



# Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA E BIOLÓGICA

## **Projecto de Melhoria da Gestão de Armazém numa Vidraria**

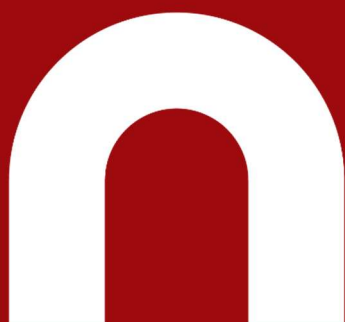
Trabalho de Projecto para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão Industrial

Autor

**Bruno Jesus Batista Julião**

Orientador

**Doutor Belmiro Pereira Mota Duarte**



INSTITUTO POLITÉCNICO  
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR  
DE ENGENHARIA  
DE COIMBRA

Coimbra, abril de 2025

## RESUMO

Num contexto global marcado pela recuperação económica pós-pandemia e pela instabilidade gerada por conflitos geopolíticos, as empresas enfrentam desafios crescentes para garantir a sua competitividade. Neste cenário, a optimização dos processos produtivos e operacionais assume um papel crucial, especialmente em sectores como a indústria de transformação e corte de vidro, onde a elevada concorrência exige eficiência e capacidade de resposta e de adaptação às exigências e às mudanças do mercado.

O presente documento descreve o projecto de dissertação desenvolvido pelo autor numa empresa de referência nacional no sector da comercialização e transformação de vidro plano. O projecto incidiu na implementação de práticas de gestão *Lean* no armazém de ferragens da empresa, um sector que, embora periférico, desempenha um papel fundamental no suporte às operações de produção e instalação de vidro em obra.

O trabalho iniciou-se com uma auditoria 5S ao armazém, seguida da aplicação de ferramentas de diagnóstico como o Diagrama de Ishikawa, a FMECA, visando identificar e priorizar os problemas mais críticos, e a análise ABC do inventário. Como parte da análise, procedeu-se também à simulação do *layout* do armazém com base em desenho CAD, permitindo visualizar e propor melhorias espaciais de forma fundamentada.

Foram propostas diversas acções de melhoria, entre as quais se destacam a reorganização do *layout* físico, a optimização das práticas de arrumação, a proposta de implementação de soluções digitais de apoio à gestão, como a integração de um Sistema de Gestão de Armazéns, assim como a sugestão de novos procedimentos operacionais. Estas propostas visam não só melhorar a organização e o controlo de inventário, mas também criar um ambiente de trabalho mais eficiente, seguro e alinhado com os princípios do *Lean Thinking*, reduzindo desperdícios e aumentando a agilidade das operações logísticas.

A análise de viabilidade financeira revelou a exequibilidade das propostas apresentadas, evidenciando um retorno positivo sobre o investimento e benefícios estratégicos para a gestão do armazém. A conclusão reforça que a utilização integrada de ferramentas *Lean* e de análise logística permitiu construir um plano de melhoria sustentável e aplicável a outros contextos industriais semelhantes.

**Palavras-chave:** *Lean Thinking*, Método 5S, FMECA, Análise ABC, Melhoria Contínua, WMS.

## **ABSTRACT**

In a global context marked by post-pandemic economic recovery and instability generated by geopolitical conflicts, companies face increasing challenges to ensure their competitiveness. In this scenario, the optimisation of production and operational processes plays a crucial role, especially in sectors such as the glass processing and cutting industry, where high competition demands efficiency and the ability to respond and adapt to market demands and changes.

This document describes the dissertation project developed by the author at a leading national company in the flat glass market. The project focused on the implementation of Lean management practices in the company's hardware warehouse, a sector which, although peripheral, plays a key role in supporting glass production and installation operations on site.

The work began with a 5S audit of the warehouse, followed by the application of diagnostic tools such as the Ishikawa Diagram and FMECA, aimed at identifying and prioritising the most critical problems, and ABC analysis of the inventory. As part of the analysis, the warehouse layout was also simulated based on CAD drawings, allowing for the visualisation and proposal of well-founded spatial improvements.

Several improvement actions were proposed, including the reorganisation of the physical layout, the optimisation of storage practices, the proposal to implement digital management support solutions, such as the integration of a Warehouse Management System, as well as the suggestion of new operating procedures. These proposals aim not only to improve inventory organisation and control, but also to create a more efficient and safer working environment, in line with the principles of Lean Thinking, reducing waste and increasing the agility of logistics operations.

The financial feasibility analysis revealed the viability of the proposals presented, showing a positive return on investment and strategic benefits for warehouse management. The conclusion reinforces that the integrated use of Lean tools and logistics analysis has enabled the construction of a sustainable improvement plan that can be applied to other similar industrial contexts.

**Keywords:** Lean Thinking, 5S Method, FMECA, ABC Analysis, Continuous Improvement, WMS.

## EPÍGRAFE

"Valeu a pena? Tudo vale a pena  
Se a alma não é pequena.  
Quem quer passar além do Bojador  
Tem que passar além da dor.  
Deus ao mar o perigo e o abismo deu,  
Mas nele é que espelhou o céu."

*Fernando Pessoa*  
*"Mar Português", in Mensagem*

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha maior inspiração, à pessoa a quem prometi que iniciaria e concluiria este mestrado, independentemente de tudo o que pudesse vir a acontecer; à pessoa que me ensinou a nunca desistir, a lutar sempre e incansavelmente pelos meus objectivos e a manter a perseverança, mesmo perante as maiores adversidades da vida.

À minha melhor amiga, à pessoa que esteve sempre presente, sempre disponível para me ouvir e aconselhar, transmitiu-me valores inestimáveis e que me ensinou tanto, excepto como viver sem ela.

Esta é uma dedicatória para o céu.

Mãe, onde quer que estejas, espero que te sintas orgulhosa.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao longo deste trajecto, que começou depois de uma fase muito complicada a nível pessoal, agradeço a todas as pessoas que estiveram ao meu lado neste percurso, nem sempre fácil, principalmente quando houve uma mudança de tema a condicionar esta fase final do mestrado, mas, com força de vontade e com as pessoas certas do meu lado, foi possível concretizar este ciclo de estudos e cumprir o meu objectivo.

Em primeiro lugar, ao meu Pai, pelo Homem e amigo que é, por me ter apoiado sempre em tudo e por acreditar e investir em mim, só tenho a agradecer a paciência, o apoio e a força de todos os dias.

Agradecer também à minha família, nomeadamente aos meus avós e à minha Tia Clara, e à Dona Fernanda, que não sendo de sangue, é família!

Aos meus amigos, Diogo Oliveira e Diogo Matias, estes são do berço e são para a vida. Obrigado pela vossa amizade.

À Margarida, pelas madrugadas que perdemos, pela força que me transmitiu para cumprir este objectivo, serei eternamente grato.

À Doutora Adriana, por todo o apoio e aconselhamento dado nos últimos anos.

Por último e não mesmo importante, ao meu orientador, Doutor Belmiro Duarte, que foi incansável na ajuda, sempre disponível desde a primeira hora. Obrigado pela dedicação e por todo o auxílio na elaboração da presente monografia.

## ÍNDICE

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| Resumo . . . . .                                                | i   |
| Abstract . . . . .                                              | ii  |
| Epígrafe . . . . .                                              | iii |
| Dedicatória . . . . .                                           | iv  |
| Agradecimentos . . . . .                                        | v   |
| Índice . . . . .                                                | vi  |
| Índice de tabelas . . . . .                                     | ix  |
| Índice de figuras . . . . .                                     | x   |
| Lista de abreviaturas . . . . .                                 | xi  |
| 1 Introdução . . . . .                                          | 1   |
| 1.1 Organização do Relatório . . . . .                          | 2   |
| 1.2 Enquadramento do Trabalho . . . . .                         | 3   |
| 1.3 Caracterização da Empresa . . . . .                         | 4   |
| 1.4 Descrição do Processo Produtivo . . . . .                   | 4   |
| 1.5 Modelo de Funcionamento do Armazém de Ferragens . . . . .   | 9   |
| 1.5.1 Fluxo de Materiais no Armazém . . . . .                   | 9   |
| 1.6 O Problema e sua Relevância para a Empresa . . . . .        | 10  |
| 1.7 Estratégia e Metodologia de Resolução do Problema . . . . . | 11  |
| 1.7.1 Diagnóstico e Análise . . . . .                           | 12  |
| 1.7.2 Planeamento e Desenvolvimento do Projecto . . . . .       | 12  |
| 2 Revisão da Literatura . . . . .                               | 14  |
| 2.1 <i>Lean Thinking</i> . . . . .                              | 14  |
| 2.1.1 Princípios da Filosofia <i>Lean</i> . . . . .             | 15  |
| 2.1.2 Criação de Valor . . . . .                                | 16  |
| 2.1.3 Os Sete Desperdícios . . . . .                            | 17  |

|       |                                                                       |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2   | A Importância da Gestão de Armazéns . . . . .                         | 18 |
| 2.3   | Políticas de Gestão de Armazenamento e de <i>Picking</i> . . . . .    | 19 |
| 2.3.1 | Estratégias de Armazenamento . . . . .                                | 19 |
| 2.3.2 | Métodos de <i>Picking</i> em Armazém . . . . .                        | 21 |
| 2.3.3 | Tecnologias de <i>Picking</i> . . . . .                               | 24 |
| 2.4   | Sistemas Digitais de Apoio à Gestão Logística . . . . .               | 26 |
| 2.4.1 | Sistemas de Gestão de Armazéns . . . . .                              | 26 |
| 2.4.2 | Sistemas de Planeamento dos Recursos Empresariais . . . . .           | 28 |
| 2.4.3 | Sistemas de Rastreabilidade Integrados em sistemas ERP . . . . .      | 29 |
| 2.5   | Considerações Finais do Capítulo . . . . .                            | 29 |
| 3     | Ferramentas Metodológicas Aplicadas . . . . .                         | 31 |
| 3.1   | Ferramentas de Diagnóstico e Análise de Problemas . . . . .           | 31 |
| 3.1.1 | Metodologia dos Cinco Sentidos . . . . .                              | 31 |
| 3.1.2 | <i>Value Stream Mapping</i> . . . . .                                 | 33 |
| 3.1.3 | Ferramenta “Cinco Porquês” . . . . .                                  | 35 |
| 3.1.4 | Diagrama de Causa-Efeito . . . . .                                    | 37 |
| 3.2   | Ferramenta de Avaliação e Priorização de Problemas . . . . .          | 38 |
| 3.2.1 | Análise de Modos e Efeitos de Falha . . . . .                         | 38 |
| 3.2.2 | Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade . . . . .            | 41 |
| 3.3   | Modelo de Classificação e Gestão de <i>Stocks</i> . . . . .           | 47 |
| 3.3.1 | Análise ABC . . . . .                                                 | 48 |
| 3.4   | Ferramentas de Apoio à Melhoria Contínua e Sustentabilidade . . . . . | 50 |
| 3.4.1 | Matriz A3 . . . . .                                                   | 50 |
| 3.4.2 | Plano de Acções 5W2H . . . . .                                        | 52 |
| 3.4.3 | Diagrama de Gantt . . . . .                                           | 55 |
| 3.4.4 | Ciclo PDCA . . . . .                                                  | 56 |
| 3.4.5 | Procedimento Operacional Padronizado . . . . .                        | 58 |
| 4     | Caracterização do Estado Inicial . . . . .                            | 60 |
| 4.1   | Representação do <i>Layout</i> do Armazém . . . . .                   | 61 |
| 4.2   | Auditoria Inicial aos 5S do Armazém . . . . .                         | 63 |
| 4.2.1 | <i>Seiri</i> — Utilização/Separação . . . . .                         | 64 |
| 4.2.2 | <i>Seiton</i> — Organização/Arrumação . . . . .                       | 66 |
| 4.2.3 | <i>Seiso</i> — Limpeza . . . . .                                      | 68 |
| 4.2.4 | <i>Seiketsu</i> — Padronização . . . . .                              | 70 |
| 4.2.5 | <i>Shitsuke</i> — Disciplina . . . . .                                | 70 |
| 4.2.6 | Avaliação Global da Auditoria 5S . . . . .                            | 72 |
| 4.2.7 | Principais Problemas Identificados na Auditoria Interna . . . . .     | 73 |
| 4.3   | Aplicação da Ferramenta 5W . . . . .                                  | 75 |
| 4.4   | Aplicação do Diagrama de <i>Ishikawa</i> . . . . .                    | 79 |

