor automóvel. As técnicas usadas foram o SMED e a normalização do trabalho. Ao normalizar a preparação do trabalho, sendo uma tarefa mais fácil para o operador, o tempo de <i>setup</i> é reduzido em 38% e o OEE aumenta em 7,7%, comprovando o benefício de implementar as metodologias <i>Lean</i> nas organizações.

Com base na revisão literária referente à aplicação de ferramentas *Lean* e princípios sustentáveis, a ferramenta que revelou ser mais utilizada é o SMED, visto permitir reduzir significativamente o tempo de *setup* dos equipamentos, o que leva a um aumento do OEE dessas máquinas.

No caso de estudo de Ribeiro et al. (2019) a implementação de diversas ferramentas *Lean* como o 5S, métodos de gestão visual e o SMED, juntamente com a redefinição do *layout* permitiram obter uma redução de 70% do tempo de transporte e um aumento do OEE de cerca de 17% em diferentes processos produtivos. Vieira et al. (2020) também aplicou no seu trabalho o SMED conseguindo obter um aumento de 7,7% do OEE e uma redução de 38% no tempo de *setup*.

Sousa et al. (2018) realizou o seu caso de estudo numa indústria de cortiça onde recorreu a ferramentas *Lean* como o VSM, o modelo A3 e a metodologia SMED por forma a reduzir o tempo de mudança de ferramenta e de trabalho alcançando uma redução de 43% do tempo de *setup*.

No trabalho de Rosa et al. (2017) a metodologia SMED e os 5S são utilizados para otimizar a flexibilidade e produtividade de uma linha de montagem de uma indústria no setor automóvel onde foi elaborada a organização e identificação das ferramentas necessárias em cada posto de

Revisão Bibliográfica

trabalho, sistemas de organização visuais e formação dos colaboradores o que permitiu obter uma redução do tempo de *setup* semanal de aproximadamente 58%, o que contribuiu para um aumento da disponibilidade da linha de montagem.

3. Apresentação da Empresa, dos Processos, dos Produtos e do Problema

O presente capítulo encontra-se repartido em quatro subcapítulos. No primeiro subcapítulo será efetuada a apresentação da empresa onde foi desenvolvida esta dissertação, seguindo-se pela descrição dos processos presentes no chão de fábrica e alguns dos processos subcontratados. No terceiro subcapítulo são identificados os produtos fabricados na empresa que serão alvo de estudo. No final do capítulo são identificados e descritos os problemas presentes no sistema produtivo.

3.1. Apresentação da Empresa

Em 1986 foi fundada uma empresa familiar, a Ferluca-Mecânica, Lda., inserindo-se no ramo da metalomecânica com grande conhecimento sobre a arte de manusear e trabalhar os diferentes metais, de forma precisa e tradicional. Desde então tem vindo a crescer adaptando-se à evolução do mercado e do meio envolvente tornando-se especialista em projetos de elevada qualidade que recorrem à utilização de metais.

O principal mercado onde a organização se encontra inserida é no mobiliário participando em diversos trabalhos customizados na totalidade às necessidades dos clientes, sendo estes clientes arquitetos, *designers* e empresas que representam o consumidor final. A grande maioria dos projetos individualizados que a Ferluca participa são destinados a cadeias de hotelaria que pretendem mobilar os seus hotéis com peças personalizadas, não só no que diz respeito aos acabamentos, mas também às dimensões, por forma ao produto adaptar-se ao local onde vai ser inserido.

A Ferluca-Mecânica, Lda. pertence a uma SGPS (Sociedade Gestora de Participação Social) juntamente com a Riluc, Lda., sendo a Riluc uma marca com produtos próprios de elevada qualidade e exclusividade, conhecida mundialmente, que comercializa produtos de mobiliário inteiramente em metal, ou em conjunto com outros materiais, como a madeira, a mármore, o vidro, a pele, entre outros. Os produtos vendidos pela Riluc são fabricados pela Ferluca, constatando-se que a primeira é uma empresa "*Business-to-Consumer*" e a segunda "*Business-to-Business*".

A empresa segue um processo de fabrico intitulado de "*Make-to-Order*", ou seja, a produção só é iniciada quando é efetuada uma encomenda, o que implica a não existência de *stock* de

produtos acabados. Além disso, o chão de fábrica encontra-se organizado por estações de trabalho, *Workstations*, o que resulta num processo de manufatura intitulado de “*Job Shop Manufacturing*”, sendo o processo ideal para produtos customizados, visto ser um processo lento de produção de baixos volumes.

3.2. Identificação dos Processos

Neste capítulo são apresentados os diferentes processos existentes no chão de fábrica da organização que permitem a fabricação dos mais variados produtos. Os processos produtivos utilizados na fabricação de um determinado produto são ajustados aos requisitos do cliente e, tendo em conta que são produtos personalizados, os equipamentos industriais presentes nas instalações são os básicos, mas a partir de um mesmo processo é possível obter diferentes características. Não obstante, apesar dos equipamentos serem recursos cruciais no sistema produtivo, o sucesso da empresa e a exclusividade e qualidade dos produtos é mérito do elevado conhecimento e experiência dos colaboradores.

3.2.1. Corte

As máquinas de corte permitem realizar o corte em chapas, tubos e varões, existindo equipamentos adequados para o corte de cada tipologia de material.

No que diz respeito ao corte de chapas, na organização existem duas máquinas industriais, uma guilhotina e uma máquina de cortar cantos. A guilhotina, presente na Figura 12, é ideal para corte de chapas na generalidade com diferentes comprimentos, sendo ideal quando é necessário cortar a todo o comprimento da chapa. No caso da máquina de cortar cantos, Figura 13, é bastante utilizado para, como o nome indica, cortar os cantos de uma chapa para, posteriormente, facilitar a quinagem e soldadura das abas criadas por forma a obter uma caixa, por exemplo, como a caixa de amostras presente na Figura 14.



Figura 12 - Guilhotina



Figura 13 - Máquina de Cortar Cantos



Figura 14 - Caixa de Amostras

O corte de tubo, varão e perfis pode ser efetuado em dois equipamentos similares, as máquinas de corte de serra de fita circular, uma das máquinas permite cortar com um ângulo específico através do ajuste da serra de corte, a outra máquina de corte de serra de fita é automática, ou seja, tal como o nome indica, corta todo o comprimento do material em causa automaticamente, sendo apenas necessário inserir o tamanho de corte e a quantidade de peças que se pretende obter.

3.2.2. Deformação

A deformação de uma chapa, tubo ou varão consiste na aplicação de uma força acima do limite de elasticidade do material sem atingir o limite de resistência à tração, caso contrário o componente alcança o ponto de rotura e quebra. O processo de deformação de um determinado material depende das características específicas do material como a espessura, a largura segundo a qual a força vai ser aplicada, raios de curvatura e de quinagem, ângulo pretendido e as máquinas disponíveis para utilizar.

Na indústria em questão, existem três equipamentos dedicados à deformação do material, uma prensa mecânica, ou quinadora, uma calandra e uma máquina de curvar tubos.

A prensa mecânica, Figura 15, é utilizada para efetuar as mais variadas quinagens com variação do raio de quinagem e do ângulo de abertura da chapa que são controladas através da utilização de diferentes punções e matrizes, os quais devem ser previamente selecionados consoante o resultado final que o cliente prevê obter. Além disso, a Ferluca efetuou recentemente um investimento relacionado com a quinadora adquirindo uma mais recente e semiautomática, a qual permite efetuar quinagens com base em desenhos 2D e 3D inseridos diretamente na máquina que reconhece as quinagens existentes nos desenhos e mostra uma previsualização do produto, o que ajuda o operador na preparação do equipamento, tornando o processo bastante mais rápido e reduzindo a probabilidade de existirem defeitos e não cumprimento dos requisitos.



Figura 15 - Prensa Mecânica

A calandra, Figura 16, é composta por três rolos contra rotantes, ou seja, que giram em torno do eixo em sentidos diferentes, permitindo curvar chapas de diferentes espessuras e obtendo diferentes raios de curvatura através do ajuste do distanciamento entre os rolos.



Figura 16 - Calandra

Por último, a máquina de curvar tubos e perfis, Figura 17, é semelhante à calandra, no entanto não permite curvar chapas, mas sim tubos e varões ajustando a distância entre os três rolos e a força exercida no material.



Figura 17 - Máquina de Curvar Tubos e Perfis

3.2.3. Maquinagem

A obtenção de peças com maior precisão e rigor, e de peças com formatos e especificações que ficam aquém do comum, é mais difícil com apenas equipamentos básicos, para tal, recorre-se a equipamentos como tornos e fresas manuais e automáticos.

O torneamento de uma peça, quer seja efetuado num torno manual ou num CNC (*Computer Numeric Control*), consiste na fixação da peça inicial numa bucha que vai efetuar um movimento de rotação em torno do seu eixo a uma velocidade estipulada e, simultaneamente, a ferramenta de corte avança com um determinado penetrâmetro nos três eixos, X, Y e Z, e com uma velocidade de corte adequada ao tipo de material, efetuando o corte do material. O torneamento é usualmente utilizado em componentes cilíndricos que são simétricos em toda a superfície, visto não ser possível efetuar o torneamento apenas numa face em específico, e é utilizado, por exemplo, para reduzir o diâmetro do tubo, roscar furos, entre outros.

Na Figura 18 encontra-se presente um torno convencional existente na indústria abordada nesta dissertação.

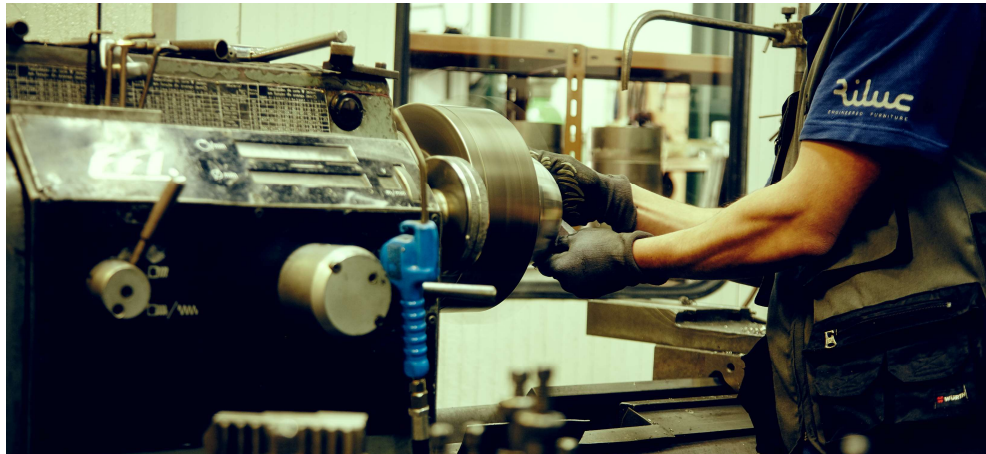


Figura 18 - Torno Convencional

No que diz respeito à fresagem, são utilizadas as fresadoras manuais e o centro de maquinagem, sendo que no caso do centro, tendo em conta que é automatizado, permite efetuar trabalhos mais elaborados, os quais numa fresadora manual seriam bastante mais complicados de efetuar. O processo de fresagem consiste no posicionamento da peça de forma fixa enquanto a ferramenta roda segundo o seu eixo e movimenta-se ao longo dos três eixos, X, Y e Z até obter o resultado pretendido. Este processo é bastante utilizado para efetuar rasgos em diferentes tipologias de material. O centro de maquinagem existente no chão de fábrica da Ferluca encontra-se evidente na Figura 19.



Figura 19 - Centro de Maquinagem

Em todos os processos de maquinagem de metais é crucial utilizar fluídos de corte, podendo estes ser água, óleos ou jatos de ar, que têm como funcionalidade diminuir o atrito que se forma entre o material da peça e da ferramenta de corte, arrefecer ambas as partes envolvidas e remover partículas de desgaste, ou seja, aparas e limalhas que se formam durante o corte.

3.2.4. Soldadura

A soldadura é uma técnica de união entre dois ou mais componentes, onde os materiais são aquecidos até uma determinada temperatura para que o local a soldar atinga o ponto de fundição, o que permite manusear e unir facilmente os componentes em questão. Na organização abordada, são realizados dois tipos de soldadura, o TIG (*Tungsten Inert Gas*) e o MIG-MAG (MIG – *Metal Inert Gas*, MAG – *Metal Active Gas*) ou soldadura semiautomática.

A soldadura TIG, quando corretamente aplicada, garante elevados níveis de resistência e qualidade, visto o cordão de solda obtido ser mais fino, em comparação com outros processos, como o MIG-MAG, no entanto, para obtenção do cordão visualmente melhor é crucial que o operador seja especializado e formado na soldadura TIG.

Por outro lado, a soldadura MIG-MAG intitula-se de semiautomática pois o fio de soldadura e o gás são libertados de forma automática, enquanto o operador movimenta a tocha, ao contrário do que se observa no processo TIG, onde o gás de proteção e o material de adição são alimentados de forma manual. Além disso, é fácil de utilizar, não necessitando de elevada formação por parte do operador, e não existe a formação de escória no local da soldadura, fatores que tornam o processo produtivo mais rápido e eficaz.

Não obstante, em diversas situações a temperatura do ponto de fusão do material é de tal forma elevada que não é possível fundir o metal, o que implica a necessidade de recorrer à utilização de um material de adição, sendo este o material que atinge o ponto de fundição e que ao solidificar na zona de contacto entre os dois elementos permite obter uma peça única.

3.2.5. Acabamento

Esta etapa do sistema produtivo de todos os produtos fabricados na organização é, possivelmente, das mais importantes, pois é nesta que se garante o aspeto e qualidade visual do produto, dado tratar-se de produtos de mobiliário onde o principal requisito do cliente é, que não só seja funcional, como visualmente apelativo à compra e se enquadre no mercado onde será inserido.

O acabamento de uma peça consiste em diversas fases, de diversos processos, que são adaptadas ao tipo de material, dimensões, características especiais e resultado pretendido. No entanto, por norma, todas as peças são rebarbadas, processo onde são removidas aparas e material acrescentado durante o processo de soldadura e/ou de maquinação.

O polimento pode ser utilizado ou não, consoante o requisito do cliente, visto este processo ser utilizado em produtos de aço inoxidável por forma a que a peça fique brilhante, por vezes até se assemelha a um efeito espelhado, o chamado de alto-polimento. Na Figura 20 encontra-se uma representação do processo de polimento, sendo possível verificar na Figura 21 o resultado obtido com o processo em causa.



Figura 20 - Polimento



Figura 21 – Exemplo de um Produto Polido

Outro acabamento por vezes requisitado é o escovado, o qual é obtido através da passagem de diferentes lixas na superfície da peça e por último um disco “Scotch” que garante que o produto fique com um efeito visual diferente, como se estivesse riscado, como evidente no exemplo da Figura 22.



Figura 22 - Exemplo de um Produto em Inox Escovado

3.2.6. Processos Subcontratados

Além dos processos efetuados internamente, a organização subcontrata processos que não tem capacidade de realizar nas instalações. Os processos subcontratados encontram-se descritos na Tabela 7.