|       |                                                                       |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5   | Aplicação da FMECA — Avaliação e Priorização de Riscos . . . . .      | 81  |
| 4.5.1 | Crítérios definidos para a FMECA aplicada ao armazém . . . . .        | 83  |
| 4.5.2 | Avaliação dos Modos de Falha por Criticidade . . . . .                | 85  |
| 4.6   | Análise ABC . . . . .                                                 | 93  |
| 4.6.1 | Segmentação ABC por Categoria Funcional de Produto . . . . .          | 94  |
| 4.7   | Síntese Integrada das Ferramentas Utilizadas . . . . .                | 96  |
| 5     | Propostas de Melhoria para Implementação Futura . . . . .             | 102 |
| 5.1   | Aplicação da Matriz A3 . . . . .                                      | 103 |
| 5.1.1 | Descrição do Problema . . . . .                                       | 104 |
| 5.1.2 | Situação Actual ( <i>As-Is</i> ) . . . . .                            | 104 |
| 5.1.3 | Análise das Causas e Confirmação das Causas-Raiz . . . . .            | 104 |
| 5.1.4 | Situação Futura ( <i>To-Be</i> ) . . . . .                            | 105 |
| 5.1.5 | Plano de Acção (5W2H) . . . . .                                       | 106 |
| 5.1.6 | Avaliação dos Indicadores de Desempenho . . . . .                     | 109 |
| 5.2   | Estratégia de Implementação com Ciclo PDCA . . . . .                  | 110 |
| 5.2.1 | Roteiro de Acções de Melhoria . . . . .                               | 111 |
| 5.2.2 | Cronograma de Execução . . . . .                                      | 112 |
| 5.3   | Procedimento Operacional Padronizado — Armazém de Ferragens . . . . . | 113 |
| 5.4   | Análise de Viabilidade Financeira do Projecto . . . . .               | 114 |
| 5.4.1 | Enquadramento Geral do Investimento . . . . .                         | 115 |
| 5.4.2 | Classificação do Investimento: CAPEX Operacional . . . . .            | 115 |
| 5.4.3 | Crítérios de Avaliação e Métricas Financeiras . . . . .               | 116 |
| 5.4.4 | Relação Custo-Benefício . . . . .                                     | 116 |
| 5.4.5 | Conclusão: Viabilidade da Implementação . . . . .                     | 117 |
| 6     | Conclusão . . . . .                                                   | 118 |
|       | Referências bibliográficas . . . . .                                  | 120 |
|       | Anexos . . . . .                                                      | 129 |
|       | Anexo A - Planta do Armazém de Ferragens . . . . .                    | 130 |
|       | Anexo B - Auditoria Interna Inicial - 5S . . . . .                    | 131 |
|       | Anexo C - Inventário 29.11.2024 . . . . .                             | 133 |
|       | Anexo D - Matriz A3 do Projeto de Melhoria . . . . .                  | 134 |
|       | Anexo E - <i>Layout</i> Proposto . . . . .                            | 135 |
|       | Anexo F - Proposta Etiquetagem (Corredor A) . . . . .                 | 136 |
|       | Anexo G - Proposta Etiquetagem (Corredor B) . . . . .                 | 137 |
|       | Anexo H - SOP de Gestão do Armazém de Ferragens . . . . .             | 138 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|      |                                                                                             |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1  | Comparação entre Tipos de Armazenamento . . . . .                                           | 19  |
| 2.2  | <i>Picking</i> Baseado no Agrupamento de Pedidos . . . . .                                  | 23  |
| 2.3  | Tecnologias de Informação para <i>Picking</i> . . . . .                                     | 24  |
| 3.1  | Tipos de FMEA e respectiva caracterização . . . . .                                         | 41  |
| 3.2  | Escala de Severidade . . . . .                                                              | 44  |
| 3.3  | Escala de Ocorrência . . . . .                                                              | 45  |
| 3.4  | Escala de Detectabilidade . . . . .                                                         | 46  |
| 3.5  | Características de gestão associadas à classificação ABC . . . . .                          | 49  |
| 3.6  | <i>Checklist</i> de verificação 5W2H ( <i>adaptado de Pinto (2014)</i> ). . . . .           | 54  |
| 4.1  | CrITÉrios de Avaliação — Auditoria Interna 5S . . . . .                                     | 63  |
| 4.2  | Problemas Sistematizados por Senso 5S . . . . .                                             | 74  |
| 4.3  | Problemas Identificados na Auditoria 5S com Aplicação dos 5W . . . . .                      | 76  |
| 4.4  | Problemas Identificados, Causas ( <i>Ishikawa</i> ) e Modos de Falha no Armazém . . . . .   | 82  |
| 4.5  | Escala de Gravidade (G) na Metodologia FMECA . . . . .                                      | 84  |
| 4.6  | Escala de Ocorrência (O) na Metodologia FMECA . . . . .                                     | 84  |
| 4.7  | Escala de Detectabilidade (D) na Metodologia FMECA . . . . .                                | 85  |
| 4.8  | Matriz FMECA Expandida: Causa, Efeito, Detecção e Justificação dos Modos de Falha . . . . . | 86  |
| 4.9  | Distribuição de Valor por Categoria e Classe ABC . . . . .                                  | 95  |
| 4.10 | Tabela Integradora: Senso 5S, Problemas, RPN, Causas e Implicações Logísticas . . . . .     | 97  |
| 5.1  | Plano de Acção 5W2H — Acções de Melhoria Prioritárias . . . . .                             | 107 |
| 5.2  | Síntese da relação entre custo da acção e criticidade (RPN) . . . . .                       | 116 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|      |                                                                                       |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.1  | Fluxograma do ciclo produtivo . . . . .                                               | 8   |
| 3.1  | Representação esquemática do diagrama de Ishikawa . . . . .                           | 38  |
| 3.2  | Curva ABC típica. A, B e C são classes de itens. . . . .                              | 48  |
| 3.3  | Representação esquemática do Ciclo PDCA. . . . .                                      | 57  |
| 4.1  | Sequência metodológica do diagnóstico . . . . .                                       | 61  |
| 4.2  | Planta do armazém – Situação inicial . . . . .                                        | 62  |
| 4.3  | Resultados da Auditoria Interna ao 1S — <i>Seiri</i> . . . . .                        | 64  |
| 4.4  | Registo Fotográfico da Auditoria — <i>Seiton</i> . . . . .                            | 65  |
| 4.5  | Resultados da Auditoria Interna ao 2S — <i>Seiton</i> . . . . .                       | 66  |
| 4.6  | Registo Fotográfico da Auditoria — <i>Seiton</i> . . . . .                            | 67  |
| 4.7  | Resultados da Auditoria Interna ao 3S — <i>Seiso</i> (Limpeza) . . . . .              | 68  |
| 4.8  | Registo Fotográfico da Auditoria — <i>Seiso</i> . . . . .                             | 69  |
| 4.9  | Resultados da Auditoria Interna ao 4S — <i>Seiketsu</i> (Padronização) . . . . .      | 70  |
| 4.10 | Resultados da Auditoria Interna ao 5S — <i>Shitsuke</i> (Disciplina) . . . . .        | 71  |
| 4.11 | Gráfico de Radar 5S (AS-IS) . . . . .                                                 | 72  |
| 4.12 | Diagrama de <i>Ishikawa</i> — Causas das falhas no controlo de <i>stock</i> . . . . . | 79  |
| 4.13 | Curva ABC baseada no valor acumulado em <i>stock</i> . . . . .                        | 94  |
| 4.14 | Distribuição das classes ABC por categoria funcional de produto . . . . .             | 95  |
| 5.1  | Plano de Acções Correctivas estruturado segundo o método 5W2H . . . . .               | 111 |
| 5.2  | Interface de controlo visual do estado PDCA das acções . . . . .                      | 112 |
| 5.3  | Cronograma de execução das acções correctivas — Diagrama de <i>Gantt</i> . . . . .    | 113 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

|       |                                                       |
|-------|-------------------------------------------------------|
| 5S    | Metodologia dos 5 Sentidos                            |
| 7W    | <i>Seven Wastes</i>                                   |
| ABC   | <i>Activity-Based Costing</i>                         |
| CAD   | <i>Computer Aided Design</i>                          |
| EGI   | <i>Engenharia e Gestão Industrial</i>                 |
| ERP   | <i>Enterprise Resource Planning</i>                   |
| EVA   | Etileno Vinil Acetato                                 |
| FEFO  | <i>First-Expired, First-Out</i>                       |
| FIFO  | <i>First-In, First-Out</i>                            |
| FMEA  | <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>               |
| FMECA | <i>Failure Mode, Effect, and Criticality Analysis</i> |
| HST   | <i>Heat Soak Test</i>                                 |
| IoT   | <i>Internet of Things</i>                             |
| ISEC  | Instituto Superior de Engenharia de Coimbra           |
| ISO   | <i>International Organization for Standardization</i> |
| JIT   | <i>Just-In-Time</i>                                   |
| KPI   | <i>Key Performance Indicators</i>                     |
| LIFO  | <i>Last-In, First-Out</i>                             |
| OF    | Ordens de Fabrico                                     |
| PDA   | <i>Personal Digital Assistant</i>                     |
| PDCA  | <i>Plan, Do, Check, Act</i>                           |
| PME   | Pequenas e Médias Empresas                            |
| PVB   | Polivinil Butiral                                     |
| RFID  | <i>Radio Frequency Identification</i>                 |
| RH    | Recursos Humanos                                      |
| RPN   | <i>Risk Priority Number</i>                           |
| SCM   | <i>Supply Chain Management</i>                        |
| SI    | Sistemas de Informação                                |
| SKU   | <i>Stock Keeping Unit</i>                             |
| SOP   | <i>Standard Operating Procedure</i>                   |
| TI    | Tecnologias de Informação                             |
| TPS   | <i>Toyota Production System</i>                       |
| VSM   | <i>Value Stream Mapping</i>                           |
| WMS   | <i>Warehouse Management System</i>                    |

## 1 INTRODUÇÃO

O presente relatório foi desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular de Projecto de Dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial (EGI), do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). Este documento descreve as actividades realizadas durante o Estágio Curricular numa Pequena e Média Empresa (PME) nacional, que se dedica à comercialização e transformação de vidro plano, onde o autor, à data da escrita desta monografia, exerce funções no Serviço Comercial.

O estágio teve como foco principal o desenvolvimento de um projecto de melhoria da gestão e do controlo de *stock* do armazém de ferragens da empresa, visando a implementação de um Sistema de Gestão de Armazém (*Warehouse Management System* (WMS), em literatura inglesa) e a adopção de práticas de arrumação e de *picking*, assente em ferramentas de *Lean Production*.

Ao longo deste trabalho adoptar-se-ão sobretudo as designações em língua inglesa, nomeadamente *Warehouse Management System*, *Lean* e *picking*, esta última designando a acção de escolha e selecção de peças. A relevância dada às designações em língua inglesa prende-se com o facto de serem, hoje em dia, conceitos amplamente usados na prática industrial e perfeitamente entendíveis pelos actores.

No âmbito deste projecto, foi aplicada uma abordagem *Lean* integrada e sustentada por um conjunto abrangente de ferramentas de diagnóstico, análise e planeamento estratégico. Entre as metodologias mais relevantes, destaca-se a aplicação da metodologia dos Cinco Sentidos (5S), utilizado como base para a auditoria organizacional ao armazém, permitindo identificar disfunções visuais e operacionais nos processos logísticos internos.

A análise causal foi realizada com recurso ao Diagrama de *Ishikawa*, ferramenta que permitiu organizar de forma sistemática as causas estruturais dos problemas identificados, segundo seis dimensões fundamentais: métodos, pessoas, máquinas / equipamentos, materiais, ambiente e sistemas. Esta análise foi precedida pela aplicação da ferramenta dos “Cinco Porquês”, que permitiu estruturar os problemas de forma lógica e objectiva, servindo de base ao aprofundamento posterior com o 5W2H (*What, Why, Where, When, Who, How, How Much*).