Tabela 7 - Processos Subcontratados

Processo	Descrição
Pintura Eletrostática/ Lacagem	Sobre a peça vão assentar partículas eletrostaticamente carregadas, ou seja, um pó com uma cor específica, que após passar num forno a elevadas temperaturas fica curado, ficando a cor fixa à peça com uma grande durabilidade.
Corte Laser	Um feixe de radiação eletromagnética, ou seja, o laser, traça no material o formato de corte pretendido, obtido através do desenho 2D ou 3D, resultando no corte de forma precisa e em arestas de corte com boa qualidade. No que diz respeito ao corte de tubo, e sendo com base num desenho em formato 3D, permite efetuar cortes nos vários eixos e não apenas num único plano de corte, como no caso do corte de chapa.
Eletropolimento	Processo utilizado em peças de aço inoxidável por forma a melhorar a resistência à corrosão da superfície face a exposição ao ambiente climatérico onde o produto se encontra inserido. Além disso, o eletropolimento ajuda a prevenir a formação de marcas e danos estéticos e consegue dar acabamento em áreas inacessíveis com o polimento tradicional.
PVD (<i>Physical Vapor Deposition</i>)	Processo utilizado em produtos de aço inoxidável com diversas geometrias e consiste na evaporação do material que será utilizado como revestimento, o qual possui partículas que irão garantir que a peça adquira a coloração final pretendida, como por exemplo a cor dourada, sendo esta a mais recorrentemente utilizada na indústria em questão. As vantagens deste acabamento são que garante uma melhor resistência à oxidação e ao desgaste e proteção da peça face a agentes químicos e térmicos.

3.3. Identificação dos Produtos

Na organização são identificados dois sistemas de produção, o sistema de produção intermitente, ou por lotes, e o sistema de produção por projeto. O primeiro sistema aplica-se ao fabrico de produtos idênticos em pequenas quantidades, enquanto o segundo sistema é aplicado à produção e conceção de produtos específicos e personalizados na totalidade, adaptando-se às necessidades do cliente.

3.3.1. Produtos Similares

O sistema de produção intermitente, ou por lotes, é o indicado para fabrico de peças e componentes similares em pouca quantidade.

No que concerne a Ferluca, uma gama de produtos recorrentemente encomendada são os bancos de bar, uma tipologia de bancos utilizados nos bares em hotelaria ou até mesmo em habitações particulares, como evidente na Figura 23.



Figura 23 – Exemplo de Produto de Bancos de Bar

Esta gama de produtos é composta por quatro tipologias de banco, as quais se encontram representadas na Figura 24, Figura 25, Figura 26 e Figura 27. Os bancos podem ser separados por duas grandes categorias, os que possuem encosto para a zona lombar, que são os Frank e os Faye, e os que não possuem encosto, os Franki e os Franki 2. Diferenciando dentro das duas categorias, é possível denotar que os Frank são diferentes dos Faye na parte anterior do produto, onde no caso do primeiro o tubo de trás é reto, enquanto no segundo o tubo de trás apresenta uma curvatura. No que diz respeito ao Franki e Franki 2 a distinção encontra-se na parte inferior, os Franki possuem o componente inferior reto, nos Franki 2 o componente é curvado.



Figura 24 - Frank Stool



Figura 25 - Faye Stool



Figura 26 - Franki Stool



Figura 27 - Franki 2 Stool

Além disso, em cada uma das tipologias é permitido ao cliente decidir se pretende um banco mais elevado ou mais baixo, focando na altura do local do assento, adaptando às necessidades do cliente.

Tanto o assento como o encosto destes bancos são em estofado ou em pele, os quais são personalizáveis pelo consumidor, o que implica serem enviados para subcontrato para estofar, visto que este serviço não se encontra no sistema produtivo da organização.

3.3.2. Produtos por Projeto

O sistema por projeto é bastante solicitado pelos clientes da Ferluca, visto serem representantes de indústrias hoteleiras que pretendem mobilar as suas unidades adaptando-se ao estilo pretendido pelo cliente e às dimensões dos diferentes quartos e zonas comuns (restauração, receção, entre outros). Tendo em conta tratar-se de sistemas produtivos por projeto, em que o cliente por vezes fornece desenhos, ou apenas imagens ilustrativas, ou até somente uma breve descrição verbalmente, sem desenhos técnicos associados, os componentes fabricados são bastante específicos e não são similares com outros projetos, dificultando o planeamento e gestão da produção.

A produção de um produto específico às necessidades do cliente implica um bom planeamento da produção interna por forma a garantir o cumprimento do prazo de entrega e a boa produtividade da indústria. A gestão do projeto inicia-se com a identificação dos desenhos de fabrico e dos materiais necessários, passando de seguida ao planeamento de alocação dos recursos, sendo estes máquinas e operadores, face outras produções que se encontram a decorrer simultaneamente, por forma a não prejudicar a eficiência da organização.

Um produto fabricado na Ferluca é o cabide presente na Figura 28, que apesar de aparentar ser simples, altera a produtividade da produção, pois é um produto específico para o cliente e para o projeto em questão, nunca tendo sido fabricado nenhum produto igual anteriormente.

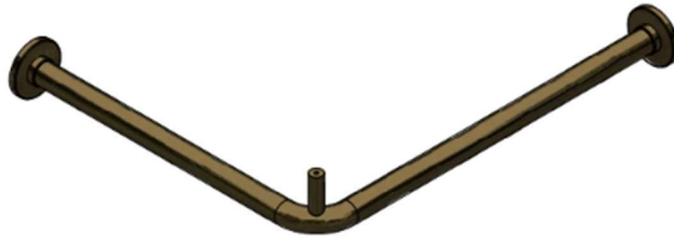


Figura 28 - Exemplo Produto por Projeto (Cabide)

3.4. Identificação e Descrição do Problema

A gestão e planeamento da produção é crucial para uma organização obter resultados ideais a nível da produtividade, eficiência e eficácia. Uma produção incorretamente planeada pode levar a situações de prejuízo que poderiam ser evitadas, pois os problemas não são solucionados de forma rápida e antecipadamente, colocando em risco o correto funcionamento do sistema produtivo.

Diversas são as etapas de gestão e planeamento do sistema produtivo, iniciando no momento que a encomenda é efetuada e terminando quando é rececionada pelo consumidor final, passando pela compra de matéria-prima, gestão dos recursos humanos, gestão dos equipamentos, logística de transporte, controlo de qualidade, e acondicionamento das peças.

No que concerne os produtos similares, planear a produção é fácil, visto já existir informação de encomendas anteriores, e não existindo alterações na peça, ou seja, a linha de produção é a mesma. No entanto, os produtos mencionados no subcapítulo anterior são customizáveis, o que dificulta o processo de planeamento do sistema produtivo.

Além disso, existem encomendas por projeto onde o planeamento prévio não é possível de ser efetuado e onde surgem complicações no decorrer da produção, dado serem produtos diferentes e novos é comum existirem mais dúvidas e dificuldades por parte dos operadores no sistema produtivo, as quais nem sempre são de fácil resolução.

Um dos problemas transversais a todas as indústrias, nas mais diversas áreas de serviços, é a oposição e resistência dos operadores face a mudanças, impedindo a chefia de modificar o sistema produtivo e de implementar procedimentos e ferramentas que ajudam a melhorar a produtividade e eficiência de uma organização.

De acordo com a metodologia adotada nesta dissertação, *Action-Research*, o cronograma de trabalho inicia-se com a contextualização e identificação do problema, seguindo-se a escolha do caso de estudo. Assim, estas duas etapas são as evidentes no presente subcapítulo. Além disso, são recolhidos e analisados os dados e é iniciado o planeamento das ações, o que corresponde à terceira e quarta etapa da metodologia AR.

Assim, esta dissertação irá incidir sobre a melhoria do sistema produtivo de indústrias que fabricam produtos de mobiliário customizados e por projeto, como é o caso da Ferluca.

3.4.1. *Layout* Inicial

O aproveitamento do chão de fábrica é influenciado pela disposição e organização dos equipamentos que nesta se encontram, alterando as linhas de produção e, conseqüentemente, a produtividade de uma indústria.

No âmbito de melhor compreender o problema existente no sistema produtivo da Ferluca, é relevante ter em consideração o *layout* do seu chão de fábrica que é composto por dois armazéns ligados entre si.

Na Figura 29 encontra-se evidente o *layout* da empresa onde se pode observar que no armazém do lado esquerdo se encontram as duas máquinas de corte de serra de fita (a máquina manual e a máquina automática), a máquina de cortar cantos, a quinadora, a guilhotina e a máquina de curvar tubos e perfis. Além disso, no mesmo armazém localizam-se os postos de trabalho onde se efetuam as operações de soldadura (com dois postos de trabalho, um para soldadura MIG-MAG e outro para soldadura TIG), operações de rebarbar, lixar, polimento e controlo de qualidade dos produtos. No armazém do lado direito existem máquinas de furar, uma máquina de roscar, fresadoras, um torno convencional, um torno CNC e um centro de maquinagem. Situam-se na mesma zona os postos atribuídos para realização da pintura (quando necessária, não sendo utilizada frequentemente), secagem dos produtos após serem pintados, e limpeza e embalamento dos produtos para de seguida serem enviados para o cliente. É ainda relevante referir que não foi considerado o espaço utilizado no piso superior, onde se encontram os escritórios e a sala de reuniões, pois não serão objetivo de estudo nesta dissertação, no entanto a sua organização é igualmente importante como a organização do chão de fábrica.

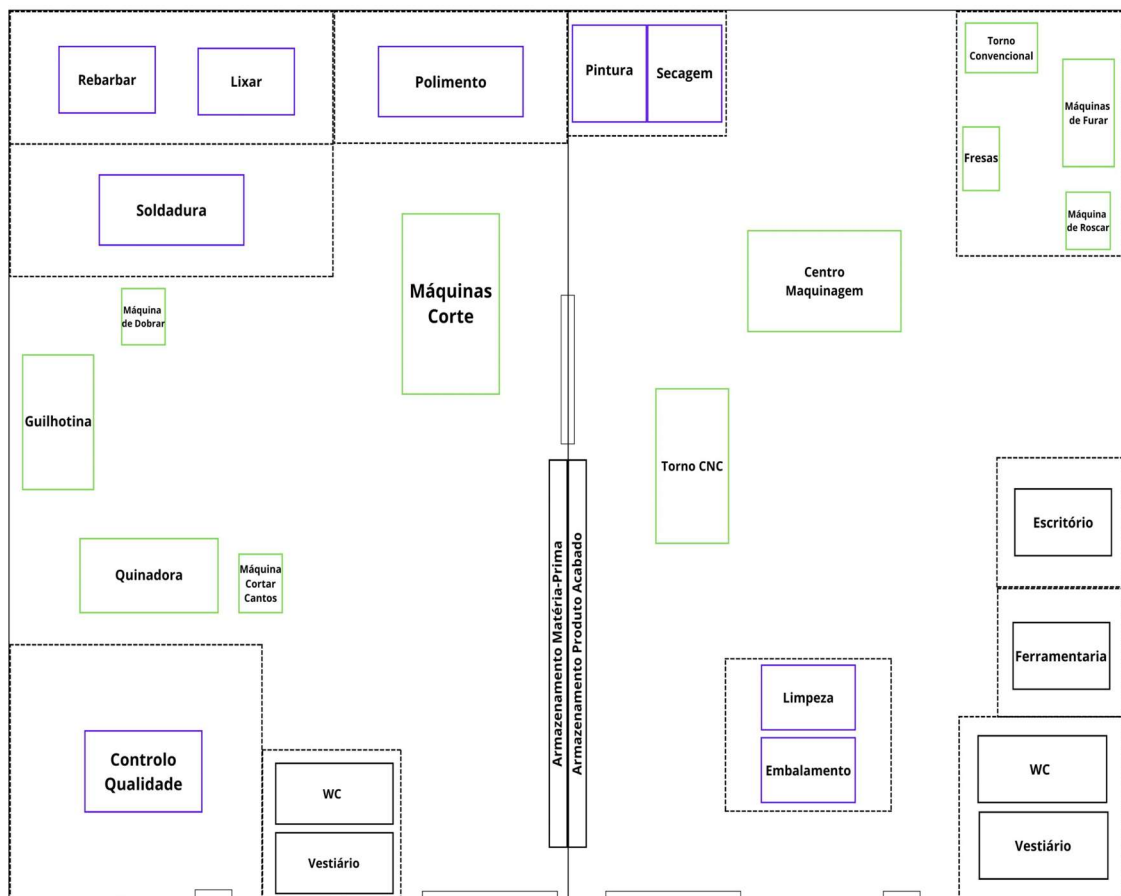


Figura 29 – Demonstração do *Layout* Inicial do chão de fábrica

3.4.2. Diagrama de Fluxo

O diagrama de fluxo é uma representação esquemática da forma como os sistemas produtivos fluem ao longo do chão de fábrica, devendo por isso estar em conformidade com o *layout*. Como tal, é uma ferramenta utilizada para compreender como os recursos se movem ao longo de todas as etapas de uma manufatura e como as diferentes operações interagem, permitindo detetar possíveis problemas existentes numa linha de produção diretamente relacionados com a disposição dos equipamentos e dos postos de trabalho.

Através da análise e interpretação de um diagrama de fluxo as empresas são capazes de desenhar e/ou ajustar o *layout* da fábrica para que vá de encontro às exigências dos sistemas produtivos, otimizando a sua eficiência e reduzindo desperdícios. O estudo de um diagrama de fluxo também ajuda a identificar efeitos de gargalo, *bottlenecks*, característicos pelo excesso de movimento entre dois postos de trabalho distantes, que se foram reorganizados por forma a ficarem mais próximos permite que haja uma minimização de transportes desnecessários, redução da mão-de-obra e aumento da produtividade.

Esta ferramenta veementemente aplicada em gabinetes de gestão industrial é de compreensão universal visto utilizar símbolos bem definidos para diferentes grupos de operações, como evidente na Figura 30.

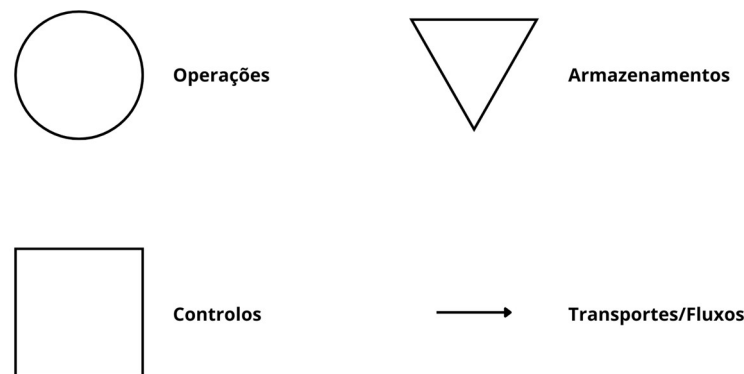


Figura 30 - Legenda do Diagrama de Fluxo

Por forma a melhor depreender o problema existente no sistema produtivo da Ferluca, na Figura 31 é demonstrado o diagrama de fluxo dos bancos, apresentados no capítulo anterior como sendo o exemplo dos produtos similares fabricados na indústria em causa. Na Tabela 8 é possível observar a descrição de todas as operações presentes no diagrama de fluxo dos bancos.