Por sua vez, a Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade (*Failure Mode, Effect, and Criticality Analysis* (FMECA), em literatura inglesa) possibilitou a quantificação dos riscos associados a cada falha identificada, através do cálculo do número de prioridade de risco (*Risk Priority Number* (RPN), em literatura inglesa), servindo de base

objectiva para a priorização das intervenções propostas. Enquanto que a análise ABC ao inventário possibilitou uma segmentação das referências em função do seu valor de *stock* acumulado, contribuindo para o alinhamento das prioridades de intervenção com a criticidade e o impacto financeiro dos materiais armazenados.

A definição do plano de acção baseou-se no método 5W2H, assente sobre os princípios do PDCA (*Plan, Do, Check, Act* (PDCA), em literatura inglesa), estruturando cada proposta com clareza quanto aos seus objectivos, responsáveis, custos e modo de implementação.

A articulação coerente entre estas ferramentas *Lean* e uma visão orientada para a digitalização — através da futura implementação de um sistema WMS — constituiu o alicerce metodológico do projecto. Esta abordagem integrada, combinando práticas de excelência operacional com suporte tecnológico, promove soluções robustas, escaláveis e adaptadas à realidade concreta do armazém auditado, com potencial de replicação em contextos logísticos semelhantes no sector industrial ou noutras PME.

## 1.1 Organização do Relatório

Este documento está estruturado em seis capítulos, sendo os seguintes:

- **Capítulo 1:** Apresenta o problema a resolver através do enquadramento do projecto e da sua relevância para a empresa. Para além disso, efectua-se a caracterização desta e a metodologia de trabalho;
- **Capítulo 2:** Consiste numa revisão da literatura relevante para o projecto, abordando inicialmente a filosofia *Lean Thinking*, os seus princípios e a criação de valor. Explora ainda temas relacionados com a gestão de armazéns, incluindo a importância da gestão eficaz dos armazéns, políticas de armazenamento e métodos de *picking*, assim como as tecnologias associadas. Por fim, apresenta-se a relevância dos sistemas digitais de apoio à gestão logística, com ênfase nos sistemas WMS, ERP e na integração da rastreabilidade nos sistemas ERP.
- **Capítulo 3:** Apresenta as metodologias de diagnóstico e análise de problemas aplicadas ao estudo do armazém, nomeadamente a metodologia dos 5S, o *Value Stream Mapping* (VSM), o Diagrama de Causa-Efeito (Ishikawa) e a ferramenta dos “Cinco Porquês”. Ainda neste capítulo, aborda-se a avaliação e priorização dos problemas identificados na auditoria inicial dos 5S e a classificação dos produtos, com base na categoria funcional, *stocks* através da análise ABC. Por último, são apresentadas algumas ferramentas de apoio à melhoria contínua e à sustentabilidade e manutenção de projectos.
- **Capítulo 4:** Caracteriza o estado inicial do armazém, identificando os principais problemas através de uma auditoria 5S, análise 5W, Diagrama de *Ishikawa*, meto-

dologia FMECA e análise ABC;

- **Capítulo 5:** Descreve o plano de acções e as propostas de melhoria ao armazém da empresa, incluindo as estratégias de implementação e as vantagens da sua execução;
- **Capítulo 6:** Apresenta as conclusões gerais do trabalho, acompanhadas de sugestões para trabalhos futuros, que poderão continuar a desenvolver e a expandir as melhorias propostas.

Este documento inclui ainda uma lista de referências bibliográficas e anexos adicionais, que são fundamentais para a compreensão na íntegra dos conceitos abordados e dos resultados obtidos com a realização deste trabalho.

## 1.2 Enquadramento do Trabalho

Enfrentar o desafio de adaptação contínua à evolução de um ambiente empresarial altamente dinâmico e competitivo é cada vez mais exigente. Para tal, as empresas devem implementar ferramentas e métodos que promovam a eficiência e a eficácia dos seus processos, visando a redução de desperdícios e a optimização das operações, de forma a garantir a qualidade dos seus produtos e serviços e a satisfação dos clientes (Garcia-Garcia et al., 2022).

A aplicação de práticas *Lean* tem-se mostrado uma abordagem eficaz na gestão de armazéns, na medida em que a utilização correcta de ferramentas como o 5S promove a melhoria da organização, a arrumação e limpeza do espaço operacional, assim como contribui para uma padronização dos processos e disciplina dos colaboradores em relação ao seu local de trabalho (Rizkya et al., 2019). Estas práticas, em simultâneo com a implementação de WMS, podem reduzir significativamente o tempo de procura pelos materiais, melhorando a produtividade, a qualidade do serviço e a segurança, assim como promovem a eliminação de desperdícios (*Muda*), definida como qualquer actividade que consome recursos mas não adiciona valor ao produto final ou serviço (Michlowicz, 2024; Rizkya et al., 2019).

De forma complementar, a integração do WMS no Sistema de Planeamento dos Recursos Empresariais (*Enterprise Resource Planning* (ERP), em literatura inglesa) facilita o rastreamento do *stock* em tempo real. Deste modo, é possível monitorizar todos os movimentos desde a entrada à expedição dos produtos (Tong et al., 2020), o que contribui para uma diminuição das discrepâncias entre o inventário físico e os registos digitais do ERP.

No caso de estudo, é sugerida uma proposta de implementação da Metodologia 5S no armazém de ferragens para melhorar a separação de materiais, a arrumação e a limpeza do espaço de trabalho. Tais práticas são fundamentais para a melhoria da organização

do espaço, sendo o ponto de partida para a implementação futura de um WMS, visando o rastreamento digital dos produtos, na medida em que promove a padronização das boas práticas.

Por outro lado, a criação de alvéolos, etiquetados com códigos de barras, permite a identificação das estantes e uma gestão mais eficiente dos produtos a armazenar, na medida em que torna possível associar um produto a uma estante, usando os terminais PDA para efectuar o respectivo *picking*.

### 1.3 Caracterização da Empresa

A organização onde se desenvolveu este projecto é uma referência nacional no sector da transformação e comercialização de vidro plano para o sector da construção civil, contando com mais de 30 anos de actividade. A empresa disponibiliza uma ampla gama de produtos destinados à construção civil e à indústria, consolidando a sua posição como um dos principais *players* nacionais neste segmento de mercado.

Entre os principais tipos de vidro comercializados destacam-se:

- Vidro Isolante Duplo e Triplo;
- Vidros com Controlo Solar e Baixo-Emissivos;
- Vidro Temperado;
- Vidro Laminado;
- Vidro Laminado Temperado;
- Vidro Transformado (com furos e/ou entalhes);
- Vidro Serigrafado;

A diversidade de produtos reflecte uma estratégia de diferenciação, suportada por investimentos em tecnologia de ponta, pela expansão da capacidade produtiva e pela adopção de normas de qualidade e certificação reconhecidas internacionalmente.

### 1.4 Descrição do Processo Produtivo

A produção segue um modelo do tipo *batch*, orientado por Ordens de Fabrico (OF), com ciclos produtivos relativamente curtos. Este modelo permite a fabricação sob encomenda, garantindo a personalização dos produtos conforme as especificações dos clientes. A flexibilidade e a diversidade das máquinas disponíveis na linha de processamento possibilitam a resposta a diferentes necessidades ou exigências dos clientes, assegurando um equilíbrio entre a diversidade de serviços de transformação de vidro

e a qualidade dos produtos comercializados.

O processo produtivo inicia-se com a abertura da OF e o respectivo planeamento da produção. Nesta fase, os clientes definem as especificações técnicas dos produtos em função da aplicação dos vidros, tais como composições ou tipos de vidro, assim como as dimensões, a forma e as transformações que necessitam para a execução da totalidade dos vidros em cada encomenda.

Com base nessas informações, é determinada a sequência de operações de produção (correspondentes a estágios) a realizar, e são gerados os planos de produção, garantindo que os recursos materiais e operacionais estão em fábrica e prontos para serem utilizados. Além disso, quando é necessária a instalação de vidro em obra, a lista de ferragens e acessórios necessários para a aplicação dos vidros é integrada no planeamento, ou seja, a lista de ferragens aparece na mesma OF, juntamente com os vidros. Isso visa assegurar que todos os artigos necessários para uma determinada obra sejam correctamente identificados e separados no armazém de ferragens, para posteriormente seguirem para a expedição e, só então, serem enviados no camião para o local da obra, juntamente com os vidros, para serem finalmente aplicados no destino final pelo Serviço de Montagem.

Após esta etapa, inicia-se a movimentação dos materiais dentro da fábrica. As chapas de vidro geralmente possuem dimensões *standard* de 6000 × 3210 mm (chapa grande) e, assim que chegam novos lotes às instalações da empresa, estes são imediatamente armazenados no armazém de *stock* de chapas de vidro, para posteriormente serem retiradas e encaminhadas para as mesas de corte correspondentes (monolítico ou laminado), conforme as especificações definidas na OF e as necessidades da produção.

Paralelamente, os acessórios e ferragens são separados e armazenados no armazém de ferragens para utilização ao longo do processo produtivo, garantindo a disponibilidade dos materiais necessários para cada etapa da fabricação e montagem.

Dependendo do tipo de vidro, monolítico ou laminado, este pode ser cortado numa das seguintes secções:

- **Serviço de Corte de Vidro Monolítico** – Para corte de chapas de vidro monolítico;
- **Serviço de Corte de Vidro Laminado** – Utilizado quando a chapa é de vidro laminado de fábrica (enviado pelo fornecedor);

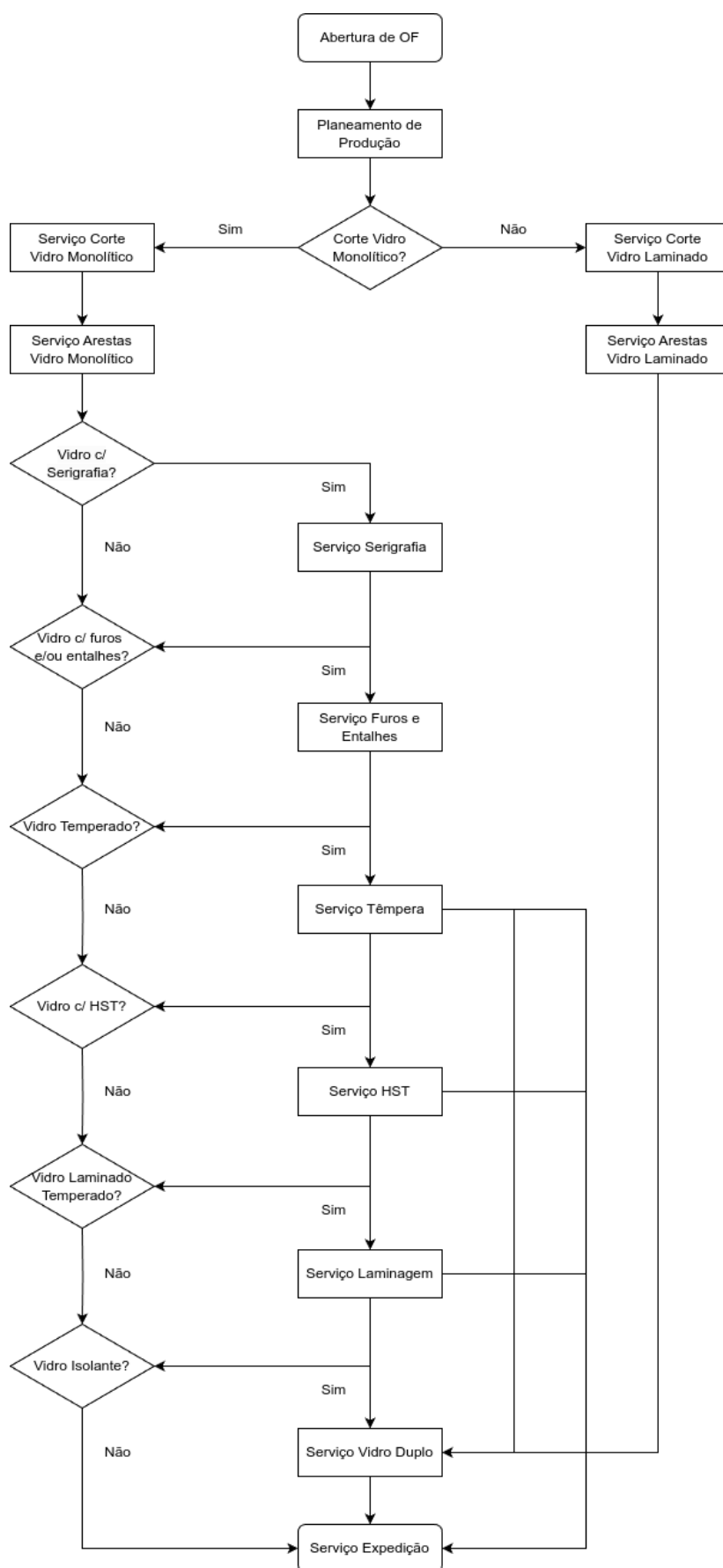
Após a operação de corte, o vidro pode seguir diferentes percursos dentro do processo produtivo, dependendo das características requeridas para o produto final:

- **Arestas Industriais** – Processo de acabamento das arestas dos vidros para polir as irregularidades, minimizando o risco de fractura e melhorando a resistência mecânica.