Tabela 8 - Descrição das Operações do Diagrama de Fluxo dos Bancos

Operação	Descrição
A1 (Armazenamento 1)	Armazenamento das diversas matérias-primas (tubos, varões, chapas e perfis).
P1 (Posto de Trabalho 1)	O material necessário é recolhido de A1 e transportado até à máquina de corte de serra de fita manual onde os diferentes tubos são cortados com os comprimentos e ângulos de corte pretendidos.
P2 (Posto de Trabalho 2)	As chapas são recolhidas de A1 e transportadas para a guilhotina onde são cortadas para a dimensão correta.
P3 (Posto de Trabalho 3)	Os tubos e chapas cortados em P1 e P2 são levados para a máquina de furar onde são efetuadas todas as furações necessárias.
P4 (Posto de Trabalho 4)	O material que se encontrava em P3 passa para a fresadora para serem abertos rasgos e “meias-canais”.
P5 (Posto de Trabalho 5)	Todo o material é transferido para o posto de soldadura TIG e soldado até obter um banco.
P6 (Posto de Trabalho 6)	Os bancos são rebarbados para que a escória obtida nos locais de soldadura seja removida, tal como possíveis defeitos evidentes na estrutura.
S1 (Subcontrato 1)	Os bancos são transportados para a empresa subcontratada na qual são lacados com a coloração especificada pelo cliente.
C1 (Controlo de Qualidade 1)	Após retornarem da pintura é crucial efetuar uma verificação de conformidade da pintura.
S2 (Subcontrato 2)	De C1 os bancos são enviados para a empresa responsável pelo estofado do assento e do encosto, sendo a pele previamente enviada pelo cliente.
C2 (Controlo de Qualidade 2)	O produto retorna do estofador e é efetuada uma verificação da qualidade do estofado do assento e do encosto e das características gerais do produto, efetuando um registo fotográfico para fornecer ao cliente.
P7 (Posto de Trabalho 7)	Verificado que está tudo conforme o produto é limpo na estação de limpeza.

P8 (Posto de Trabalho 8)	Do posto P7 passa para o posto de embalagem onde o produto é colocado num saco próprio, numa caixa de cartão e finalmente numa caixa de madeira, ficando pronto para ser enviado para o cliente.
A2 (Armazenamento 2)	O produto embalado é colocado no armazenamento até ser coordenado o transporte para o consumidor final.

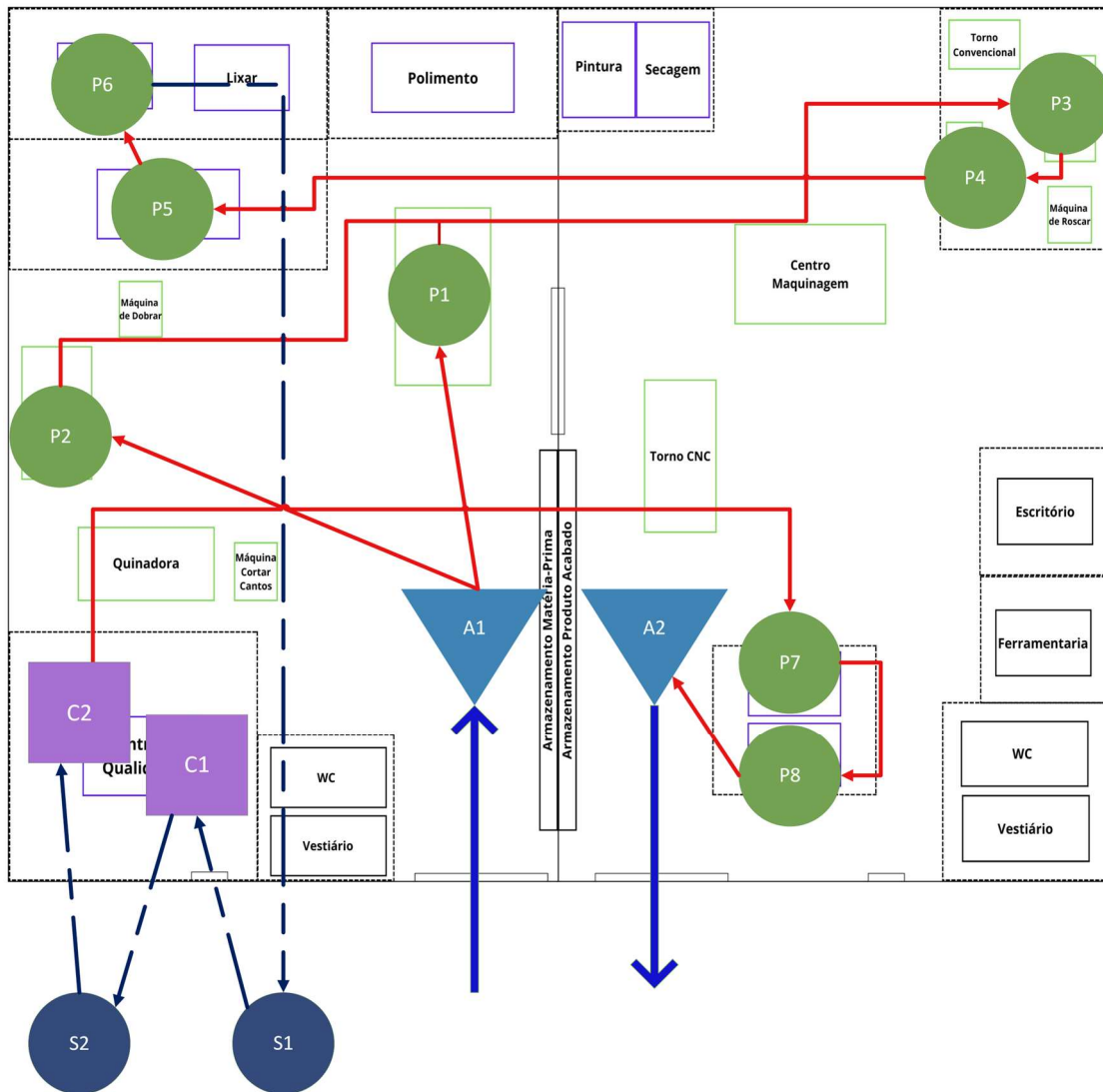


Figura 31 - Diagrama de Fluxo Inicial dos Bancos

Na Figura 32 o diagrama de fluxo do cabide é apresentado como exemplo de produto fabricado por projeto e na Tabela 9 são identificadas as diversas operações com as respetivas descrições.

Tabela 9 - Descrição das Operações do Diagrama de Fluxo dos Cabides

Operação	Descrição
A1 (Armazenamento 1)	Armazenamento das diversas matérias-primas (tubos, varões, chapas e perfis).

Apresentação da Empresa, dos Processos, dos Produtos e do Problema

P1 (Posto de Trabalho 1)	Os tubos, varões e curvas são levados de A1 até à máquina de corte de serra de fita manual para serem cortados com as dimensões pretendidas.
P2 (Posto de Trabalho 2)	O material passa para o torno CNC onde é efetuada a redução do diâmetro do varão e efetuado um alojamento onde será inserido outro componente.
P3 (Posto de Trabalho 3)	De P2 vão para a máquina de furar na qual são realizadas as furações necessárias.
P4 (Posto de Trabalho 4)	Alguns dos furos são roscados, como tal é utilizada a máquina de roscar.
P5 (Posto de Trabalho 5)	A totalidade dos componentes são transportados para o posto de soldadura TIG ou são soldados até obter o cabide.
P6 (Posto de Trabalho 6)	A remoção da escória é obtida no processo de rebarbar a peça.
P7 (Posto de Trabalho 7)	Como o produto vai ser pintado numa cor sem textura, ou seja, lisa, é necessário lixar todo o produto para que não tenha qualquer tipo de defeito ou rugosidade.
S1 (Subcontrato 1)	Os cabides são levados para o subcontrato responsável pela lacagem que pinta as peças de acordo com a especificação do cliente.
C1 (Controlo de Qualidade 1)	Os produtos após retornarem do subcontrato são levados ao posto de trabalho de controlo de qualidade para verificar que estão conformes e registar com fotografias.
P8 (Posto de Trabalho 8)	Os cabides são movidos para o posto de limpeza onde são limpos.
P9 (Posto de Trabalho 9)	Passam para o posto de trabalho de embalagem para serem devidamente acondicionados para garantir que não se danificam no processo de entrega ao cliente.
A2 (Armazenamento 2)	Por fim, os cabides são armazenados até serem entregues ao cliente.

Apresentação da Empresa, dos Processos, dos Produtos e do Problema

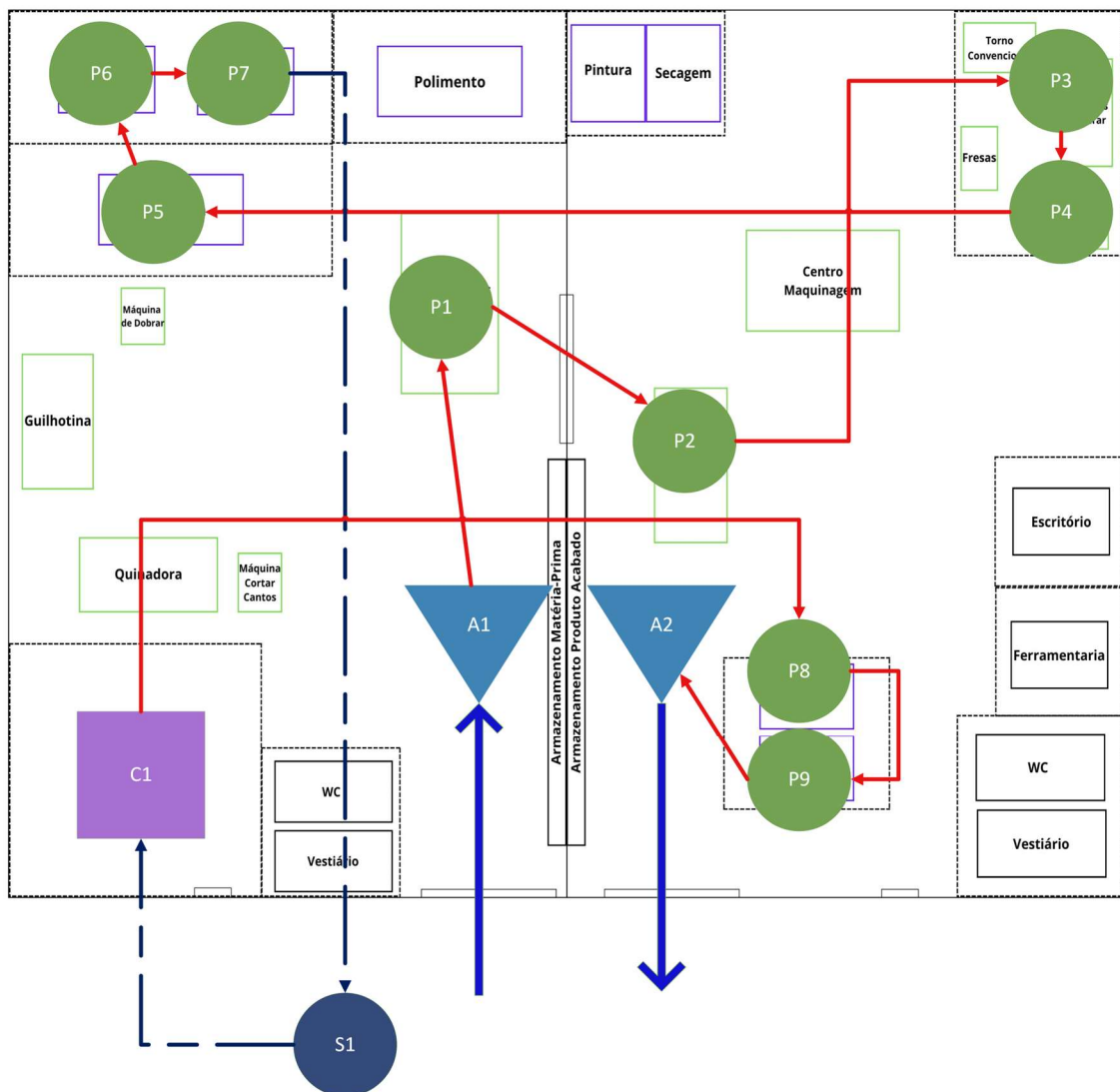


Figura 32 - Diagrama de Fluxo Inicial dos Cabides

Analisando e comparando os dois diagramas de fluxo, é possível denotar operações similares e postos de trabalho comuns, principalmente no que diz respeito às estações de controlo de qualidade, limpeza e acondicionamento dos produtos, pois, independentemente do produto ou projeto, tem de passar por estas estações finais para, posteriormente, ser entregue ao cliente.

Verifica-se também que o *layout* do chão de fábrica prejudica a produtividade do sistema de fabrico de ambos os produtos, visto que, face os diagramas de fluxo apresentados, as matérias-primas e os colaboradores desperdiçam tempo no transporte entre estações de trabalho e, consequentemente, no *setup* das máquinas, o que será comprovado com a análise das gamas operatórias demonstradas no seguinte subcapítulo.

3.4.3. Gama Operatória

A gama operatória de um determinado produto define a sequência de operações necessárias para o seu fabrico, o tempo estimado de produção, tempo de transporte e tempo de *setup* dos equipamentos. Este método é utilizado para facilmente identificar postos de trabalho com efeito de gargalo, *bottleneck*, analisar o *lead time*, efetuar o cálculo da disponibilidade e produtividade do sistema de fabrico e cálculo de custos associados à mão-de-obra. Com a obtenção destes dados consegue-se analisar o tempo de ciclo global de uma produção.

Na Figura 33 e na Figura 34 encontra-se a gama operatória dos bancos e a gama operatória dos cabides, respetivamente, onde são evidenciados o tempo de transporte, tempo de *setup* e tempo de produção de cada uma das operações descritas nos diagramas de fluxos no subcapítulo anterior.

Os tempos evidentes nas duas gamas operatórias foram recolhidos aquando da produção de dez unidades de bancos e dez unidades de cabides, que apesar de não ser considerada uma produção em série permitiu estudar os tempos com maior facilidade visto ser uma quantidade superior ao usualmente fabricado na Ferluca, pois a maioria das vezes é produzido apenas um exemplar de um determinado produto, ou seja, um protótipo.

Código	Operação	Posto de Trabalho	Tempo Transporte (min)	Tempo Setup (min)	Tempo Produção (min)
A1	Armazenamento Matéria-Prima		---	---	---
P1	Corte Tubo	Máquina Corte de Serra de Fita	5	30	180
P2	Corte Chapa	Guilhotina	5	30	60
P3	Furação	Máquina Furar	10	30	180
P4	Abertura Rasgos e Meia-Cana	Fresadora	2	40	150
P5	Soldadura	Soldadura	10	20	600
P6	Remoção Escória	Rebarbar	2	15	480
S1	Lacagem	Subcontrato	---	---	---
C1	Controlo Qualidade	Controlo Qualidade	---	---	30
S2	Estofador	Subcontrato	---	---	---
C2	Controlo Qualidade	Controlo Qualidade	---	---	30
P7	Limpeza	Limpeza	15	2	90
P8	Acondicionamento	Embalamento	2	5	120
A2	Armazenamento Produto Acabado		5	---	---
Total			56	172	1920
			Tempo Total de Produção (min)		2148
			Tempo Total de Produção (h/un)		3,6

Figura 33 - Gama Operatória Inicial dos Bancos

Apresentação da Empresa, dos Processos, dos Produtos e do Problema

Código	Operação	Posto de Trabalho	Tempo Transporte (min)	Tempo Setup (min)	Tempo Produção (min)
A1	Armazenamento Matéria-Prima		---	---	---
P1	Corte Tubo	Máquina Corte Serra de Fita	5	30	120
P2	Redução Diâmetro Varão	Torno CNC	10	60	150
P3	Furação	Máquina Furar	5	30	120
P4	Roscar Furo	Máquina Roscar	2	10	100
P5	Soldadura	Soldadura	10	30	540
P6	Remoção Escória	Rebarbar	3	20	480
P7	Remoção Defeitos	Lixar	3	15	480
S1	Lacagem	Subcontrato	---	---	---
C1	Controlo Qualidade	Controlo Qualidade	---	---	30
P8	Limpeza	Limpeza	15	5	60
P9	Acondicionamento	Embalamento	2	5	90
A2	Armazenamento Produto Acabado		5	---	---
Total			60	205	2170
			Tempo Total Produção (min)		2435
			Tempo Total Produção (h/un)		4,1

Figura 34 - Gama Operatória Inicial dos Cabides

Analisando a gama operatória dos bancos, constata-se que o tempo de transporte é de 56 minutos, o tempo necessário para *setup* é de 172 minutos (cerca de três horas) e o tempo de produção é de 1920 minutos (32 horas), somando os valores destes três tempos obtêm-se o tempo total de produção de 2148 minutos (36 horas), ou seja, o tempo de ciclo global para a produção de um banco é de 3,6 horas.

Observando a gama operatória do sistema produtivo dos cabides denota-se que é despendido em transporte 60 minutos (uma hora) e em *setup* 205 minutos (3,4 horas), o tempo de produção efetivo é de 2170 minutos (36,2 horas), com estes três valores consegue-se o tempo total de produção para dez cabides de 2435 minutos (41 horas), ou seja, o tempo de ciclo global de produção de um cabide é de 4,1 horas.

Comparando as duas gamas operatórias, verifica-se que é despendido tempo excessivo no transporte entre postos de trabalho que é resultado do incorreto posicionamento dos equipamentos no chão de fábrica, este fator faz com que o *lead time* da empresa seja prejudicado. Além disso, é também possível constatar que o tempo de preparação para iniciar uma operação, tempo de *setup*, é superior no sistema produtivo dos cabides, tal deve-se ao facto de ser um produto customizado que nunca tinha sido produzido na empresa, deste modo a produtividade da indústria é afetada.

É imprescindível salientar que os tempos de produção unitários não diferem muito entre as duas tipologias de produtos pois após preparada a máquina e planeada a operação, e sendo os colaboradores pessoas com bastante experiência e *know-all*, o tempo necessário para concluir a operação não é muito superior ao de um trabalho normalizado.

4. Análise e Resolução do Problema

O capítulo que se segue é referente à análise e resolução do problema sobre o qual incide esta dissertação. É composto por quatro subcapítulos, o primeiro refere-se à melhoria do *layout* do chão de fábrica e é dividido em três subcapítulos, desenvolvimento do *layout*, apresentação do *layout* proposto à chefia da organização e demonstração do diagrama de fluxo melhorado. O segundo subcapítulo, melhoria do tempo de *setup*, é composto por dois subcapítulos a apresentação da metodologia SMED e de seguida a sua implementação. No seguinte subcapítulo são demonstradas as gamas operatórias dos produtos em estudo melhoradas e, por fim, no último subcapítulo é efetuada a discussão dos resultados obtidos.

Como tal, este capítulo enquadra-se na quinta etapa da metodologia AR, a etapa de implementação das ações, a qual se encontra repartida em cinco fases, o diagnóstico da informação recolhida, o planeamento das ações, a implementação das ações definidas, a avaliação dos resultados obtidos e, por fim, a aprendizagem específica.

4.1. Melhoria do *Layout*

A eficiência e produtividade de uma indústria são significativamente afetadas pela incorreta disposição dos equipamentos, dos postos de trabalho e dos locais de armazenamento de material, o que resulta num aumento do tempo total de produção, aumento dos custos de produção e incumprimento dos prazos de entrega.

Um *layout* mal planeado é a principal causa de movimentações excessivas de materiais e operadores entre estações de trabalho criando o aparecimento de *bottlenecks* e interrupções na linha de produção. Além disso, se não existir um bom fluxo de trabalho entre as diferentes operações ou se os postos de trabalho se encontrarem demasiado longe uns dos outros os colaboradores podem sentir dificuldade em comunicar entre si, o que pode originar erros e atrasos na resolução de problemas.

O tempo de transporte entre áreas de trabalho e entre operações de um sistema produtivo é impactado pelo *layout* do chão de fábrica, como se observou no capítulo anterior nas gamas operatórias dos dois produtos, sendo que no caso dos bancos é equivalente a 56 minutos e no caso dos cabides o tempo de transporte é de 60 minutos. Por outro lado, da análise dos diagramas de fluxo dos bancos e dos cabides foi possível evidenciar que a organização dos equipamentos e locais de trabalho não é adequada pois há inúmeras interseções de linhas de fluxo e transporte de materiais desnecessários que sobrecarregam os colaboradores, não sendo um fluxo de produção contínuo, mas sim com interrupções.

Com a intenção de melhorar o layout da Ferluca, e aproveitando o facto de que num dos armazéns serão efetuadas obras e renovações a nível estrutural, é essencial ter em consideração o tipo de produção mais adequada à empresa, existindo as seguintes possibilidades de linhas de produção por produto/em linha, por processo/*Job-Shop* (linha de produção aplicada aquando do início desta dissertação), em células de fabrico ou por projeto. No entanto, apenas duas tipologias são mais adequadas à empresa em causa, a produção por produto ou a produção por processo (Trevisol, 2023).

A implantação por produto é particularmente aplicada em produções de grandes quantidades onde as tarefas seguem uma ordem sequencial, não existindo grande variedade de produtos e as gamas operatórias são idênticas. As máquinas e postos de trabalho são posicionados ao longo de uma linha contínua minimizando o movimento e tempo entre operações (Trevisol, 2023).

A tipologia por processo, mais conhecida como *Job-Shop*, é comum em sistemas produtivos personalizados com fabrico de pequenas quantidades e com elevada variedade de artigos, logo com gamas operatórias distintas. Tal como o nome indica, nesta implantação os equipamentos similares são agrupados e colocados próximos uns dos outros, o que permite uma maior flexibilidade na manufatura de diferentes produtos (F. Silva & Pinto Ferreira, 2019).

Face o facto da Ferluca ser uma indústria de produtos personalizados, a produção *Job-Shop* é a ideal e a que será implementada no novo *layout*. Não obstante, os diagramas de fluxo dos bancos e dos cabides são também cruciais para o melhoramento do *layout* pois permitem identificar a sequência de etapas na produção de dois produtos distintos com o propósito de alocar os equipamentos de forma a evitar movimentos de materiais desnecessários, reduzindo o tempo de transporte.

4.1.1. Desenvolvimento do *Layout*

Com o objetivo de obter o melhor *layout* para o chão de fábrica da empresa foram tidos em consideração os seguintes aspetos:

- O local de descarga de matéria-prima deve ser próximo do local onde a mesma será armazenada.
- O sistema produtivo de todos os produtos inicia-se com o corte da matéria-prima, como tal, o armazenamento desses materiais deve ser posicionado perto dessas estações.
- As máquinas utilizadas para o corte dos materiais devem ser todas colocadas numa área de trabalho próxima (máquinas de corte de serra de fita, guilhotina e máquina de cortar cantos).
- Após o material ser cortado é deformado e alterado em máquinas como a quinadora, a calandra e a máquina de curvar tubos, logo devem ser posicionadas perto das máquinas de corte.

- A maquinagem, tal como a deformação, pode ocorrer após o corte de material, por essa razão os tornos, as fresadoras, as furadoras e as máquinas automatizadas (centro de maquinagem e torno CNC) devem encontrar-se próximas umas das outras e próximas dos postos de trabalho de corte.
- Os locais atribuídos aos processos de soldadura e de acabamento (rebarbar, lixar e polir) não foram alterados em comparação com o layout inicial, pois com as alterações acima mencionadas já se encontram no local adequado, visto após a maquinagem e/ou deformação o produto passar para a soldadura, e depois de soldado passar para as operações de acabamento necessárias.
- De seguida o produto necessita de ser enviado para o subcontrato, podendo ficar vários dias em espera até ser entregue à empresa responsável, logo houve a necessidade de criar um local para armazenamento intermédio.
- O produto retorna do subcontrato e é encaminhado para o gabinete de controlo de qualidade e desse posto é transportado para as operações finais de limpeza e embalagem, as quais foram reposicionadas por forma a ficarem mais perto não só da estação de controlo de qualidade, mas também do local onde são armazenados os produtos acabados, para posteriormente serem entregues ao cliente final.

4.1.2. Layout Proposto

Na Figura 35 pode-se observar o *layout* melhorado proposto à chefia da organização de acordo com as características supramencionadas.

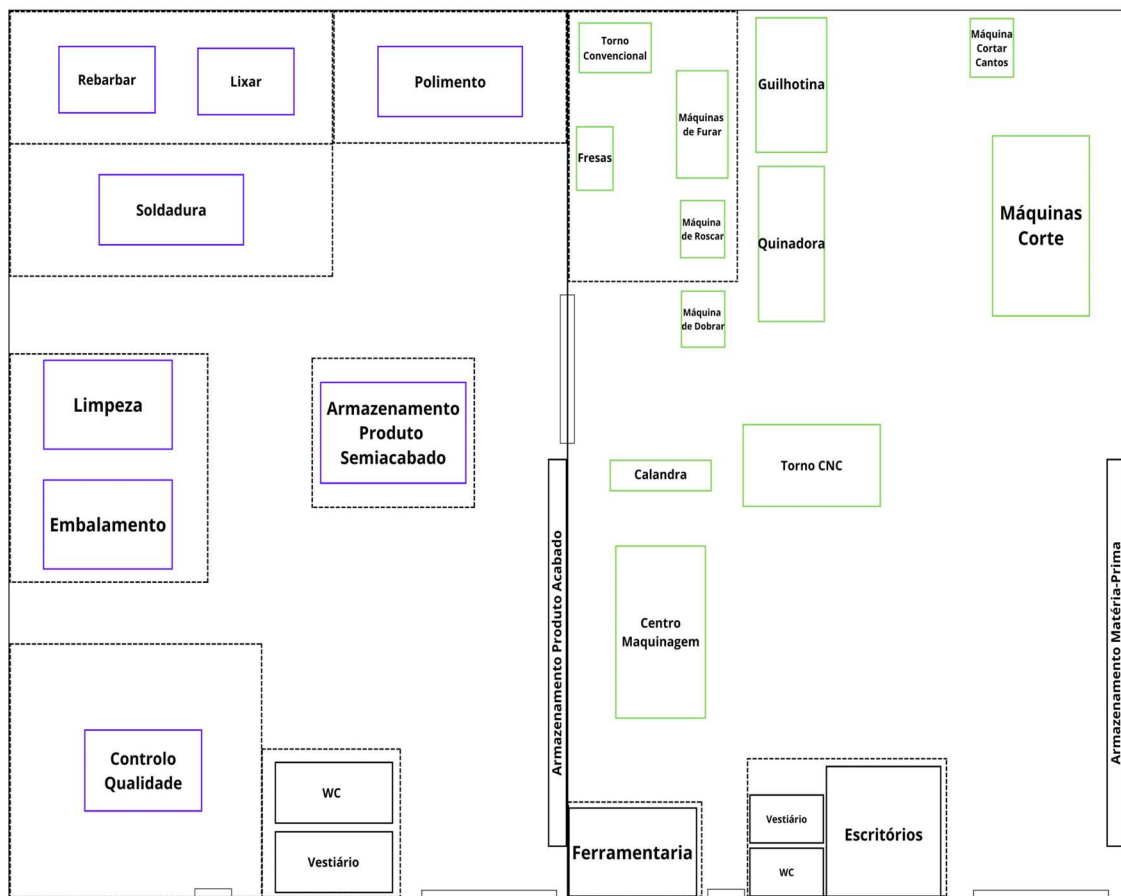


Figura 35 - *Layout* do chão de fábrica após implementação de melhorias

4.1.3. Diagrama de Fluxo Melhorado

O diagrama de fluxo está diretamente relacionado com o *layout* do chão de fábrica devido ao facto de representar visualmente o movimento dos materiais, colaboradores e produtos ao longo de um sistema produtivo. Posto isto, na Figura 36 apresenta-se o diagrama de fluxo melhorado dos bancos e na Figura 37 o diagrama de fluxo melhorado dos cabides.