- **Furos e Entalhes** – Processo de perfuração e corte de entalhes no vidro, permitindo encaixes para ferragens, suportes ou aplicações específicas, como portas de vidro, bases de chuveiro e fachadas envidraçadas.
- **Serigrafia** – Aplicação de tinta cerâmica ou esmalte através de um processo de pintura *roller* ou impressão digital. Esta técnica pode ser utilizada para efeitos decorativos, redução da radiação solar ou criação de áreas opacas no vidro. O vidro serigrafado deve obrigatoriamente passar pelo processo de têmpera para a vitrificação da tinta.
- **Têmpera** – Tratamento térmico no qual o vidro é aquecido a altas temperaturas e rapidamente resfriado, aumentando significativamente a sua resistência mecânica e térmica. Vidros temperados são mais seguros, pois, em caso de quebra, fragmentam-se em pequenos pedaços menos cortantes.
- **Heat Soak Test (HST)** – Processo adicional aplicado ao vidro temperado para reduzir o risco de quebras espontâneas causadas pela presença de inclusões de sulfureto de níquel. O vidro temperado é colocado numa câmara de aquecimento, onde permanece por várias horas sob temperatura controlada para minimizar eventuais falhas estruturais após o processo de têmpera.
- **Laminagem** – Processo no qual duas ou mais chapas de vidro são unidas através de uma película; normalmente é utilizado o PVB (Polivinil Butiral) para esse fim, mas também pode ser utilizada película *Sentryglass* ou EVA (Etileno Vinil Acetato) como produtos intercalares na laminagem de vidros. O vidro laminado é um tipo de vidro de segurança, pois, em caso de quebra, os fragmentos permanecem aderidos à película intercalar, o que reduz os riscos de ferimentos e garante maior resistência a impactos.
- **Vidro Isolante (Duplo ou Triplo)** – Unidade de Vidro Isolante (*Insulated Glass Unit* (IGU), em literatura inglesa), composta por duas ou mais camadas de vidro separadas por um espaçador de alumínio ou de compósitos plásticos altamente isolantes reforçados com fibra de vidro (ex. *Swisspacer*), preenchido com ar ou com um gás inerte (normalmente utiliza-se o Árgon, mas também pode ser utilizado o *Krypton*). Este tipo de vidro melhora o isolamento térmico e acústico e pode ser combinado com vidros baixo emissivos ou de controlo solar, temperados, laminados ou serigrafados. Uma vez selado, o vidro isolante não pode ser modificado.
- **Expedição** – Após as devidas transformações, o produto final é encaminhado para o Serviço de Expedição, onde é devidamente embalado e preparado para o transporte. A logística de expedição assegura que o produto chega ao cliente ou à obra nas condições ideais, minimizando riscos de danos durante o manuseamento e o transporte.

- **Montagem em Obra** – Em casos onde a instalação do vidro é parte do serviço contratado, o produto é transportado juntamente com as ferragens e acessórios necessários para a montagem no local. O processo de montagem em obra exige coordenação entre a equipa de instalação e os responsáveis pelo projecto ou Engenheiros de Obra para garantir que a aplicação do vidro seja feita de forma segura e eficiente.

A Figura 1.1 apresenta o fluxograma da sequência produtiva, evidenciando as relações entre os vários estágios do processo produtivo, incluindo a interação entre os vários sectores da produção.



**Figura 1.1: Fluxograma do ciclo produtivo**

Fonte: Elaboração própria.

## 1.5 Modelo de Funcionamento do Armazém de Ferragens

O armazém de ferragens desempenha um papel fundamental no suporte às operações produtivas e de montagem em obra, sendo responsável pelo armazenamento e distribuição de uma vasta gama de materiais. Entre os itens armazenados, incluem-se dobradiças, puxadores, vedantes e ferragens específicas para aplicação de vidro, bem como consumíveis essenciais para a produção, como luvas, tintas, álcool e acetona.

### 1.5.1 Fluxo de Materiais no Armazém

O fluxo de materiais dentro do armazém está estruturado em três etapas principais: recepção e arrumação, movimentação interna e expedição. O **Anexo A – Planta do Armazém de Ferragens** (disponível na página 130) apresenta a planta do armazém com a disposição dos materiais e a organização dos espaços dentro do armazém, na situação inicial; isto é, como ponto de partida do projecto.

#### Recepção e Arrumação de Materiais

Os materiais chegam à empresa, sendo enviados por fornecedores externos e seguem diferentes destinos consoante a sua finalidade. Os materiais de *stock*, como dobradiças, puxadores e consumíveis internos, são armazenados no armazém de ferragens para futura utilização. Já os materiais por medida, fabricados sob especificação, são expedidos directamente para a obra, sem necessidade de armazenamento.

Actualmente, a organização dos materiais no armazém é realizada de forma manual pelos operadores. A arrumação é feita em locais pré-definidos, mas depende essencialmente da experiência dos trabalhadores para a correcta identificação dos locais a armazenar os produtos. Esta falta de automatização / procedimentação pode resultar em dificuldades na rastreabilidade, aumento do tempo de procura e risco de erros na separação dos pedidos.

#### Movimentação Interna e Requisição de Materiais

A movimentação de materiais dentro do armazém ocorre essencialmente em dois contextos:

1. **Fornecimento à Produção:** No caso de consumíveis internos (ex.: luvas, tintas, álcool, acetona), os operadores da fábrica fazem uma requisição interna em papel, que autoriza a retirada dos materiais do armazém e a sua entrega à secção requisitante.
2. **Separação para Montagem em Obra:** Para garantir que os materiais necessários para a instalação do vidro em obra sejam correctamente encaminhados, a sua listagem deve estar especificada na OF. O armazém de ferragens trata da separação

e embalagem destes itens, assegurando que sejam expedidos juntamente com os vidros.

### Expedição de Materiais

Após a separação, os materiais são expedidos para dois destinos principais:

- **Abastecimento da Produção:** Os consumíveis internos são entregues às secções produtivas conforme a necessidade.
- **Envio para Obra:** As ferragens e acessórios destinados à montagem são organizados e embalados de forma a garantir que cada componente necessário esteja disponível no momento da instalação.

## 1.6 O Problema e sua Relevância para a Empresa

Apesar de não ser o centro da operação produtiva, o armazém de ferragens desempenha um papel estratégico, garantindo o abastecimento de todos os materiais necessários para a aplicação de vidro em obra e para o suporte interno da produção. Contudo, a gestão actual do armazém apresenta desafios que impactam directamente a produtividade e a eficiência operacional.

Um dos principais problemas é a ausência de um sistema WMS, o que impossibilita o *picking* e dificulta a rastreabilidade dos materiais, resultando em inconsistências no *stock*. Entre as principais dificuldades enfrentadas destacam-se:

- **Falta de controlo de *stock*:** Em alguns casos, há excesso de determinados materiais, enquanto outros itens críticos não possuem *stock* mínimo garantido.
- **Erros na separação de materiais:** A gestão manual aumenta a probabilidade de falhas na organização e entrega dos materiais, especialmente para montagem em obra.
- **Desalinhamento entre registos físicos e digitais:** A ausência de um sistema integrado resulta em discrepâncias entre as quantidades registadas e o *stock* real disponível no armazém.

Actualmente, o tempo necessário para a separação e movimentação de materiais varia consoante a experiência dos operadores e a organização manual do espaço. Esse tempo adicional de *picking*, embora não formalmente medido, aliado a erros na separação de materiais para obra, representa um factor crítico na eficiência operacional. Caso as peças sejam mal separadas e materiais incorrectos sejam enviados para obra, pode haver desperdício de tempo, atrasos na conclusão dos trabalhos e necessidade de reajustes no planeamento da obra.

Além disso, a discrepância entre o *stock* físico e os registos internos conduz a deci-

sões imprecisas na reposição de materiais, resultando tanto em rupturas de *stock* – que comprometem a realização das operações nos prazos definidos – como em excesso de materiais armazenados, ocupando espaço desnecessário e gerando custos adicionais. A ausência de um sistema automatizado limita ainda a capacidade da empresa em antecipar necessidades e na optimização da logística de aprovisionamento, uma vez que a falta de dados históricos estruturados impede a realização de análises preditivas sobre o consumo de materiais.

Dessa forma, a gestão manual e fragmentada do armazém gera um efeito em cascata que compromete, não apenas a eficiência do fluxo de materiais, mas também a capacidade da empresa de operar com maior previsibilidade e reduzir desperdícios. A implementação de um WMS permitiria mitigar essas lacunas, introduzindo indicadores de desempenho (*Key Performance Indicators* (KPI), em literatura inglesa) que viabilizariam uma gestão baseada em dados, promovendo um sistema mais ágil, fiável e alinhado com as boas práticas da Gestão da Cadeia de Abastecimento (*Supply Chain Management* (SCM), em literatura inglesa).

Dado o impacto directo destas ineficiências na cadeia de valor da empresa, a implementação de um WMS deveria ser uma prioridade estratégica para a empresa. A implementação de um sistema de *picking*, assente em metodologias *Lean* e ferramentas de melhoria contínua (como o modelo PDCA e a Padronização de Procedimentos), surge como uma solução técnica eficaz para reorganizar o espaço, aumentar a precisão dos registos do inventário e garantir um fluxo mais ágil e confiável de materiais em *stock*.

Deste modo, a realização deste documento tem como principal finalidade reportar o desenvolvimento de um projecto que vise a implementação futura de um WMS no armazém de ferragens da Organização, que permita rastrear e monitorizar em tempo real os movimentos de produtos (ferragens, acessórios para obras e produtos consumíveis internos), assim como a identificação de desperdícios produtivos, para a melhoria dos processos e do controlo de *stock* desta secção da empresa. Obviamente, para além do papel que o documento terá para a Organização, ele servirá como reporte académico do trabalho do autor integrado na Unidade Curricular de Projecto de Dissertação do Mestrado em EGI leccionado no ISEC.

Além de resolver problemas imediatos, a implementação destas metodologias vai ao encontro da cultura organizacional direccionada para a melhoria contínua, um dos pilares fulcrais para garantir o bom nome, o sucesso e a longevidade da empresa.

## 1.7 Estratégia e Metodologia de Resolução do Problema

A estratégia para superar os problemas identificados no armazém de ferragens da empresa em estudo envolveu uma abordagem sistemática e progressiva, estruturada em etapas definidas, com foco na implementação de práticas de melhoria contínua e de

processos de *picking* na empresa.

O projecto foi desenvolvido em duas etapas principais, que integram um diagnóstico detalhado do estado inicial e o planeamento estratégico das melhorias e o respectivo cronograma. Esta arquitectura está sintonizada com o modelo PDCA, em que a primeira etapa visa o planeamento, a segunda o desenvolvimento de soluções, a terceira a implementação e controlo, e a quarta envolve a revisão ou a padronização das práticas de sucesso.

Os passos desta estratégia são analisados de forma sistemática a seguir.

### **1.7.1 Diagnóstico e Análise**

A primeira etapa incidiu numa análise minuciosa do estado inicial do armazém, através da realização de uma auditoria interna aos 5S baseada na observação directa no *Gemba* e em registos fotográficos, de forma a identificar os principais problemas e pontos a melhorar. Esta análise focou-se em mapear os processos de armazenamento de produtos e na avaliação das práticas de limpeza do espaço, bem como nas práticas de separação de produtos e na organização do local de trabalho.

O diagnóstico inicial teve como objectivo principal a visualização *in situ* e a identificação das principais ineficiências do armazém ao nível dos processos e das práticas de armazenamento dos produtos, desde a sua recepção na empresa até à expedição / consumo interno dos artigos.

### **1.7.2 Planeamento e Desenvolvimento do Projecto**

Com base nos resultados do diagnóstico, foram identificados os problemas prioritários e delineadas as etapas de intervenção. Foi então estruturado um plano de ação detalhado 5W2H, apoiado por um diagrama de Gantt, que permitiu organizar temporalmente as atividades, definir prioridades e atribuir responsabilidades claras para cada fase do projecto.

O plano desenvolvido incluiu um conjunto de propostas direccionadas à reorganização física do armazém, abrangendo a redefinição do *layout* em Desenho Assistido por Computador (*Computer Aided Design* (CAD), em literatura inglesa), a implementação de sinalética funcional, a delimitação clara das zonas tampão e de lixos comuns e recicláveis e a otimização das condições operacionais de trabalho.

Com o objetivo de digitalizar os fluxos logísticos, reforçar a rastreabilidade dos materiais e assegurar o controlo em tempo real dos níveis de *stock*, foi considerada a futura implementação de um WMS. A conjugação entre as intervenções físicas, organizacionais e tecnológicas visa promover uma transformação estrutural sustentável, coerente com os princípios da melhoria contínua e alinhada com os objetivos estratégicos da

organização.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo visa estabelecer uma base teórica sólida e coerente que permita sustentar as análises e propostas desenvolvidas nos capítulos subsequentes. Para tal, procede-se à revisão dos principais conceitos e modelos relacionados com a filosofia *Lean*, a gestão de armazéns e os sistemas digitais de apoio à logística.

Parte-se de uma apresentação da origem, evolução e dos conceitos do pensamento *Lean*, destacando os seus princípios estruturantes e a lógica de criação de valor. Posteriormente, explora-se o papel estratégico da gestão de armazéns no contexto logístico-industrial actual, com particular atenção às estratégias de armazenamento e às metodologias de *picking*.

Por fim, são analisados os sistemas de suporte digital — nomeadamente o WMS e o ERP — e a sua integração para assegurar rastreabilidade e eficiência operacional. O enquadramento conceptual delineado neste capítulo constitui o alicerce necessário à compreensão dos conceitos adoptados na realização do projecto.

### 2.1 *Lean Thinking*

O conceito de *Lean Thinking* foi introduzido por James Womack e Daniel Jones na década de 1990, como uma filosofia de liderança e gestão empresarial centrada na eliminação de desperdícios e na criação de valor para o cliente (Demeter & Matyusz, 2011; Hicks, 2007). Este conceito tem as suas raízes no *Toyota Production System* (TPS), desenvolvido pela indústria automóvel japonesa na segunda metade do século XX. Originalmente, o termo *Lean* foi utilizado para descrever a filosofia e as práticas de trabalho implementadas pelos fabricantes de veículos japoneses, particularmente pela Toyota (Pinto, 2014). No contexto organizacional, o termo *Lean* traduz-se em flexibilidade, ausência de excessos, minimização de tempos de espera e capacidade de resposta rápida às necessidades do cliente (Carvalho, 2021).

No domínio da logística industrial, a aplicação da filosofia *Lean* assume particular relevância, uma vez que grande parte dos desperdícios identificados nos sistemas produtivos — como transportes desnecessários, tempos de espera ou excesso de *stock* — estão directamente associados à má gestão dos fluxos de materiais e de informação (Borgave & Sapkal, 2020; Rodríguez Cornejo et al., 2020).

Neste sentido, o pensamento *Lean* fornece um referencial metodológico robusto para a reconfiguração física e lógica do *layout* de armazéns, contribuindo para uma operação

mais ágil, sincronizada e orientada para o cliente Rauch et al., 2020. De acordo com Richards (2011), a escolha de um *layout* adequado deve permitir aumentar o fluxo de materiais, melhorar o serviço prestado aos clientes e proporcionar melhores condições de trabalho. O seu carácter transversal permite a sua aplicação em diferentes sectores, desde a indústria transformadora à logística e aos serviços, com resultados comprovados na redução de custos, no aumento da produtividade e na elevação da qualidade (Smith & Hawkins, 2004).

É neste enquadramento que se introduzem os princípios do *Lean Thinking*, o conceito de criação de valor e os denominados “Sete Desperdícios” (*Seven Wastes (7W)*, em literatura inglesa), os quais constituem os pilares estruturantes da filosofia *Lean*. A plena compreensão destes conceitos assume um papel central, não apenas no enquadramento das secções que se seguem, mas sobretudo para a compreensão do presente trabalho, uma vez que sustentam, em última instância, o diagnóstico efectuado no Capítulo 4 e as propostas de melhoria delineadas no Capítulo 5.

### 2.1.1 Princípios da Filosofia *Lean*

Ao longo do tempo observou-se que esta abordagem promovia a melhoria contínua dos processos e utilizava uma variedade de ferramentas e métodos de gestão, comprovadamente de elevada eficiência mas suficientemente simples de implementar, para alcançar esse objectivo. A essência da filosofia *Lean* reside na eliminação de desperdícios e de actividades desnecessárias, assim como na interligação eficiente de todas as etapas que criam valor para o cliente interno e externo (Hicks, 2007).

Os cinco princípios do *Lean*, apresentados por Pinto (2014) e Womack e Jones (1996b), entre outros, são os seguintes:

- **Identificação de Valor (*Specify Value*)**: Identificar o valor do produto ou serviço do ponto de vista do cliente, ou seja, só o que o cliente considera essencial ou útil deve ser considerado como valor;
- **Fluxo de Valor (*Value Stream*)**: Mapear todas as etapas do fluxo de valor, desde o estágio de matéria-prima até ao produto final, para identificar e eliminar desperdícios em cada processo;
- **Fluxo Contínuo (*Flow*)**: Assegurar que o fluxo de trabalho é contínuo, sem interrupções, eliminando gargalos e atrasos que gerem desperdícios;
- **Produção Puxada (*Pull System*)**: Produzir apenas o que o cliente necessita, no momento exacto e na quantidade exacta, evitando excessos de produção ou inventário;
- **Perfeição (*Perfection*)**: Procurar a melhoria contínua, através da eliminação constante de desperdícios e da optimização dos processos para atingir a excelência.

A seguir desmistificam-se alguns dos conceitos atrás elencados, para efeitos da caracterização do potencial do sistema aqui revisto.

### 2.1.2 Criação de Valor

A criação de valor é um conceito central para as organizações *Lean*, fundamentando-se na eliminação de desperdícios e na maximização da eficiência dos processos. De acordo com Pinto (2014), o *valor* pode ser definido como o conjunto de benefícios reais proporcionados ao cliente, que vão além do preço pago por um produto ou serviço, incluindo a qualidade, a utilidade e o impacto positivo para todos os *stakeholders*, onde se incluem accionistas, colaboradores e a sociedade em geral. O autor complementa essa visão ao afirmar que o *valor* está directamente relacionado com a capacidade de transformar recursos de maneira eficiente, atendendo às necessidades do cliente, e de forma sustentável.

Carvalho (2021) defende que a criação de valor envolve a execução de actividades que contribuam directamente para a transformação de recursos em produtos ou serviços que satisfaçam os clientes. Na mesma linha, Castro (2016) afirma que para uma actividade ser considerada como tendo valor acrescentado, esta deve cumprir três critérios fundamentais:

- **Importância para o cliente:** A actividade deve ser relevante aos olhos do cliente, ou seja, ele deve estar disposto a pagar por ela;
- **Transformação física do produto:** A actividade deve envolver uma modificação tangível no produto ou serviço. Por exemplo, se um documento exige três assinaturas, apenas a última, que o torna oficial, pode ser vista como uma tarefa de valor acrescentado;
- **Execução sem erros:** A actividade deve poder ser realizada correctamente à primeira tentativa. Caso contrário, qualquer necessidade de retrabalho ou desperdício de recursos resultante de erros não agrega valor;

A distinção entre valor e desperdício é essencial para compreender a dinâmica interna das organizações a operar em modo *Lean*. Actividades de valor acrescentado aumentam a eficiência e a produtividade, enquanto as de valor não acrescentado, por absorverem recursos, impactam negativamente a organização (Ismail, Haryati & Mohd Yusof, Zakaria, 2016). Segundo Shah e Ward (2007), o verdadeiro valor surge do equilíbrio entre a oferta e a procura, aliado à eliminação sistemática de desperdícios e à melhoria contínua dos processos.

Assim, pode-se considerar que a abordagem *Lean* se centra na maximização do valor, alocando recursos exclusivamente às actividades que contribuam directamente para a satisfação do cliente. Este enfoque permite às organizações, não apenas aumentar a eficiência e eliminar desperdícios, mas também garantir produtos e serviços de elevada

qualidade, respondendo de forma eficaz às expectativas do mercado. Ao priorizar actividades de valor acrescentado e otimizar processos, as organizações podem sustentar o seu sucesso a longo prazo, promovendo a melhoria contínua e o impacto positivo para todos os *stakeholders* (Modig & Åhlström, 2012).

### 2.1.3 Os Sete Desperdícios

Um conceito central na filosofia *Lean* é o termo japonês *muda*, que significa “desperdício”. Num cenário de produção, este refere-se a qualquer actividade que consome recursos sem acrescentar valor do ponto de vista do cliente final. Sob esta perspectiva, todas as operações podem ser classificadas em duas categorias: actividades de valor acrescentado ou de valor não acrescentado, sem espaço para uma terceira opção (Bicheno & Holweg, 2016). Deste modo, qualquer actividade que não agregue valor ao produto é considerada desperdício e, como tal, deve ser eliminada (Emiliani, 2005; Liker, 2020).

Os 7W foram identificados por Taiichi Ohno e constituem a base para a identificação de ineficiências nos processos produtivos (Courtois et al., 2011). Nos desperdícios enquadram-se (Womack & Jones, 1996a):

1. **Excesso de Produção:** Produzir mais do que o necessário, antes do tempo ou em quantidades desnecessárias, é considerado o desperdício mais grave. Este tipo de excesso sobrecarrega recursos, gera *stocks* elevados, consome materiais e energia sem retorno financeiro, reduzindo a flexibilidade nos processos;
2. **Esperas:** Representa o tempo em que trabalhadores, máquinas ou materiais ficam inactivos enquanto aguardam a próxima etapa do processo. As esperas podem ser causadas por falhas de sincronização, atrasos nas entregas ou avarias e resultam numa redução significativa da eficiência e produtividade;
3. **Transporte e Movimentações:** Refere-se à movimentação desnecessária de materiais, peças ou produtos dentro da unidade produtiva, sem acrescentar valor. Estes movimentos aumentam custos, requerem espaço e podem levar a danos nos materiais;
4. **Desperdício do Próprio Processo:** Inclui operações ou etapas desnecessárias, frequentemente causadas por processos mal desenhados ou pela falta de uniformização das operações. Este tipo de desperdício reduz a eficiência e pode levar a defeitos ou retrabalho;
5. **Stocks:** A acumulação excessiva de materiais ou produtos denuncia ineficiências no sistema produtivo. *Stocks* elevados imobilizam recursos financeiros, dificultam o fluxo de trabalho e podem esconder problemas, tais como defeitos ou atrasos;

6. **Defeitos:** Produzir itens com falhas ou fora das especificações gera retrabalho, desperdício de materiais e insatisfação do cliente, para além de custos ambientais e sociais. Este desperdício está frequentemente associado a erros humanos, falta de padrões e *set-points* inadequados;
7. **Trabalho Desnecessário:** Consiste em movimentos ou actividades que não contribuem directamente para o valor final do produto ou serviço, tais como deslocações repetitivas ou esforços desnecessários. Este desperdício pode resultar de *layouts* ineficientes, falta de formação ou operações mal planeadas.