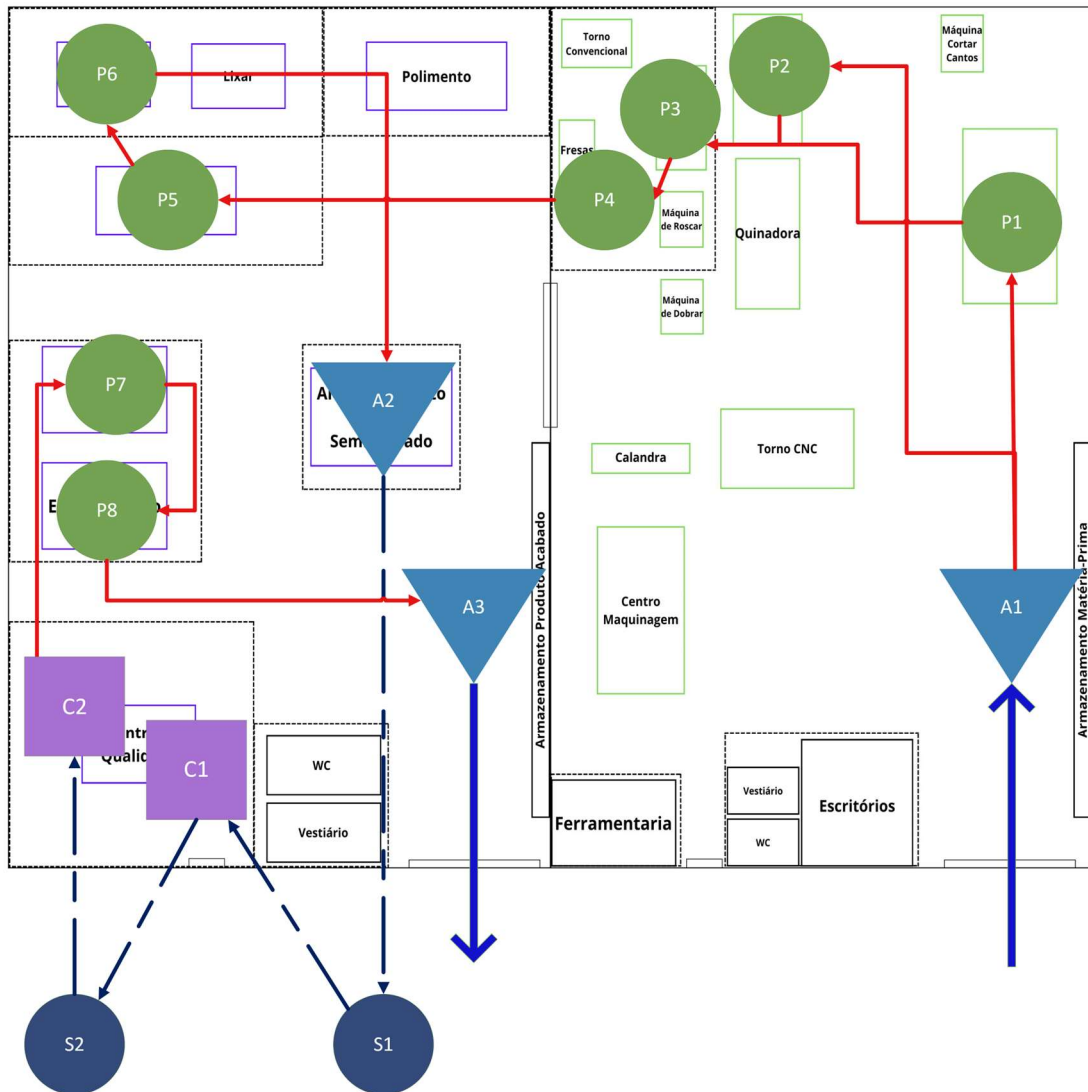


Figura 36 - Diagrama de Fluxo dos Bancos após melhoria do Layout

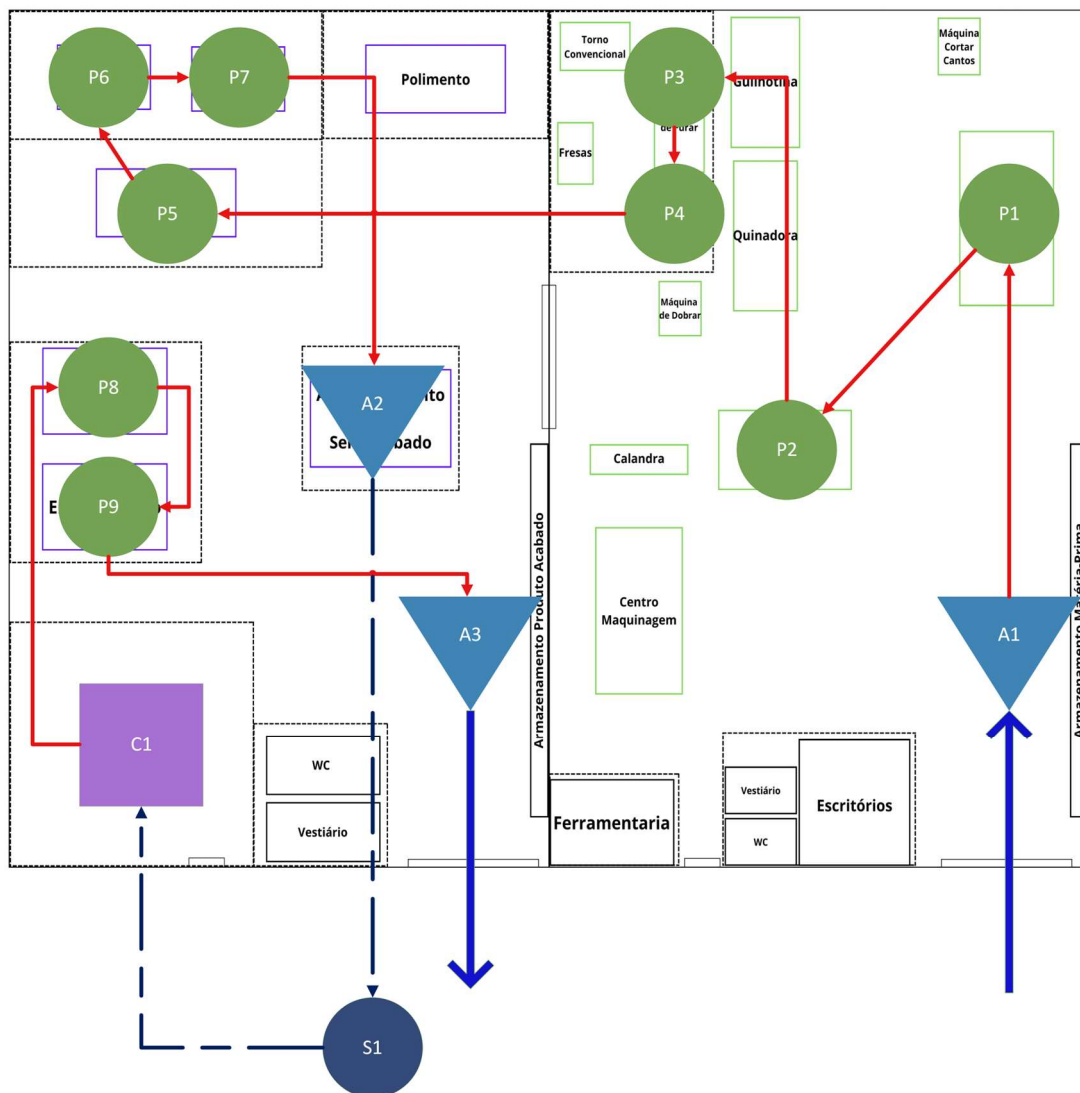


Figura 37 - Diagrama de Fluxo dos Cabides após melhoria do *Layout*

Avaliando os dois diagramas de fluxo melhorados, em comparação com os diagramas de fluxo iniciais, é perceptível que houve uma melhoria no fluxo de materiais não existindo tantos fluxos cruzados como inicialmente, o que indica que a produção flui melhor, houve uma redução dos tempos de transporte entre operações relacionada com a maior proximidade entre postos de trabalho, o que resulta também numa comunicação mais assertiva entre colaboradores e num aumento de produtividade.

4.1.4. Comparação de Resultados

A comparação dos resultados obtidos nesta dissertação com casos de estudo de outros autores é crucial para validar a eficácia das técnicas implementadas e identificar contribuições para trabalhos futuros, não só na área de aplicação deste estudo, mas também de outros setores industriais. Além disso, é importante comparar com outros métodos e ferramentas aplicados anteriormente por forma a aprofundar o conhecimento e credibilidade dos valores obtidos.

No trabalho de Bortolini et al. (2017) foi proposto um modelo de otimização de uma linha de montagem numa indústria de produção de utensílios de cozinha aplicando uma função que relaciona o tempo necessário para o operador recolher os materiais com os riscos ergonómicos que se encontra sujeito durante as movimentações. O autor conseguiu obter uma redução dos riscos ergonómicos em cerca de 36% ao reposicionar e adicionar novos locais de armazenamento de componentes e produtos acabados.

Com a crescente consciencialização pelo meio ambiente surgiu a necessidade das indústrias se tornarem mais sustentáveis e com produções mais limpas. Lins et al. (2021) repensou o *layout* de uma indústria de mobiliário com o objetivo de tornar a produção numa *Cleaner Production* através da otimização dos processos e eliminação dos desperdícios associados à má disposição dos equipamentos e postos de trabalho. O *(re)layout* da empresa resultou num aumento da área disponível para trabalho de cerca de 33% e uma redução da área de armazenamento em cerca de 36,6%, o que permitiu melhorar a capacidade produtiva e o fluxo dos materiais, aprimorando igualmente a qualidade do ambiente e do espaço de trabalho.

Reis et al. (2016) efetuou um estudo numa indústria do setor automóvel onde propôs a aplicação de ferramentas e técnicas *Lean* com a finalidade de melhorar o sistema produtivo. A implementação de rotas normalizadas com tempo de ciclo bem definidos, a execução de sistemas visuais, *Andon*, e a organização do *layout* do chão de fábrica originou uma redução da quantidade de materiais armazenados, uma redução dos tempos de espera e dos tempos de produção e um aumento da área disponível na indústria.

Apesar de nesta dissertação não terem sido calculados os riscos ergonómicos, após reorganização do *layout* os operadores foram abordados sobre a qualidade dos postos de trabalho e locais de armazenamento, tendo sido verificada uma diminuição do desgaste físico durante o período de trabalho e um aumento significativo da satisfação dos colaboradores face a qualidade e ambiente das estações de trabalho.

4.2. Melhoria do Tempo de *Setup*

O tempo de *setup* é uma atividade que não acrescenta valor à produção ocorre entre o final de uma operação e o início de outra e inclui funções como a preparação das máquinas e equipamentos, mudança de ferramentas, limpeza dos postos de trabalho e preparação dos materiais. O melhoramento do tempo de *setup* permite à empresa melhorar a eficiência global, reduzir custos e aumentar a capacidade de produção.

Um método utilizado para melhorar o tempo de *setup* é a normalização dos procedimentos na troca de operações e de postos de trabalho, pois permite eliminar etapas desnecessárias, minimizar a probabilidade do operador errar e reduzir a variabilidade entre tarefas, o que faz com que o processo de preparação de um trabalho seja mais rápido e produtivo (Vieira et al., 2020).

A formação e treinamento dos colaboradores é igualmente importante para uma empresa conseguir otimizar os tempos de *setup*, visto que quando os trabalhadores são formados e

envolvidos continuamente em iniciativas de otimização da produção, são capazes de identificar falhas e erros e as respetivas soluções nos processos de *setup* onde se encontram inseridos.

Por outro lado, a realização de uma manutenção preventiva dos equipamentos é essencial para reduzir os tempos de *setup*. Máquinas e ferramentas com a manutenção efetuada têm uma menor probabilidade de precisar de serem reparadas ou ajustadas durante a troca de postos de trabalho tornando o processo produtivo mais constante e descomplicado (Rosa et al., 2018).

O SMED (*Single Minute Exchange of Dies*) é uma metodologia da manufatura *Lean* e é a técnica mais eficaz para reduzir significativamente os tempos de preparação num sistema produtivo. Desenvolvida por Shigeo Shingo como forma de resposta ao elevado crescimento da indústria japonesa com vista a melhorar a produtividade da produção através da implementação de transições mais rápidas entre tarefas, principalmente em ambientes que requerem trocas frequentes de equipamentos e de ajustes, como é o caso de indústrias que manufacturam diversos produtos (V. Santos et al., 2022).

4.2.1. Metodologia SMED

A metodologia SMED foca-se na separação das atividades de *setup* em duas categorias principais, as atividades internas e as externas. As atividades internas só podem ser efetuadas quando a máquina está parada, enquanto as atividades externas podem ser completadas quando a máquina se encontra em funcionamento, não existindo necessidade de interromper a produção, exemplos destas atividades encontram-se evidentes na Figura 38 (Rosa et al., 2017; Sousa et al., 2018).

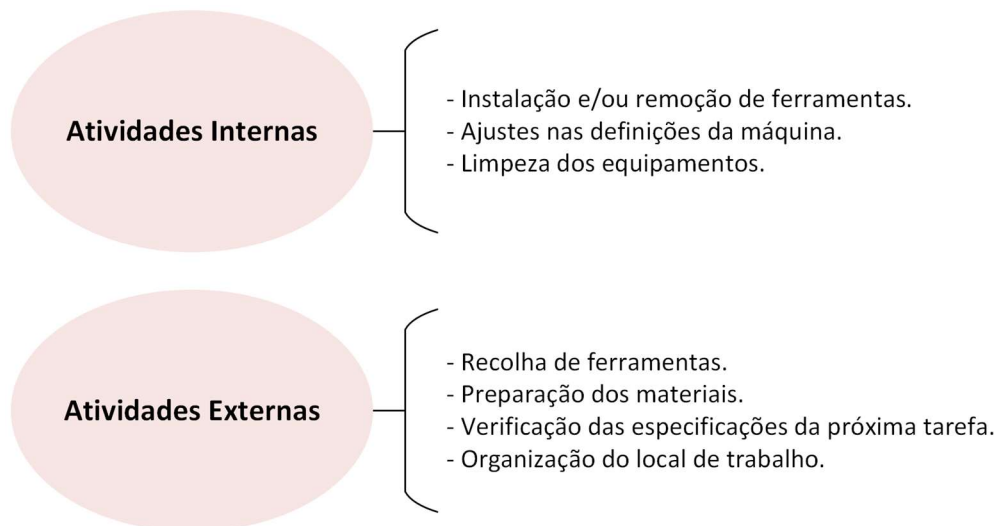


Figura 38 - Exemplos de Atividades Internas e Atividades Externas

O principal objetivo do SMED é converter o máximo de atividades internas em externas, permitindo que a preparação das tarefas seja efetuada enquanto a máquina opera, reduzindo desta forma o tempo de inatividade e de *setup* de um sistema produtivo, aumentando a produtividade e capacidade de produção.

A implementação da metodologia SMED consiste em quatro fases (M. Martins et al., 2018; Sousa et al., 2018):

- Fase Preliminar: as atividades externas e internas de *setup* não se encontram diferenciadas.
- Primeira Fase: identificar e categorizar todas as tarefas envolvidas no processo de preparação das operações.
- Segunda Fase: transformar as atividades internas em atividades externas.
- Terceira Fase: simplificar as operações de *setup*, ou seja, as atividades internas que não são possíveis de converter em externas devem ser o mais eficientes possível. A eliminação de passos desnecessários e o aprimoramento da ergonomia dos postos de trabalho permite que as atividades de *setup* sejam mais eficientes.

O SMED não é uma técnica que se aplica apenas uma vez, mas sim um processo contínuo que implica que os processos de *setup* sejam regularmente monitorizados e otimizados por forma a garantir que os tempos de preparação são continuamente reduzidos e problemas que possam aparecer sejam rapidamente resolvidos (Ribeiro et al., 2019).

4.2.2. Implementação do SMED

Da análise das gamas operatórias foi possível identificar o tempo total de *setup* no sistema produtivo dos bancos, de 172 minutos (cerca de três horas), e dos cabides, de 205 minutos (cerca de 3,4 horas). Com o propósito de implementar o SMED, e como referido no subcapítulo anterior, a primeira fase é a identificação e categorização das atividades internas e externas. Na Tabela 10 evidencia-se o tempo de preparação e a respetiva distribuição em atividades externas e internas de cada um dos sistemas produtivos, obtendo uma percentagem de 76,7% de atividades internas e 23,3% de atividades externas na produção dos bancos, e no que diz respeito aos cabides as atividades internas correspondem a 80,5% do tempo de *setup* e as atividades externas a apenas 19,5% desse tempo.