Ao identificar e eliminar estes desperdícios, as organizações podem aumentar a eficiência operacional, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos ou serviços entregues ao cliente. A aplicação prática desta classificação varia conforme as particularidades de cada empresa e sector de actuação, mas os princípios subjacentes são gerais para qualquer tipo de empresa e indústria (Carvalho, 2021).

## 2.2 A Importância da Gestão de Armazéns

A gestão de armazéns é uma área central da logística e tem ganho destaque nas cadeias de abastecimento contemporâneas, fundamentalmente devido aos desafios trazidos pela globalização dos mercados, assim como pela intensificação da concorrência e da redução dos ciclos de vida dos produtos (Costantino et al., 2012; Dotoli et al., 2005; Dotoli et al., 2015). Neste contexto, ela desempenha um papel fundamental na eficiência operacional e na satisfação do cliente, ao garantir que materiais e produtos acabados estejam disponíveis no momento certo, no local certo, na quantidade necessária (Pinto, 2014; Womack & Jones, 1996b).

Actualmente, os armazéns não se limitam apenas a ser locais de armazenamento de materiais e peças, funcionando como centros estratégicos que influenciam directamente a capacidade de resposta a variações na procura e a manutenção de níveis adequados de inventário (Baker & Canessa, 2009).

A literatura evidencia que a gestão de armazéns não é apenas uma função operacional, mas um elemento estratégico que pode determinar a competitividade das empresas no mercado. De facto, a gestão eficiente de armazéns é crucial para o sucesso das operações logísticas, na medida em que a implementação de políticas de armazenamento e métodos de separação de pedidos bem definidos melhora a eficiência operacional, assim como contribui para uma redução de custos e para a melhoria da satisfação dos clientes (de Koster et al., 2007).

No entanto, o armazenamento é uma actividade que não agrega valor directamente, criando custos adicionais para as empresas, nomeadamente os custos de posse, também designados custos de manutenção de *stock*. Deste modo, as operações do arma-

zém devem ser optimizadas, eliminando ineficiências e tornando-as fiáveis em termos de custo (Dotoli et al., 2015).

## 2.3 Políticas de Gestão de Armazenamento e de *Picking*

As políticas de gestão de armazenamento e *picking* são fundamentais para a eficiência operacional de um armazém, pois afectam directamente o uso do espaço e o desempenho das operações. O armazenamento dedicado, com locais fixos para cada produto, facilita o *picking*, mas pode levar à subutilização do espaço, enquanto o armazenamento aleatório oferece maior flexibilidade e melhor aproveitamento do espaço, embora aumente a complexidade do *picking*. Estratégias híbridas, como o armazenamento por classes, organizam produtos com base na sua rotatividade (vulgarmente designada por Análise ABC), enquanto o armazenamento por Famílias agrupa itens correlacionados, de forma a otimizar os processos de separação, arrumação e recolha dos materiais. Para além das estratégias de armazenamento já mencionadas, outras políticas como “Encaminha, Reserva e Reabastece” integram a gestão de áreas de reserva e expedição, permitindo alocar itens críticos de forma estratégica e reabastecer rapidamente, garantindo maior agilidade operacional (de Koster et al., 2007; Rouwenhorst et al., 2000).

### 2.3.1 Estratégias de Armazenamento

Como demonstrado no parágrafo anterior, as estratégias de armazenamento são fundamentais para otimizar a eficiência e a eficácia das operações em um armazém.

A tabela 2.1 lista os vários tipos de armazenamento, assim como as principais vantagens e desvantagens de cada tipologia segundo (de Koster et al., 2007; Gu et al., 2007, 2010; Petersen, 1999; Petersen & Aase, 2004; Rouwenhorst et al., 2000).

**Tabela 2.1: Comparação entre Tipos de Armazenamento**

| Tipo de Armazenamento                | Descrição                                                                                                  | Vantagens                                                                                             | Desvantagens                                                                                  |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Armazenamento Fixo (Dedicado)</b> | Cada produto é atribuído a um local fixo, facilitando a familiarização dos operadores com as localizações. | Simplicidade nas operações de recepção, armazenamento e recolha, além de reduzir erros de inventário. | Falta de flexibilidade e subutilização do espaço quando o produto está fora de <i>stock</i> . |

Tabela 2.1: Comparação entre Tipos de Armazenamento

| Tipo de Armazenamento                            | Descrição                                                                                                                                                                                                             | Vantagens                                                             | Desvantagens                                                                                                            |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Armazenamento no Local Livre Mais Próximo</b> | Semelhante ao armazenamento aleatório, mas o operador escolhe o local livre mais próximo para armazenar os produtos.                                                                                                  | Simplicidade na alocação e uso eficiente das áreas próximas às docas. | Pode levar à lotação das áreas próximas às docas, resultando na subutilização das áreas mais distantes.                 |
| <b>Armazenamento Aleatório</b>                   | Implica a atribuição aleatória de uma localização para os produtos que entram no armazém. Permite elevada utilização e uniformização do espaço.                                                                       | Maximiza a utilização do espaço e reduz a congestão dos corredores.   | Aumento das distâncias percorridas pelos operadores e risco de desorganização. Requer controlo computacional eficiente. |
| <b>Armazenamento por Rotatividade</b>            | Aloca produtos de acordo com a sua taxa de rotatividade. Produtos com maior procura são armazenados em locais de fácil acesso.                                                                                        | Reduz o tempo e a distância percorrida pelos operadores.              | Congestão dos corredores e desequilíbrio na utilização do espaço, exigindo categorização prévia.                        |
| <b>Armazenamento Baseado em Classes</b>          | Combina métodos como o armazenamento por rotatividade e aleatório, organizando produtos por classes (A, B, C) com base na regra de Pareto. Produtos de maior rotatividade são armazenados mais próximos da expedição. | Reduz o tempo de recolha e melhora a eficiência operacional.          | Necessidade de categorizar os produtos e analisar constantemente a sua rotatividade.                                    |

**Tabela 2.1: Comparação entre Tipos de Armazenamento**

| <b>Tipo de Armazenamento</b>           | <b>Descrição</b>                                                                                                              | <b>Vantagens</b>                                                                              | <b>Desvantagens</b>                                                                            |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Armazenamento por Família</b>       | Baseia-se nas relações entre produtos. Produtos frequentemente comprados em conjunto são armazenados próximos uns dos outros. | Facilita a recolha de produtos relacionados, aumentando a eficiência para pedidos agrupados.  | Requer análise contínua para identificar correlações entre os produtos.                        |
| <b>Encaminha, Reserva e Reabastece</b> | Alguns armazéns possuem áreas reservadas para armazenar artigos específicos em quantidades definidas.                         | Permite flexibilidade no armazenamento e facilita o reabastecimento rápido de itens críticos. | Requer um planeamento cuidadoso e gestão eficiente para evitar a lotação das áreas reservadas. |

Fonte: Elaboração própria

### 2.3.2 Métodos de *Picking* em Armazém

A actividade de *picking* é um dos processos mais críticos na operação de armazéns, representando uma parcela significativa dos custos operacionais e do tempo de processamento, sendo estimado que a preparação de encomendas é responsável por aproximadamente 55 % das despesas operacionais totais de um armazém (de Koster et al., 2007). Deste modo, a minimização desta despesa é extremamente necessária para as empresas, pois esta actividade afecta directamente os tempos de entrega e o nível de serviço ao cliente.

Richards (2011) destaca que a eficiência das estratégias de *picking* pode determinar a competitividade de uma organização, especialmente no contexto actual, onde a exigência por entregas rápidas e precisas, bem como a flexibilidade e reactividade, é cada vez maior. A evolução tecnológica, combinada com o aumento da diversidade de produtos, tem impulsionado o desenvolvimento de métodos mais sofisticados de *picking*, como sistemas automáticos centrados Tecnologias de Informação (TI), que visam a redução de erros e a optimização do uso dos recursos disponíveis.

Os métodos de *picking* podem ser classificados segundo vários critérios. A classificação estabelecida com base na dinâmica do operador enquadra (Richards, 2011):

- ***Picker to Goods* (Separador para as Peças):** O operador desloca-se até aos locais onde os itens estão armazenados.
- ***Goods to Picker* (Peças para o Separador):** Os itens são trazidos ao operador, geralmente através de sistemas automatizados, como tapetes rolantes ou sistemas de armazenamento e recuperação automáticos (AS/RS).

Outro critério relevante de classificação é o tipo de sistema de *picking* utilizado. Segundo este critério podem-se estabelecer as seguintes tipologias (Rushton et al., 2014):

- ***Picking Manual:*** Realizado inteiramente por operadores humanos, com ou sem apoio de ferramentas;
- ***Picking Automatizado:*** Realizado por sistemas autónomos, como robôs ou transportadores;
- ***Picking Assistido por Tecnologia:*** Utiliza recursos como *scanners*, *picking* por voz ou sistemas *pick-to-light* para auxiliar os operadores;

De forma análoga, para garantir uma gestão eficiente, existem estratégias baseadas na gestão do fluxo de produtos em *stock*; entre elas estão Bartholdi III e Hackman (2019):

- ***First-In, First-Out (FIFO):*** O primeiro produto a entrar em *stock* é o primeiro a ser utilizado ou expedido.
- ***Last-In, First-Out (LIFO):*** O último produto a entrar em *stock* é o primeiro a ser utilizado ou expedido.
- ***First-Expired, First-Out (FEFO):*** O primeiro produto a expirar o seu prazo de validade é o primeiro a ser utilizado ou expedido.

Os métodos de *picking* podem variar amplamente dependendo do nível de automação, da configuração do armazém e do tipo de operação.

A tabela 2.2 apresenta uma classificação dos principais métodos de *picking* baseado no agrupamento de pedidos e baseia-se num conjunto de referências, entre as quais Bartholdi III e Hackman (2019), Richards (2011) e Rushton et al. (2014).

**Tabela 2.2: *Picking* Baseado no Agrupamento de Pedidos**

| <b>Tipo de <i>Picking</i></b>                            | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>Vantagens</b>                                            | <b>Desvantagens</b>                                                          |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Picking</i> Individual<br>( <i>Discrete Picking</i> ) | O operador percorre o armazém recolhendo os produtos necessários para completar uma única encomenda de cada vez.                                                                                                  | Simple e menor probabilidade de erros.                      | Pouco eficiente devido às longas distâncias percorridas para cada encomenda. |
| <i>Picking</i> por Lotes<br>( <i>Batch Picking</i> )     | Produtos de várias encomendas semelhantes são recolhidos simultaneamente.<br>Subtipos: <b><i>Pick and Sort</i></b> (organização posterior) e <b><i>Sort While Picking</i></b> (organização directa).              | Maior eficiência e redução do tempo de deslocação.          | Exige separação posterior dos produtos, aumentando o risco de erros.         |
| <i>Picking</i> por Zonas<br>( <i>Zone Picking</i> )      | O armazém é dividido em zonas; cada operador recolhe produtos apenas na sua área atribuída.<br>Subtipos: <b>Sequencial</b> (encomendas passam por várias zonas) e <b>Paralelo</b> (recolha simultânea nas zonas). | Redução de distâncias percorridas e menor congestionamento. | Necessidade de consolidar produtos de diferentes zonas, podendo gerar erros. |

Tabela 2.2: *Picking* Baseado no Agrupamento de Pedidos

| Tipo de <i>Picking</i>                              | Descrição                                                                                     | Vantagens                                                   | Desvantagens                                                                   |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Picking</i> por Ondas<br>( <i>Wave Picking</i> ) | As encomendas são organizadas em turnos de recolha, baseados numa calendarização predefinida. | Optimização do tempo e alinhamento com prazos de expedição. | Pode introduzir atrasos se as encomendas não forem devidamente calendarizadas. |

Fonte: Elaboração própria

### 2.3.3 Tecnologias de *Picking*

A optimização do *picking* envolve uma análise detalhada das operações e a implementação de Sistemas de Informação (SI), que aumentem a produtividade e a precisão das actividades logísticas. Tecnologias modernas, como *Radio Frequency Identification* (RFID), *barcode scanning* e *pick by voice* têm desempenhado um papel crucial na transformação do sector, reduzindo tempos improdutivos e promovendo a eficiência operacional (Rushton et al., 2014).