Tabela 10 - Distribuição das atividades internas e externas de *setup* dos bancos e dos cabides antes da implementação SMED

Produto	Atividade	Tempo (min.)	Percentagem (%)
Bancos	Internas	132	76,7
	Externas	40	23,3
	Total	172	100
Cabides	Internas	165	80,5
	Externas	40	19,5
	Total	205	100

Os principais problemas identificados na execução da preparação das tarefas foram a incorreta organização e identificação das ferramentas necessárias para o *setup*, a falta de rápido acesso a ferramentas de suporte, a não existência de uma mesa de suporte nos postos de trabalho e a preparação de componentes e ferramentas para a próxima operação.

Análise e Resolução do Problema

Em virtude destes resultados deu-se seguimento à segunda e terceira fase da implementação da metodologia SMED, ou seja, converter atividades internas em atividades externas e tornar mais eficientes as que se mantiverem internas. Para tal efeito foram implementadas as seguintes medidas:

- Criação de kits de ferramentas em cada posto de trabalho com todas as ferramentas necessárias para as operações comuns de serem efetuadas nesse local, por exemplo na estação de polimento foi colocado um kit com os diferentes discos possíveis de serem utilizados.
- Organização prévia do material e das matérias-primas quando rececionadas na empresa e antes de iniciar uma produção são transportadas para junto dos diferentes postos de trabalho, reduzindo o tempo desperdiçado pelos colaboradores na recolha dos mesmos, por exemplo se o produto a fabricar necessitar de algum tipo de fixador, como porcas ou parafusos, estes são colocados nos postos de trabalho onde serão utilizados.
- Utilização de sistemas de maquinagem e de fixação universais por forma a reduzir a necessidade de calibrar e ajustar as máquinas entre operações, como é o caso dos grampos de fixação do torno convencional e do torno CNC.
- Formação dos colaboradores e aplicação dos 5S no âmbito de manterem as estações de trabalho limpas e organizadas.
- Métodos de organização visual das ferramentas para que seja mais rápida e prática a sua troca, por exemplo através da colocação de etiquetas nas gavetas dos carrinhos de ferramentas de forma que o operador saiba facilmente que gaveta abrir.
- Os processos de acabamento, como o polimento, podem demorar demasiado tempo, logo podem ocorrer em simultâneo com outras operações, se o sistema produtivo assim o permitir, de modo que o lote fique pronto sem implicar atrasos.
- Formar e treinar os operadores para serem capazes de utilizar diversas máquinas e efetuar diversos procedimentos de *setup*, o que os torna capazes de mudar de tarefa e ajudar na preparação de outros trabalhos quando essencial.
- Foi efetuada a manutenção preventiva dos equipamentos o que garantiu que as máquinas e as ferramentas se encontravam operações e em boas condições, reduzindo a ocorrência de falhas e ajustes durante as trocas de operações.

Implementadas estas medidas, foram novamente registados os tempos das atividades internas e externas dos sistemas produtivos dos bancos e dos cabides, evidentes na Tabela 11. No que diz respeito à produção dos bancos obteve-se uma redução do tempo total de *setup* para 120 minutos, 60,8% desse tempo são atividades internas e 39,2% são atividades externas. No caso da produção dos cabides o tempo de *setup* diminuiu para 150 minutos, sendo que 75,3% são atividades internas e 24,7% são atividades externas.

Tabela 11 - Distribuição das atividades internas e externas de *setup* dos bancos e dos cabides após implementação SMED

Produto	Atividade	Tempo (min.)	Porcentagem (%)
Bancos	Internas	73	60,8
	Externas	47	39,2
	Total	120	100
Cabides	Internas	113	75,3
	Externas	37	24,7
	Total	150	100

Na Figura 39 é evidente a comparação dos tempos das atividades de *setup* internas e externas das duas variedades de produtos antes e depois da implementação do SMED. Além disso, denota-se de forma clara a diminuição significativa do tempo das atividades de *setup* internas como confirmação da credibilidade das capacidades de aplicar ferramentas *Lean* como o SMED, os 5S e a normalização dos processos.

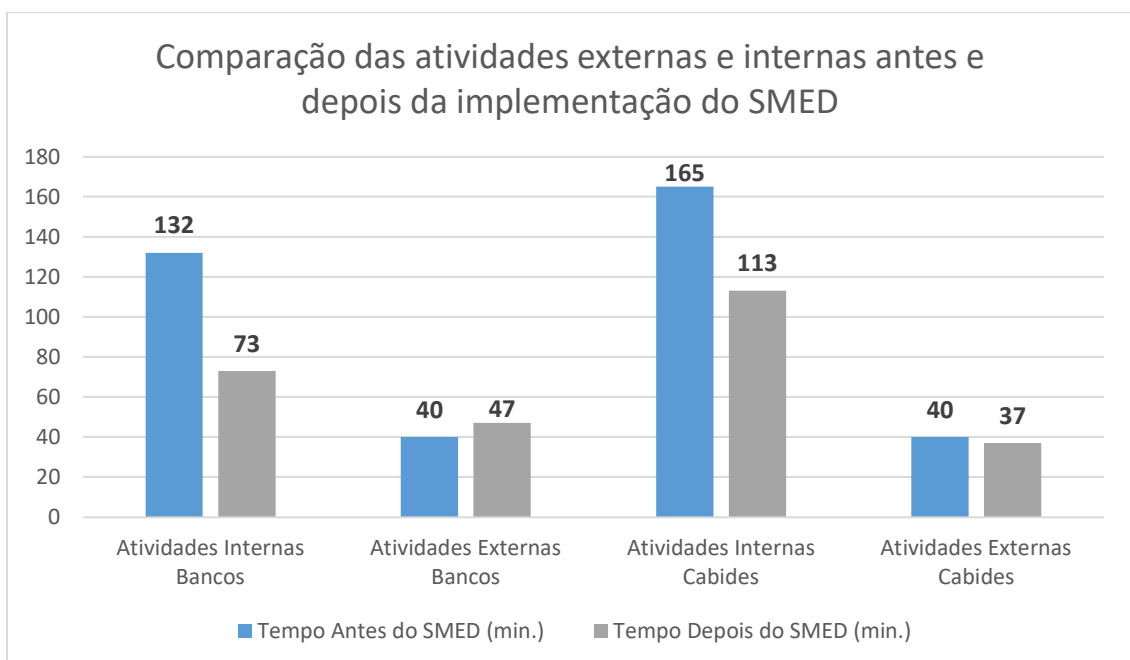


Figura 39 - Comparação das atividades Externas e Internas Antes e Depois da implementação do SMED

4.2.3. Comparação de Resultados

Com a implementação da metodologia SMED, da normalização dos trabalhos e da formação dos colaboradores foi possível reduzir o tempo de *setup* do sistema produtivo dos bancos em cerca de 30,2% e o tempo de *setup* dos cabides em cerca de 26,8%. Estes resultados levam a que a produção seja mais rápida, eficaz, produtiva e que as operações sejam mais flexíveis.

O caso de estudo de Vieira et al. (2020), efetuado numa indústria do setor automóvel, aplicou técnicas *Lean*, como o SMED e a normalização do trabalho, para obter uma redução do tempo de *setup* em 38% e um aumento do OEE de 7,7%.

A manutenção preventiva dos equipamentos é essencial para garantir o balanceamento entre a disponibilidade das máquinas e assegurar que operam nas condições corretas, de modo a obter produtos com elevada qualidade, prevenindo a degradação dos componentes. O trabalho de V. Santos et al. (2022), efetuado numa máquina de produção de pneus, discutiu a implementação da metodologia SMED nos procedimentos de calibração como forma de reduzir os tempos de *setup*, tendo alcançado uma diminuição de 31% do tempo de preparação da máquina e um aumento significativo da disponibilidade da mesma.

O estudo desenvolvido por M. Martins et al. (2018) numa indústria do setor automóvel evidenciou a redução do tempo de *setup* em mais de 50% e permitiu a eliminação total do desperdício, da sucata, gerado em virtude da determinação prévia das ações a executar.

Nesta dissertação não foi possível determinar valores de OEE devido à falta de registos de parâmetros como a disponibilidade e qualidade da organização, no entanto, os resultados obtidos de redução dos tempos de *setup* nas duas gamas de produtos encontram-se aproximados aos valores obtidos nos estudos acima mencionados, o que comprava a veracidade e utilidade das ferramentas e técnicas *Lean*, mais concretamente a metodologia SMED.

4.3. Gamas Operatórias Melhoradas

A gama operatória de um sistema produtivo realça a sequência de operações e processos que um produto passa até estar concluído, logo é significativamente influenciada por mudanças no *layout* do chão de fábrica e pela redução dos tempos de *setup*.

O aperfeiçoamento do *layout* de uma indústria altera o movimento dos materiais e equipamentos podendo resultar numa redução do tempo de transporte entre postos de trabalho, eliminando etapas irrelevantes. Adicionalmente, a redução dos tempos de *setup* através da aplicação de metodologias como o SMED torna a produção mais rápida e flexível, reduzindo o lead time, e a normalização dos processos permite que os tempos de produção sejam reduzidos.

Posto isto, é crucial retificar as gamas operatórias dos produtos em estudo para que seja exequível a identificação das melhorias de tempos de *setup*, tempos de transporte e tempos de produção.

Na Figura 40 é perceptível a gama operatória dos bancos após implementados os melhoramentos, onde se pode realçar que o tempo de transporte passou para 37 minutos, o tempo de *setup* para 120 minutos (2 horas) e o tempo de produção para 1645 minutos (27,4 horas), ou seja, houve uma redução de 33,9% no transporte, uma redução de 30,2% no *setup* e uma redução de 14,3% no tempo de produção. O tempo total de produção de um banco passou para 3 horas, o que significa que houve uma diminuição de 16,7% no tempo de ciclo global.

Código	Operação	Posto de Trabalho	Tempo Transporte (min)	Tempo Setup (min)	Tempo Produção (min)
A1	Armazenamento Matéria-Prima		---	---	---
P1	Corte Tubo	Máquina Corte Serra de Fita	3	20	150
P2	Corte Chapa	Guilhotina	4	15	45
P3	Furação	Máquina Furar	2	20	120
P4	Abertura Rasgos e Meia-Cana	Fresadora	2	30	120
P5	Soldar	Soldadura	7	20	540
P6	Remoção de Escória	Rebarbar	2	10	450
A2	Armazenamento Intermédio		5	---	---
S1	Lacagem	Subcontrato	---	---	---
C1	Controlo Qualidade da Lacagem	Controlo Qualidade	---	---	30
S2	Estofar	Subcontrato	---	---	---
C2	Controlo Qualidade do Estofa	Controlo Qualidade	---	---	30
P7	Limpeza	Limpeza	5	2	60
P8	Acondicionamento	Embalamento	2	3	100
A3	Armazenamento Produto Acabado		5	---	---
Total			37	120	1645
			Tempo Total Produção (min)		1802
			Tempo Total Produção (h/un)		3,0

Figura 40 - Gama Operatória dos Bancos após melhoria de *Layout* e de Tempo de *Setup*

No que concerne o sistema produtivo dos cabides, foi possível diminuir o tempo de transporte para 43 minutos, o tempo de *setup* para 150 minutos e o tempo de produção para 1860 minutos, o que equivale a uma redução de 28,3% dos transportes, de 26,8% no *setup* e 14,3% na produção. Assim, o tempo total de produção de um cabide passou para 3,4 horas, o que implica uma redução de 17% desse tempo, como evidente na Figura 41.

Análise e Resolução do Problema

Código	Operação	Posto de Trabalho	Tempo Transporte (min)	Tempo Setup (min)	Tempo Produção (min)
A1	Armazenamento Matéria-Prima		---	---	---
P1	Corte Tubo	Máquina Corte Serra de Fita	3	20	90
P2	Redução Diâmetro Varão	Torno CNC	5	45	120
P3	Furação	Máquina de Furar	4	20	100
P4	Roscar	Máquina de Roscar	2	10	80
P5	Soldar	Soldadura	7	20	480
P6	Remoção de Escória	Rebarbar	3	15	420
P7	Lixar	Lixar	2	10	420
A2	Armazenamento Intermédio		5	---	---
S1	Lacagem	Subcontrato	---	---	---
C1	Controlo Qualidade da Lacagem	Controlo Qualidade	---	---	30
P8	Limpeza	Limpeza	5	5	45
P9	Acondicionamento	Embalamento	2	5	75
A3	Armazenamento Produto Acabado		5	---	---
Total			43	150	1860
			Tempo Total Produção (min)		2053
			Tempo Total Produção (h/un)		3,4

Figura 41 - Gama Operatória dos Cabides após melhoria de Layout e de Tempo de Setup

Na Tabela 12 encontra-se evidente um quadro resumo com a comparação dos valores obtidos antes e após implementação das técnicas que levaram ao melhoramento do sistema produtivo dos bancos e dos cabides.

Tabela 12 - Comparação dos Valores Obtidos Antes e Após Melhoria

Produto	Descrição	Tempo Antes da Melhoria (min.)	Tempo Depois da Melhoria (min.)
Bancos	Tempo de Transporte	56	37
	Tempo de Setup	172	120
	Tempo de Produção	1920	1645
	Tempo Total de Produção	2148	1802
Cabides	Tempo de Transporte	60	43
	Tempo de Setup	205	150
	Tempo de Produção	2170	1860
	Tempo Total de Produção	2435	2053

4.4. Discussão de Resultados

A análise e discussão dos resultados obtidos após implementadas mudanças numa indústria é crucial para compreender se foram eficazes e identificar outras áreas para melhorar no futuro e enquadra-se na sexta etapa da metodologia aplicada nesta dissertação, *Action-Research*.

Quando são introduzidas novas ferramentas, novos processos, novos métodos de trabalho e um novo *layout* é importante perceber se foram alcançados os objetivos de aumento da produtividade, redução de desperdícios, redução do *lead time* e aumento da segurança e saúde dos colaboradores.

Após implementação das mudanças de *layout* e da metodologia SMED, obteve-se um melhoramento significativo na eficiência da empresa. Uma redução de 30,2% dos tempos de *setup* no sistema produtivo dos bancos e de 26,8% nos cabides indica que os operadores são mais rápidos na troca de operações e postos de trabalho, o que resulta num melhoramento da produtividade e da flexibilidade da organização.

Adicionalmente, uma redução de 33,9% e de 28,3% nos tempos de transporte das linhas de produção dos bancos e dos cabides, respetivamente, é consequência do melhoramento do *layout* do chão de fábrica, face à diminuição da distância entre estações de trabalho, simplificando o movimento de materiais e componente e facilitando a comunicação entre operadores, reduzindo a quantidade de erros, defeitos e de paragens não planeadas relacionadas com a falta de passagem de informação importante.

Em comparação com os resultados obtidos em casos de estudo anteriores, como o trabalho de Sousa et al. (2018) que obteve uma redução do tempo de *setup* de 43% numa indústria de cortiça através da aplicação da metodologia SMED, do VSM e do A3 e o estudo de Rosa et al. (2017) numa indústria automóvel onde conseguiu obter uma diminuição do tempo de *setup* semanal de 58% ao aplicar as ferramentas *Lean* SMED e 5S, a redução de cerca de 30% obtida na Ferluca revela ser similar ao que acontece noutros setores que aplicaram técnicas *Lean*.

A. M. Freitas et al. (2019) no seu caso de estudo reorganizou o *layout* do chão de fábrica com o intuito de tornar os processos mais eficientes e intuitivos, o que originou um aumento significativo da satisfação dos colaboradores e uma redução do tempo despendido na realização de tarefas em cerca de 25%. Confrontando com a redução obtida nesta dissertação de cerca de 14% compreende-se que há oportunidade para melhoria em trabalhos futuros deste parâmetro.

O crescente desejo por produtos customizados obriga as empresas a trabalhar com lotes pequenos e com alta variedade de produtos. No caso de estudo de Fernandes et al. (2020) é introduzido o sistema de suporte de decisão POLCA, que consiste num conjunto de cartas que os colaboradores utilizam para controlar e verificar como os materiais se movimentam. Esta ferramenta ajuda no cumprimento dos prazos de entrega e na redução do *lead time* do sistema produtivo.

A aplicação do ciclo DMAIC, quando introduzido simultaneamente da criação de novas gamas de produtos, permite eliminar defeitos associados à qualidade final dos produtos e reduzir as

Análise e Resolução do Problema

falhas no cumprimento dos prazos de entrega, como comprovado no trabalho de Maia et al. (2019) que conseguiu obter uma redução de 30% nos atrasos das encomendas e melhorar a capacidade dos processos quando recorreu a este ciclo.

A adaptação de metodologias e técnicas de melhoria às necessidades específicas da empresa permitiram obter ganhos substanciais, particularmente na produtividade, flexibilidade e eficiência dos transportes entre postos de trabalho. Além disso, a oportunidade de encorajar os colaboradores a participar em discussões e reuniões para partilharem as suas ideias e perceções do sistema produtivo permitiu avaliar e adaptar a organização por forma a melhorar o seu desempenho global.

5. Conclusão

A última fase da metodologia científica aplicada nesta dissertação, *Action-Research*, é a aprendizagem final efetuando-se uma análise crítica de todo o trabalho e o seu aproveitamento. Assim, neste último capítulo é efetuada uma síntese do trabalho realizado, apresentando os resultados obtidos, as limitações que foram enfrentadas no seu desenvolvimento e propostas de trabalhos futuros.

5.1. Conclusões finais

Esta dissertação dedicou-se à otimização do sistema produtivo de uma indústria de mobiliário focando-se em duas áreas críticas, o *layout* e o tempo de *setup*. O principal objetivo foi identificar e eliminar desperdícios, reduzindo tempos de preparação das operações e tempos de transporte, com a finalidade de otimizar a produtividade e flexibilidade da organização.

O melhoramento do *layout* do chão de fábrica foi uma etapa essencial para atingir os objetivos específicos deste estudo. Ao reorganizar o posicionamento dos equipamentos foi possível simplificar e reduzir movimentos desnecessários. As máquinas e postos de trabalho foram posicionados por forma a existir uma sequência lógica de tarefas de acordo com o diagrama de fluxo dos produtos e as zonas de armazenamento (de matéria-prima, de produto semiacabado e de produto acabado) foram colocadas em locais adequados de acordo com o fluxo dos produtos e componentes.

Estas alterações resultaram numa redução dos tempos de transporte de 33,9% na linha de produção dos bancos e de 28,3% na dos cabides, ou seja, uma diminuição de aproximadamente 31% dos tempos despendidos em movimentações na organização, logo houve um melhoramento da eficiência global da Ferluca. Em adição, a redução de tempo gasto pelos operadores em movimentações desnecessárias permite focarem-se em tarefas que acrescentem valor à produção, aumentando a capacidade produtiva das operações.

Por outro lado, a implementação de ferramentas *Lean*, particularmente a metodologia SMED, os 5S e a normalização dos processos, tiveram um desempenho fulcral na otimização do sistema produtivo, pois a análise das linhas de produção permitiu conferir elevados tempos de *setup* nas diversas tarefas. A identificação e conversão de atividades internas em atividades externas de *setup*, a introdução de kits de ferramentas e a limpeza e organização dos postos de trabalho permitiu obter uma redução do tempo de *setup* na produção dos bancos em 30,2% e em 26,8% na produção dos cabides, aumentando a flexibilidade da indústria para manufaturar lotes

Conclusão

pequenos e adaptar-se à diversidade de produtos e especificações, sem comprometer a produtividade do sistema produtivo.

Os resultados obtidos nesta dissertação demonstram claramente a eficácia das técnicas implementadas e que não só foram reduzidos os tempos de *setup* e de transporte, mas foi também simplificado o fluxo de trabalhos e eliminados alguns desperdícios, tornando a empresa mais sustentável e consciente do meio ambiente.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

O estudo efetuado fornece soluções práticas para a otimização do sistema produtivo numa indústria de mobiliário, no entanto, a estrutura de trabalho pode ser aplicada noutros setores de manufatura que enfrentem obstáculos similares. Todavia, existiram limitações no desenvolvimento do trabalho como a inexistência de histórico de registos de tempos, a recolha dos dados ter sido efetuada de forma manual, o que pode implicar erros, a falta de dados que possibilitariam o cálculo do OEE e a inicial falta de cooperação dos operadores.

Trabalhos futuros podem explorar a integração de técnicas e ferramentas mais avançadas, automatismos tecnológicos e melhoria contínua dos processos, implementando outras ferramentas *Lean* como o *Kanban*, o *JIT (Just-in-Time)* e o ciclo PDCA. A falta de tempo impediu o aprovisionamento a longo prazo das melhorias implementadas, logo a condução de uma análise mais detalhada da indústria após melhoramento do sistema produtivo permitiria obter uma melhor visão do impacto das mudanças e oferecer oportunidades de melhoria contínua.

6. Referências

- Abu, F., Gholami, H., Mat Saman, M. Z., Zakuan, N., & Streimikiene, D. (2019). The implementation of lean manufacturing in the furniture industry: A review and analysis on the motives, barriers, challenges, and the applications. *Journal of Cleaner Production*, *234*, 660–680. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.06.279>
- Agrahari, R. S., Dangle, P. A., & Chandratre, K. V. (2015). Implementation of 5S methodology in the small scale industry: a case study. *International Journal of Scientific & Technology Research*, *4*(4), 180–187.
- Andersson, C., & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*, *35*, 144–154. <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2014.12.003>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, *13*, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2017.09.173>
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of Major Lean Production Waste in Automobile Industries using Weighted Average Method. *Procedia Engineering*, *97*, 2167–2175. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2014.12.460>
- Azevedo, M. M., Crispim, J. A., & Pinho de Sousa, J. (2019). A dynamic multiobjective model for designing machine layouts. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(13), 1896–1901. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2019.11.479>
- Baptista, A., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, S., & Pinto, G. (2020). Applying DMADV on the industrialization of updated components in the automotive sector: a case study. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1332–1339. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.186>
- Bastos, N. M., Alves, A. C., Castro, F. X., Duarte, J., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2021). Reconfiguration of assembly lines using lean thinking in an electronics components' manufacturer for the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, *55*, 383–392. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.10.053>
- Battini, D., Calzavara, M., Otto, A., & Sgarbossa, F. (2016). The Integrated Assembly Line Balancing and Parts Feeding Problem with Ergonomics Considerations. *IFAC-PapersOnLine*, *49*(12), 191–196. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.594>
- Blais, C., St-Pierre, J., & Bergeron, H. (2023). Performance measurement in new product development projects: findings from successful small and medium enterprises. *International Journal of Project Management*, *41*(2), 102451. <https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2023.102451>
- Bordley, R. F., Keisler, J. M., & Logan, T. M. (2019). Managing projects with uncertain deadlines. *European Journal of Operational Research*, *274*(1), 291–302. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2018.09.036>

Referências

- Bortolini, M., Faccio, M., Gamberi, M., & Pilati, F. (2017). Multi-objective assembly line balancing considering component picking and ergonomic risk. *Computers & Industrial Engineering*, *112*, 348–367. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2017.08.029>
- Brandl, F. J., Roider, N., Hehl, M., & Reinhart, G. (2021). Selecting practices in complex technical planning projects: A pathway for tailoring agile project management into the manufacturing industry. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, *33*, 293–305. <https://doi.org/10.1016/J.CIRPJ.2021.03.017>
- Brito, M., Vale, M., Leão, J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Gonçalves, M. A. (2020). Lean and Ergonomics decision support tool assessment in a plastic packaging company. *Procedia Manufacturing*, *51*, 613–619. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.086>
- Budianto, F., Halim, J., & Sembiring, A. C. (2020). Redesigning Furniture Production Floors Using Systematic Layout Planning and ALDEP Method to Minimize Material Handling Costs. *2020 3rd International Conference on Mechanical, Electronics, Computer, and Industrial Technology (MECnIT)*, 84–90. <https://doi.org/10.1109/MECnIT48290.2020.9166613>
- Centobelli, P., Cerchione, R., Murino, T., & Gallo, M. (2016). Layout and material flow optimization in digital factory. *International Journal of Simulation Modelling*, *15*(2), 223–235.
- Chandra, P. (1993). A dynamic distribution model with warehouse and customer replenishment requirements. *Journal of the Operational Research Society*, *44*(7), 681–692.
- Chandra, P., & Fisher, M. L. (1994). Coordination of production and distribution planning. *European Journal of Operational Research*, *72*(3), 503–517. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(94\)90419-7](https://doi.org/10.1016/0377-2217(94)90419-7)
- Colledani, M., Gyulai, D., Monostori, L., Urgo, M., Unglert, J., & Van Houten, F. (2016). Design and management of reconfigurable assembly lines in the automotive industry. *CIRP Annals*, *65*(1), 441–446. <https://doi.org/10.1016/J.CIRP.2016.04.123>
- Conforto, E. C., & Amaral, D. C. (2016). Agile project management and stage-gate model—A hybrid framework for technology-based companies. *Journal of Engineering and Technology Management*, *40*, 1–14. <https://doi.org/10.1016/J.JENGTCEMAN.2016.02.003>
- Cooper, R. G. (2019). The drivers of success in new-product development. *Industrial Marketing Management*, *76*, 36–47. <https://doi.org/10.1016/J.INDMARMAN.2018.07.005>
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, *22*(2), 220–240.
- da Silva, A. P., da Silva, A. M., Kawamoto Jr, L. T., & Rodrigues, E. F. (2018). Otimização da produção em sistemas puxados: análise em uma fábrica de móveis de aço. *Revista Científica Hermes*, *20*, 62–85.
- da Silva, F. J. G. (2024). *Green Automation: Increasing Sustainability, From Industry to Our Home*. CRC Press. ISBN: 978-1-032-23489-2.
- da Silva, F. J. G., & Gouveia, R. M. (2020). *Cleaner Production – Toward a better future*. Springer Nature, Cham, Switzerland. ISBN: 978-3-030-23164-4.
- da Silva Ghidini, C. T. L., Oliveira, P. M., & de Oliveira, W. A. (2022). Simulação-otimização aplicada ao problema integrado na indústria de móveis. *Pesquisa Operacional Para o Desenvolvimento*, *15*, 1–23.
- da Silva, J. C., da Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., de Sá, J. C. V., & Ferreira, L. C. R. N. P. (2021). A model for productivity improvement on machining of components for stamping dies. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, *12*(2), 85–101. <https://doi.org/10.24867/IJIE-2021-2-279>

- Dabić, M., Obradović Posinković, T., Vlačić, B., & Gonçalves, R. (2023). A configurational approach to new product development performance: The role of open innovation, digital transformation and absorptive capacity. *Technological Forecasting and Social Change*, *194*, 122720. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2023.122720>
- Dias, P., Silva, F. J. G., Campilho, R., Ferreira, L. P., & Santos, T. (2019). Analysis and improvement of an assembly line in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, *38*, 1444–1452. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.143>.
- Dieste, M., Panizzolo, R., Garza-Reyes, J. A., & Anosike, A. (2019). The relationship between lean and environmental performance: Practices and measures. *Journal of Cleaner Production*, *224*, 120–131. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.03.243>
- Dües, C. M., Tan, K. H., & Lim, M. (2013). Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*, *40*, 93–100. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2011.12.023>
- Fathi, M., Syberfeldt, A., Ghobakhloo, M., & Eskandari, H. (2018). An optimization model for material supply scheduling at mixed-model assembly lines. *Procedia CIRP*, *72*, 1258–1263. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2018.03.274>
- Fercoq, A., Lamouri, S., & Carbone, V. (2016). Lean/Green integration focused on waste reduction techniques. *Journal of Cleaner Production*, *137*, 567–578. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.07.107>
- Fernandes, N. O., Thürer, M., Mirzaei, N., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Carmo-Silva, S. (2020). POLCA Control in two-stage production systems. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1491–1496. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.207>.
- Ferreira, L. P., Ávila, P., Bastos, J., Silva, F. J. G., Sá, J. C., & Brito, M. (2023). *Lean Manufacturing and Industry 4.0*. MDPI - Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Basel, Switzerland. ISBN: 978-3-0365-7717-3.
- Freitas, A. M., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Pereira, J. (2019). Improving efficiency in a hybrid warehouse: a case study. *Procedia Manufacturing*, *38*, 1074–1084. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.01.195>
- Freitas, F., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Pimentel, C., & Godina, R. (2020). Development of a suitable project management approach for projects with parallel planning and execution. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1544–1550. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.215>
- Garay, J. M. B., Rivera, F. G. S., Castro, P., Marcelo, E., & Alvarez, J. C. (2021). Proposal to improve productivity in companies of a wooden furniture cluster in Peru. *2021 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería (CONIITI)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CONIITI53815.2021.9619754>
- García-Navarro, J., Ramírez, F. J., & Ruíz-Ortega, M. J. (2019). Using Action Research to Implement an Operating Efficiency Initiative in a Local Government. *Systemic Practice and Action Research*, *32*(1), 39–62. <https://doi.org/10.1007/s11213-018-9451-1>
- Gomes Silva, F. J., Kirytopoulos, K., Pinto Ferreira, L., Sá, J. C., Santos, G., & Cancela Nogueira, M. C. (2022a). The three pillars of sustainability and agile project management: How do they influence each other. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, *29*(5), 1495–1512. <https://doi.org/10.1002/csr.2287>.
- Hajmohammad, S., Vachon, S., Klassen, R. D., & Gavronski, I. (2013). Reprint of Lean management and supply management: Their role in green practices and performance. *Journal of Cleaner Production*, *56*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.038>
- Hosseini, Z., Navazi, F., Siadat, A., Memari, P., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2019). A Tailored Fuzzy Simulation Integrated with a Fuzzy DEA Method for a Resilient Facility Layout Problem: A Case Study of a Refrigerator Injection Process. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(13), 541–546. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2019.11.214>