A tabela 2.3 apresenta uma análise comparativa sistemática das aplicações de vanguarda ao nível das TI no universo dos sistemas de *picking* (Richards, 2011; Rushton et al., 2014).

Tabela 2.3: Tecnologias de Informação para *Picking*.

| Tipo de <i>Picking</i>            | Descrição                                                                     | Vantagens                                                      | Desvantagens                                                                                      |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Listas de <i>Picking</i> em Papel | Registos impressos contendo informações básicas para o <i>picking</i> .       | Simplicidade e baixo custo inicial.                            | Susceptível a erros, actualização manual e impacto ambiental negativo devido ao consumo de papel. |
| <i>Barcode Scanning</i>           | Utiliza leitura de código de barras para identificar produtos e localizações. | Informação em tempo real, produtividade e precisão aumentadas. | Custo do <i>hardware</i> , ausência de padrão universal de <i>barcodes</i> .                      |

**Tabela 2.3: Tecnologias de Informação para *Picking***

| <b>Tecnologia</b>      | <b>Descrição</b>                                                                                                       | <b>Vantagens</b>                                                                             | <b>Desvantagens</b>                                                                                 |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Picking</i> por PDA | Utiliza leitores portáteis para leitura <i>scan</i> de códigos de barras e confirmação de <i>stocks</i> .              | Precisão elevada, actualização de inventário <i>in real time</i> .                           | Dependência de dispositivos e custos associados ao <i>hardware</i> .                                |
| <i>RFID</i>            | Identificação e rastreamento via rádio frequência, permitindo a leitura simultânea de múltiplos itens.                 | Alta precisão, actualização de <i>stock</i> em tempo real, maior produtividade.              | Alto investimento inicial, interferência com líquidos/metais e sinal reduzido em áreas específicas. |
| <i>Pick by Voice</i>   | O <i>picker</i> recebe instruções via auricular e confirma por microfone.                                              | Alta produtividade e precisão, redução de erros, actualização de <i>stock</i> em tempo real. | Custo elevado, difícil em ambientes ruidosos ou com múltiplas localizações por produto.             |
| <i>Pick by Light</i>   | Painéis LED indicam local e quantidade de produtos, com confirmação por botão.                                         | Alta precisão, produtividade, segurança e taxa de <i>picking</i> .                           | Custo elevado, pouca flexibilidade, limitado a produtos com localização específica.                 |
| <i>Put to Light</i>    | Semelhante ao <i>pick by light</i> , mas os painéis LED estão em locais diferentes e os produtos são movidos até eles. | Alta precisão e produtividade.                                                               | Necessidade de movimentação adicional, custo elevado, limitações de aplicação a certos produtos.    |

Fonte: Elaboração própria

Para além disso, o conceito de *Greener Warehousing* também tem vindo a ganhar destaque devido à preocupação global com a sustentabilidade. A redução do uso de papel e a adopção de tecnologias como sensores de luz contribuem para diminuir o impacto

ambiental das operações logísticas (Dukic et al., 2010), sendo uma tendência global.

## 2.4 Sistemas Digitais de Apoio à Gestão Logística

A transformação digital tem desempenhado um papel crescente na modernização das operações logísticas, permitindo um controlo mais preciso e eficiente das cadeias de abastecimento. Com a pressão constante para reduzir custos, aumentar a rastreabilidade e assegurar entregas mais rápidas e fiáveis, as empresas têm vindo a integrar ferramentas digitais robustas que suportem a gestão integrada do fluxo de materiais e informação. Entre estas ferramentas, destacam-se os WMS e os ERP e a sua articulação por via de sistemas de rastreabilidade integrados. Esta secção apresenta estas soluções digitais em detalhe, sublinhando o seu contributo para uma logística mais ágil, precisa e sustentável.

### 2.4.1 Sistemas de Gestão de Armazéns

Os WMS são ferramentas essenciais na administração eficiente das operações de armazém, desempenhando um papel fundamental na optimização do fluxo de produtos e na gestão do inventário (Lam et al., 2010). Com a crescente complexidade das cadeias de abastecimento e a necessidade de resposta rápida às necessidades do mercado e às exigências dos clientes, a implementação de um WMS torna-se cada vez mais importante para as empresas que procuram melhorar a sua eficiência operacional e competitividade, destacando-se como uma ferramenta indispensável para suportar práticas de produção enxuta (vulgarmente referida na terminologia inglesa como *Lean Production*) e gestão de *stocks* assente em políticas de *Just-In-Time* (JIT) (Rushton et al., 2014).

#### Principais Funcionalidades de um WMS

Os WMS são projectados para optimizar as operações logísticas nos armazéns e em centros de distribuição, abrangendo todas as actividades desde a recepção de mercadorias até à sua expedição. A integração de tecnologias digitais, automação e análise de dados *in real time* permite que os WMS sincronizem as operações de separação e entrega, prevenindo atrasos e maximizando a eficiência operacional (Lee et al., 2017).

Entre as principais funcionalidades de um WMS, destacam-se as seguintes (Dotoli et al., 2015; Dukic et al., 2010; Gu et al., 2010; Lam et al., 2010):

- **Recepção de Mercadorias:** Um WMS regista a entrada de produtos, permitindo a rastreabilidade do produto (ou matéria-prima) desde o fornecedor, facilitando a integração de dados para um planeamento de produção mais eficiente, na medida em que o sistema automatiza o processo de recepção, garantindo que os produtos sejam armazenados de forma eficiente e organizada;

- **Armazenamento:** O WMS maximiza a utilização do espaço disponível, recorrendo a *layouts* otimizados e à alocação estratégica de mercadorias. A designação dinâmica de locais de armazenamento com base na rotatividade dos produtos e na eficiência do espaço contribui para agilizar os processos e melhorar a organização nos armazéns;
- **Controlo de Inventário e Rastreabilidade em Tempo Real:** A monitorização em tempo real permite às empresas uma visão clara e actualizada dos níveis de inventário, evitando excessos ou ruturas de *stock*, sendo este controlo essencial para alinhar os níveis de inventário à procura dos clientes e às necessidades do mercado;
- **Separação de Pedidos (*Picking*):** Os WMS utilizam métodos como *picking*, combinados com algoritmos avançados, para otimizar rotas e reduzir tempos de operação, visando o incremento da produtividade;
- **Registos da Movimentação Interna e Expedição de Produtos:** Automatiza as transferências internas entre armazéns e organiza o carregamento de forma eficiente, reduzindo custos de transporte e os erros de expedição nas entregas ao cliente final;
- **Integração Tecnológica:** Tecnologias como códigos de barras, RFID, dispositivos móveis e robótica são comumente integradas para melhorar a rastreabilidade, reduzir desperdícios e aumentar a eficiência das operações. A integração com outros sistemas empresariais, como o ERP, assegura um fluxo contínuo das informações entre departamentos e uma visão holística das operações, promovendo decisões estratégicas mais informadas a todos os níveis (estratégico, tático e operacional);
- **Relatórios e Análises de Métricas** Os WMS têm capacidade de gerar relatórios detalhados sobre o desempenho do armazém, o estado do inventário, a rotatividade de *stock*, entre outras métricas, permitindo identificar pontos de melhoria, através da tomada de decisão baseada em dados. Basicamente, eles assumem a forma de módulos dos SI da empresa, alinhados com a optimização em tempo real;
- **Digitalização e Sustentabilidade:** Um WMS pode incorporar práticas ambientalmente responsáveis, como a adopção de sistemas sem papel (*paperless*) e tecnologias eficientes e sustentáveis. Estas iniciativas ajudam a reduzir emissões de carbono e o consumo de recursos, alinhando a logística aos objectivos de sustentabilidade ambiental;

### 2.4.2 Sistemas de Planeamento dos Recursos Empresariais

Os sistemas ERP têm revolucionado a gestão organizacional ao integrar diversas áreas funcionais de uma empresa numa única plataforma. Com mais de quatro décadas de evolução, os sistemas ERP são amplamente adoptados em diversos sectores industriais e utilizados diariamente por milhões de pessoas em todo o mundo (Sneller, 2014). Estes sistemas permitem consolidar e coordenar informações de departamentos como as vendas, compras, logística, finanças e produção, proporcionando uma gestão mais eficiente, estratégica e integrada da actividade produtiva (Courtois et al., 2011).

Sneller (2014) destaca a integração de dados como uma das principais características dos sistemas ERP. Antes da sua implementação, muitas empresas enfrentavam redundâncias, inconsistências e falhas de comunicação devido à utilização de registos paralelos em diferentes departamentos. Com a adopção dos sistemas ERP, tornou-se possível centralizar a informação, garantindo dados precisos, completos e facilmente acessíveis que respondem às necessidades de toda a organização de forma unificada. A centralização do fluxo de dados minimiza as perdas de informação e as falhas de comunicação, que são um problema comum em empresas que utilizam ferramentas fragmentadas (Rushton et al., 2014). Além de eliminar redundâncias e padronizar processos, os sistemas ERP proporcionam uma melhoria significativa na eficiência operacional (Parr & Shanks, 2000).

A crescente sofisticação dos clientes e a intensificação da concorrência impulsionam a necessidade de soluções tecnológicas capazes de fornecer informações precisas e em tempo real (Richards, 2011). Neste contexto, os sistemas ERP não só suportam práticas operacionais optimizadas, como também oferecem uma base de dados robusta que possibilita decisões estratégicas fundamentadas, aumentando a produtividade e a competitividade organizacional, enquanto centralizam o controlo sobre a informação e padronizam os processos, ou pelo menos contribuem para tal (Davenport, 1998).

Os benefícios dos sistemas ERP vão além da eficiência interna. Estes sistemas desempenham um papel fundamental na ligação entre diferentes entidades da cadeia de abastecimento, facilitando a cooperação e a troca de informações entre parceiros comerciais. A integração entre processos internos e externos resulta num desempenho global mais robusto (Rushton et al., 2014).

Assim, pode-se considerar que o ERP se trata de um software integrado de gestão, com capacidade para integrar diversas áreas da empresa, assim como para registar, armazenar, informatizar e inter-relacionar dados, que passam a ser monitorizados e fornecidos de forma rápida e precisa, sendo normalmente relevantes para a tomada de decisões, ao nível da gestão empresarial. Para além de impulsionarem a flexibilidade operacional e facilitarem a tomada de decisões estratégicas, os ERP conectam toda a organização numa única plataforma, aumentando a eficiência interna e fortalecendo a

posição competitiva das empresas perante o mercado.

### 2.4.3 Sistemas de Rastreabilidade Integrados em sistemas ERP

A integração de sistemas de rastreabilidade em plataformas ERP tornou-se uma prática essencial para empresas que operam em cadeias de abastecimento modernas. Os sistemas de rastreabilidade permitem monitorizar e rastrear produtos em tempo real, proporcionando maior visibilidade e controlo sobre o fluxo de materiais e informações (Nettsträter et al., 2015). Os sistemas de rastreabilidade quando integrados com os sistemas ERP oferecem uma solução abrangente para gestão logística, garantindo a conformidade com normas de regulamentação instituídas e padrões de qualidade.

Como vimos ao longo do capítulo, a aplicação de sistemas de rastreabilidade é especialmente importante em armazéns, onde operações como recepção, armazenamento, *picking* e expedição dependem de informações precisas e actualizadas (Lam et al., 2010).

O uso de WMS embebidos em sistemas ERP é uma abordagem comum para assegurar a integração entre os processos operacionais e estratégicos da organização, na medida em que isso melhora o desempenho geral, permitindo a monitorização de inventários *in real time*, a identificação de estrangulamentos (designados em literatura inglesa por "*bottleneck*") e a optimização de recursos (Rushton et al., 2014).