Referências

- Hunter, S. L., Bullard, S., & Steele, P. H. (2004). Lean production in the furniture industry: The double D assembly cell. *Forest Products Journal*, 54(4), 32.
- Johnson, C. N. (2002). The benefits fo PDCA. *Quality Progress*, 35(5), 120.
- Korhonen, T., Laine, T., Lyly-Yrjänäinen, J., & Suomala, P. (2016). Innovation for multiproject management: The case of component commonality. *Project Management Journal*, 47(2), 130–143.
- Lam, N. T., Toi, L. M., Tuyen, V. T. T., & Hien, D. N. (2016). Lean Line Balancing for an Electronics Assembly Line. *Procedia CIRP*, 40, 437–442.
<https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2016.01.089>
- Li, C. H., & Lau, H. K. (2018). Application of Lean Manufacturing in Product Safety. *2018 IEEE Symposium on Product Compliance Engineering - Asia (ISPCE-CN)*, 1–3.
<https://doi.org/10.1109/ISPCE-CN.2018.8805764>
- Lins, P. S., Kiperstok, A., Cunha, R. D. A., Rapôso, Á. L. Q. R. e S., Merino, E. A. D., & César, S. F. (2021). (Re) layout as a Strategy for Implementing Cleaner Production: Proposal for a Furniture Industry Company. *Sustainability*, 13(23), 13109.
- Lopes, R., Silva, F. J. G., Godina, R., Campilho, R., Dieguez, T., Ferreira, L. P., & Baptista, A. (2020). Reducing scrap and improving an air conditioning pipe production line. *Procedia Manufacturing*, 51, 1410–1415. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.196>.
- Lopes, P. V., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Baptista, A., & de Almeida, F. (2019). Designing a novel and greener truck asphalt container. *Procedia Manufacturing*, 38, 324–332.
<https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.01.042>
- Machado, A. G. C., & de Moraes, W. F. A. (2010). Estratégias de customização em massa: um estudo de caso na indústria de fabricação de móveis modulares. *Revista Gestão Industrial*, 6(2).
- Maia, M., Pimentel, C., Silva, F., Godina, R., & Matias, J. (2019). Order fulfilment process improvement in a ceramic industry. *Procedia Manufacturing*, 38, 1436–1443.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.144>.
- Manzini, M., Unglert, J., Gyulai, D., Colledani, M., Jauregui-Becker, J. M., Monostori, L., & Urgo, M. (2018). An integrated framework for design, management and operation of reconfigurable assembly systems. *Omega*, 78, 69–84.
<https://doi.org/10.1016/J.OMEGA.2017.08.008>
- Marinho, P., Pimentel, D., Casais, R., Silva, F., Sá, J. C., & Ferreira, L. P. (2021). Selecting the best tools and framework to evaluate equipment malfunctions and improve the OEE in the cork industry. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(4), 286–298. <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2021-4-295>.
- Marques, M., Poler, R., Agostinho, C., & Jardim-Goncalves, R. (2017). An architecture to support the development of reconfigurable and updatable product-service systems in furniture sector. *2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)*, 1076–1081. <https://doi.org/10.1109/ICE.2017.8280001>
- Martins, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2018). A practical study of the application of SMED to electron-beam machining in automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 647–654. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.113>.
- Martins, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G. (2020). Warehouse operations logistics improvement in a cork stopper factory. *Procedia Manufacturing*, 51, 1723–1729. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.240>
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A).
<https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Moen, R., & Norman, C. (2006). *Evolution of the PDCA cycle*.

- Mogaramedi, M., Nel, H., & Marnewick, A. (2020). Impact of standard work for leaders on reducing unused employee creativity during lean implementation. *South African Journal of Industrial Engineering*, *31*, 1–10.
- Monteiro, C., Ferreira, L. P., Fernandes, N. O., Silva, F. J. G., & Amaral, I. (2019). Improving the Machining Process of the Metalwork Industry by Upgrading Operative Sequences, Standard Manufacturing Times and Production Procedure Changes. *Procedia Manufacturing*, *38*, 1713–1722. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.01.106>
- Morgado, L., Silva, F. J. G., & Fonseca, L. M. (2019). Mapping occupational health and safety management systems in Portugal: outlook for ISO 45001: 2018 adoption. *Procedia Manufacturing*, *38*, 755–764. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.103>.
- Mourato, J., Pinto Ferreira, L., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Dieguez, T., & Tjahjono, B. (2021). Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *70*(7), 1930–1951. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2020-0327>.
- Mourtzis, D., Zogopoulos, V., & Vlachou, K. (2019). Frugal innovation and its application in manufacturing networks. *Manufacturing Letters*, *20*, 27–29. <https://doi.org/10.1016/J.MFGLET.2019.04.001>
- Muslimen, R., Yusof, S. M., & Abidin, A. S. Z. (2011). Lean manufacturing implementation in Malaysian automotive components manufacturer: A case study. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2011, WCE 2011*, *1*.
- Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, *17*, 696–704. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2018.10.119>
- Nguyen, M. N., & Do, N. H. (2016). Re-engineering Assembly Line with Lean Techniques. *Procedia CIRP*, *40*, 590–595. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2016.01.139>
- Otto, A., & Battaia, O. (2017). Reducing physical ergonomic risks at assembly lines by line balancing and job rotation: A survey. *Computers & Industrial Engineering*, *111*, 467–480. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2017.04.011>
- Panizzolo, R. (1998). Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers.: The relevance of relationships management. *International Journal of Production Economics*, *55*(3), 223–240. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00066-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00066-8)
- Pereira, T., Neves, A. S. L., Silva, F. J. G., Godina, R., Morgado, L., & Pinto, G. F. L. (2020). Production process analysis and improvement of corrugated cardboard industry. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1395–1402. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.194>.
- Pessoa, B., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Sá, J. C., Ávila, P., & Ares, J. E. (2021). Assessment of the flexibility of implementing lean tools. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1193*(1), 012050. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1193/1/012050>.
- Pisoni, A., Micheli, L., & Martignoni, G. (2018). Frugal approach to innovation: State of the art and future perspectives. *Journal of Cleaner Production*, *171*, 107–126. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.09.248>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.181>.
- Radujković, M., & Sjekavica, M. (2017). Project Management Success Factors. *Procedia Engineering*, *196*, 607–615. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.08.048>
- Rahman, A., Sarker, S., & Islam, M. T. (2018). Simulating Cutting Line of a Furniture Industry. *2018 International Conference on Production and Operations Management Society (POMS)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/POMS.2018.8629447>

Referências

- Rasnacis, A., & Berzisa, S. (2017). Method for Adaptation and Implementation of Agile Project Management Methodology. *Procedia Computer Science*, *104*, 43–50. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2017.01.055>
- Reis, L., Varela, M. L. R., Machado, J., & Trojanowska, J. (2016). *Application of lean approaches and techniques in an automotive company*.
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study. *Procedia Manufacturing*, *38*, 765–775. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.01.104>
- Rivera, A., & Kashiwagi, J. (2016). Identifying the State of the Project Management Profession. *Procedia Engineering*, *145*, 1386–1393. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.04.204>
- Robertson, J. (2000). The three Rs of action research methodology: reciprocity, reflexivity and reflection-on-reality. *Educational Action Research*, *8*(2), 307–326. <https://doi.org/10.1080/09650790000200124>
- Rola, P., Kuchta, D., & Kopczyk, D. (2016). Conceptual model of working space for Agile (Scrum) project team. *Journal of Systems and Software*, *118*, 49–63. <https://doi.org/10.1016/J.JSS.2016.04.071>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, *13*, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2017.09.110>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Gouveia, R. (2018). Establishing Standard Methodologies To Improve The Production Rate Of Assembly Lines Used For Low Added-Value Products. *Procedia Manufacturing*, *17*, 555–562. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2018.10.096>
- Sanchez, O. P., Terlizzi, M. A., & de Moraes, H. R. de O. C. (2017). Cost and time project management success factors for information systems development projects. *International Journal of Project Management*, *35*(8), 1608–1626. <https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2017.09.007>
- Santos, J., Gouveia, R. M., & Silva, F. J. G. (2017). Designing a new sustainable approach to the change for lightweight materials in structural components used in truck industry. *Journal of Cleaner Production*, *164*, 115–123. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.06.174>
- Santos, V., Sousa, V. F. C., Silva, F. J. G., Matias, J. C. O., Costa, R. D., Pinto, A. G., & Campilho, R. D. S. G. (2022). Applying the SMED Methodology to Tire Calibration Procedures. *Systems*, *10*(6), 239. <https://doi.org/10.3390/systems10060239>
- Scherrer-Rathje, M., Boyle, T. A., & Deflorin, P. (2009). Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Business Horizons*, *52*(1). <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2008.08.004>
- Serrador, P., & Pinto, J. K. (2015). Does Agile work? — A quantitative analysis of agile project success. *International Journal of Project Management*, *33*(5), 1040–1051. <https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2015.01.006>
- Shahbazi, S., & Jönbrink, A. K. (2020). Design guidelines to develop circular products: Action research on nordic industry. *Sustainability*, *12*(9), 3679.
- Silva, F., & Pinto Ferreira, L. (2019). *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*. Nova Science Publishers, New York, USA, ISBN. 9781536157253.
- Silva, V., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Tjahjono, B., & Ávila, P. (2021). Simulation-based decision support system to improve material flow of a textile company. *Sustainability*, *13*(5), 2947. <https://doi.org/10.3390/su13052947>
- Smith, P. G., & Merritt, G. M. (2020). *Proactive risk management: Controlling uncertainty in product development*. CRC Press.

- Soares, D., da Silva, F. J. G., Ramos, S. C. F., Kirytopoulos, K., Sá, J. C., & Ferreira, L. P. (2022). Identifying Barriers in the Implementation of Agile Methodologies in Automotive Industry. *Sustainability*, *14*(9), 5453. <https://doi.org/10.3390/su14095453>.
- Sohi, A. J., Hertogh, M., Bosch-Rekvelde, M., & Blom, R. (2016). Does Lean & Agile Project Management Help Coping with Project Complexity? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *226*, 252–259. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2016.06.186>
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, *17*, 611–622. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2018.10.103>
- Staats, B. R., Brunner, D. J., & Upton, D. M. (2011). Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider. *Journal of Operations Management*, *29*(5). <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.11.005>
- Stare, A. (2014). Agile Project Management in Product Development Projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *119*, 295–304. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2014.03.034>
- Stark, J. (2022). Product lifecycle management (PLM). In *Product Lifecycle Management (Volume 1) 21st Century Paradigm for Product Realisation* (pp. 1–32). Springer.
- Stettina, C. J., & Hörz, J. (2015). Agile portfolio management: An empirical perspective on the practice in use. *International Journal of Project Management*, *33*(1), 140–152. <https://doi.org/10.1016/J.IJPROMAN.2014.03.008>
- Suhardi, B., Anisa, N., & Laksono, P. W. (2019). Minimizing waste using lean manufacturing and ECRS principle in Indonesian furniture industry. *Cogent Engineering*, *6*(1), 1567019. <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1567019>
- Tébar-Rubio, J. V., Ramírez, F. J., & Ruiz-Ortega, M. J. (2022). Conducting Action Research to Improve Operational Efficiency in Manufacturing: The Case of a First-Tier Automotive Supplier. *Systemic Practice and Action Research*, *36*(3), 427–459. <https://doi.org/10.1007/s11213-022-09616-w>
- Teixeira, P., Coelho, A., Fontoura, P., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Santos, G., & Ferreira, L. P. (2022). Combining lean and green practices to achieve a superior performance: The contribution for a sustainable development and competitiveness—An empirical study on the Portuguese context. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, *29*(4), 887–903. <https://doi.org/10.1002/csr.2242>.
- Teixeira, P., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Santos, G., & Fontoura, P. (2021). Connecting lean and green with sustainability towards a conceptual model. *Journal of Cleaner Production*, *322*, 129047. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129047>.
- Tellini, T., Silva, F. J. G., Pereira, T., Morgado, L., Campilho, R., & Ferreira, L. P. (2019). Improving in-plant logistics flow by physical and digital pathways. *Procedia Manufacturing*, *38*, 965–974. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.180>.
- Trevisol, J. (2023). Layout analysis and restructuring in the pre-assembly sector of the serial line in a furniture industry. *Seven Editora*. <https://sevenpublicacoes.com.br/index.php/editora/article/view/2891>
- Tu, Q., Vonderembse, M. A., Ragu-Nathan, T. S., & Ragu-Nathan, B. (2004). Measuring modularity-based manufacturing practices and their impact on mass customization capability: a customer-driven perspective. *Decision Sciences*, *35*(2), 147–168.
- Vandermerwe, S., & Rada, J. (1988). Servitization of business: adding value by adding services. *European Management Journal*, *6*(4), 314–324.
- Vidal, J. C., Mucientes, M., Bugarín, A., Lama, M., & Balay, R. S. (2008). Hybrid Approach for Machine Scheduling Optimization in Custom Furniture Industry. *2008 Eighth International Conference on Hybrid Intelligent Systems*, 849–854. <https://doi.org/10.1109/HIS.2008.141>

Referências

- Vieira, A. M., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Pereira, T. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 51, 1416–1422. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.197>
- Wilsten J, P., & Shayan, E. (2007). Layout design of a furniture production line using formal methods. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 1(1), 81–96.
- Wu, Z., Zong, F., Zhang, F., Wang, J., Zhu, Z., Guo, X., & Cao, P. (2023). Investigation of the customized furniture industry's production management systems. *Journal of Engineering Research*, 100072. <https://doi.org/10.1016/J.JER.2023.100072>
- Xiong, X., Ma, Q., YingyingYuan, Wu, Z., & Zhang, M. (2020). Current situation and key manufacturing considerations of green furniture in China: A review. *Journal of Cleaner Production*, 267, 121957. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.121957>
- Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & Liu, Y. (2020). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118726. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118726>
- Yao, A. C., & Carlson, J. G. H. (2003). Agility and mixed-model furniture production. *International Journal of Production Economics*, 81–82, 95–102. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(02\)00359-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00359-6)
- Yin, C., & Zhang, W. (2021). New Product Development Process Models. *2021 International Conference on E-Commerce and E-Management (ICECEM)*, 240–243. <https://doi.org/10.1109/ICECEM54757.2021.00054>
- Zeddami, B., Belkaid, F., & Bennekrouf, M. (2020). Solving the Production-Routing Problem with energy consideration: A case study from the furniture industry. *2020 IEEE 13th International Colloquium of Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/LOGISTIQUA49782.2020.9353903>
- Zhang, J., & Zhang, G. (2011). Research on the Implement Method of Green Manufacturing in MC Furniture Enterprise. *2011 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, 2, 480–483. <https://doi.org/10.1109/ICIII.2011.261>

Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

NOME: Inês dos Santos Silva

ISEP, Porto, 13 de setembro de 2024