Apesar dos seus benefícios, muitos sistemas de rastreabilidade enfrentam desafios relacionados com a aquisição e fidelidade dos dados. A dependência de inputs manuais e códigos de barras torna-os mais susceptíveis a erros, o que compromete não apenas a precisão, mas também a segurança das informações. Para superar estas limitações, foram desenvolvidas soluções baseadas em tecnologias emergentes, como IoT (*Internet of Things*) e sensores RFID, que permitem a captura automática de dados em tempo real, de forma a minimizar o erro humano (Li et al., 2011; Poon et al., 2009).

## 2.5 Considerações Finais do Capítulo

A presente revisão da literatura procurou sistematizar os fundamentos conceptuais que sustentam o trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação, articulando de forma integrada três eixos essenciais: a filosofia *Lean*, a gestão de armazéns e os sistemas digitais de apoio à logística.

A análise do pensamento *Lean* permitiu compreender os seus princípios estruturantes — valor, fluxo de valor, fluxo contínuo, sistema puxado e perfeição — bem como os mecanismos associados à criação de valor e à eliminação de desperdícios. Esta abordagem revelou-se particularmente pertinente no contexto logístico, dado que muitos dos desperdícios operacionais detectados nas organizações resultam de ineficiências nos fluxos de materiais e de informação.

Pretendeu-se também destacar a importância estratégica da gestão de armazéns como elemento fulcral das cadeias de abastecimento modernas. Foram discutidas as principais políticas de armazenamento e estratégias de *picking*, com destaque para abordagens baseadas na rotatividade, na classificação ABC, na lógica por famílias e nos sistemas de reabastecimento dinâmico. Demonstrou-se, com suporte bibliográfico, que a eficiência de um armazém depende tanto da sua organização física quanto da definição de processos normalizados e suportados por tecnologias apropriadas.

Complementarmente, foram ainda apresentados os sistemas digitais de apoio à gestão logística, com ênfase nos sistemas de gestão WMS e ERP, o que permitiu evidenciar a sua relevância na gestão integrada de armazéns e a possibilidade de ganhos significativos ao nível da visibilidade, do controlo e da reactividade operacional. A integração entre WMS e ERP revelou-se um requisito indispensável para assegurar a rastreabilidade de ponta a ponta, evitar ruturas de *stock* e alinhar os dados físicos com os registos digitais da organização. Esta digitalização dos processos logísticos, quando devidamente assente e articulada com práticas *Lean*, constitui uma poderosa alavanca para a eficiência operacional, a padronização e a sustentabilidade de uma organização.

Em suma, a gestão de armazéns, quando articulada com os princípios do pensamento *Lean*, com estratégias operacionais bem definidas e com o suporte de sistemas digitais de apoio à decisão, revela-se como um caminho estruturado e robusto para a transformação dos processos logísticos, conduzindo-os rumo à excelência operacional. Este capítulo oferece assim o enquadramento teórico necessário para a compreensão dos conceitos e princípios que fundamentam e orientam a análise, a elaboração e a interpretação do projecto, nomeadamente o diagnóstico efectuado no Capítulo 4, bem como para suportar as propostas de melhoria apresentadas posteriormente no Capítulo 5.

### 3 FERRAMENTAS METODOLÓGICAS APLICADAS

Neste capítulo, apresentam-se as principais ferramentas metodológicas utilizadas no desenvolvimento do projecto. Estas ferramentas foram seleccionadas pela sua eficácia comprovada na identificação de problemas, avaliação de prioridades, gestão da melhoria contínua e análise de viabilidade económica. A exposição inicia-se pelas ferramentas de diagnóstico e análise de problemas, seguindo-se as ferramentas de avaliação e priorização quantitativa, as ferramentas de gestão da melhoria contínua e manutenção do projecto e, finalmente, a análise económico-financeira de suporte às decisões de implementação.

#### 3.1 Ferramentas de Diagnóstico e Análise de Problemas

As ferramentas de diagnóstico e análise de problemas foram aplicadas com o objectivo de compreender a situação inicial do armazém e identificar as causas estruturais das disfunções observadas. Através destas metodologias, foi possível proceder a um levantamento sistemático das não-conformidades, dos desperdícios e dos modos de falha, estabelecendo assim a base para a formulação de propostas de melhoria orientadas para a optimização dos processos logísticos.

Entre as principais ferramentas empregues nesta fase destacam-se o Método 5S, VSM, Diagrama de Causa-Efeito (Ishikawa) e a Técnica dos “Cinco Porquês”, as quais serão detalhadas nas subsecções seguintes.

##### 3.1.1 Metodologia dos Cinco Sentidos

O método 5S é uma abordagem sistemática de gestão que visa criar um ambiente de trabalho organizado, limpo e eficiente. O método integra cinco fases sequenciais - *Seiri* (Utilização/Separação), *Seiton* (Organização), *Seiso* (Limpeza), *Seiketsu* (Padronização) e *Shitsuke* (Disciplina) - o 5S tem como objectivo fundamental melhorar a organização do espaço de trabalho e padronizar as práticas operacionais (Hirano, 1995).

A metodologia 5S é considerada uma das ferramentas mais importantes do *Lean Thinking*, tendo como objectivo sensibilizar, motivar e consciencializar todos os colaboradores da empresa para um padrão de comportamento de melhoria contínua, visando a arrumação, a organização e a limpeza dos espaços/postos de trabalhos, assim como a normalização/padronização dos procedimentos de trabalho, de modo a estabelecer boas práticas de trabalho (Pinto, 2014). A sua adopção redundará na eliminação de uma

fracção das actividades associadas ao valor não acrescentado (Ismail, Haryati & Mohd Yusof, Zakaria, 2016).

O 5S visa a melhoria contínua da organização e consiste na eliminação de todo o tipo de desperdícios (7W), através de um aproveitamento mais eficiente dos recursos e do *layout*. Consequentemente, promove o aumento da produtividade, a prevenção de acidentes e a manutenção preventiva das ferramentas e equipamentos, tendo como alicerces os seguintes pontos (Davis, 2009):

- **Senso de Utilização (ou Separação) (*Seiri*):** Nesta primeira etapa, deve-se identificar e separar todos os materiais, ferramentas, equipamentos e demais itens que se encontrem numa dada secção, de modo a diferenciá-los (e hierarquizá-los) pela sua utilidade. Os itens que são necessários devem ser identificados, separados e racionalizados. Por sua vez, os itens que não são necessários devem ser reciclados, eliminados, ou podem mesmo vir a ser vendidos. Uma das funções mais importantes deste senso é libertar espaço no *layout* da secção, tratando os desperdícios do local, de modo a tirar proveito máximo do posto de trabalho.
- **Senso de Organização (ou Arrumação) (*Seiton*):** O segundo senso é definido pela organização. Assim como no primeiro senso é necessário haver separação e um critério de utilidade para cada item. Aqui, esse cuidado deve continuar a ser mantido. No entanto, de uma maneira análoga, ou seja, posteriormente à identificação e categorização dos itens, deve ser estabelecido um local específico para cada item, em função da sua utilidade e frequência de utilização: diária, semanal, quinzenal, mensal, etc. Uma vez separados, os itens de um local de trabalho devem ser arrumados, de modo a que estejam acessíveis e sejam fáceis de utilizar a qualquer momento. Sintetizando este senso numa simples frase: “Cada coisa no seu lugar”.
- **Senso de Limpeza (*Seiso*):** Nestes primeiros sentidos, de característica eminentemente práticas, este é considerado o senso mais simples e básico do programa 5S. No entanto, é o senso que faz o “elo de ligação” entre os sentidos anteriores. Esta etapa do programa consiste na limpeza periódica e sistemática de um posto de trabalho, de modo a que o mesmo se encontre limpo e com condições de higiene adequadas.
- **Senso de Padronização (*Seiketsu*):** Contrapondo ao senso anterior, este é o senso mais difícil de implementar e de colocar em prática, sendo muitas vezes a ponta do *iceberg* para o fracasso da implementação do programa 5S. Este senso dita que os colaboradores devem seguir procedimentos, que deve haver um padrão de comportamentos a ser cumpridos; isto é, uma forma procedimental (otimizada) de actuação. Para tal, é necessário estabelecer procedimentos, afixá-los de modo a que estes se encontrem expostos e visíveis para todos e toda a informação (procedimentos e normas) mencionada deve ser clara e precisa, de modo a

que os colaboradores cumpram e sigam as execuções tal como estão normalizadas/padronizadas.

- **Senso de Disciplina (*Shitsuke*):** Por fim, e não menos importante, surge o senso de disciplina. Para o sucesso máximo deste senso e de todo o programa, os colaboradores envolvidos pela metodologia 5S assumem um papel fundamental na sua aplicação prática, uma vez que este senso visa a utilização do método diariamente, servindo também para verificar se ele está de facto a ser posto em prática por todos os colaboradores. Este senso tem como objectivo despertar e sensibilizar os colaboradores para a prática diária e sistemática do programa, destacando o sentido de responsabilidade individual, tendo em vista o sucesso da organização como um todo.

Gapp et al. (2008) discute a aplicação na indústria e toda a problemática associada a uma implementação sistemática.

### 3.1.2 Value Stream Mapping

O VSM é uma ferramenta essencial no âmbito do *Lean Thinking*, amplamente utilizada para analisar e otimizar os fluxos de materiais e informação dentro de uma cadeia de valor. Introduzido por Rother e Shook (1999), o VSM permite compreender de forma global os processos envolvidos na entrega de valor ao cliente, identificando ineficiências e desperdícios e propondo melhorias alinhadas aos princípios *Lean*.

De acordo com Rother e Shook (1999), o VSM oferece uma visão clara do percurso de um produto ou serviço ao longo de toda a cadeia de valor, desde a receção do pedido até à entrega ao cliente final. Ele proporciona uma visão abrangente de todo o fluxo de trabalho, integrando, não só, as actividades operacionais, mas também os fluxos de comunicação e informação, essenciais para o funcionamento eficiente da cadeia produtiva. Essa abordagem holística permite identificar lacunas, gargalos e oportunidades de melhoria, favorecendo a optimização do desempenho global. Além disso, assegura que o foco não se limite a processos isolados ou à melhoria de partes específicas, mas sim a uma visão holística de todas as actividades que agregam valor ao cliente final.

Segundo Pinto (2014), o VSM não se limita a ser uma ferramenta visual; trata-se de um processo analítico que requer observação directa e recolha de dados no local de trabalho, prática conhecida como *gemba walk*. Nash e Poling (2008) destacam que esta abordagem garante que o mapeamento reflète fielmente a realidade operacional, promovendo uma base sólida para a tomada de decisões estratégicas.

#### Conceitos Fundamentais do VSM

O processo de mapeamento da cadeia de valor inclui duas fases principais:

- (i) o estado actual (AS-IS), que documenta a situação existente;

- (ii) o estado futuro (TO-BE), que propõe melhorias para atingir um fluxo de valor mais eficiente;

Estas etapas permitem uma análise abrangente da cadeia de valor, identificando áreas críticas para intervenção e promoção da eliminação de actividades que não geram valor (Lummus et al., 2006).

Elementos como *takt time*, tempo de ciclo e *lead time* desempenham um papel crucial no processo de análise. Estas métricas permitem medir a eficiência dos processos e estabelecer metas realistas para o desempenho futuro (Nash & Poling, 2008; Pinto, 2014). As definições destes conceitos, cruciais, na objectivação da eficiência são apresentadas de seguida.

- **Takt time:** Representa a cadência necessária para atender à procura do cliente, calculada como o tempo disponível dividido pela procura;
- **Tempo de ciclo:** Refere-se ao tempo necessário para completar uma tarefa específica;
- **Lead time:** Abrange o tempo total desde o início de um processo de satisfação de uma ordem até à entrega do produto ao cliente incluindo períodos de espera;

### Directrizes para a Implementação do VSM

Rother e Shook (1999) definiram um conjunto de directrizes fundamentais para a implementação eficaz do VSM, com o objectivo de otimizar o fluxo de valor e alinhar as operações às necessidades do cliente. Dentro delas, destacam-se:

1. **Produzir de acordo com o *takt time*:** Estabelecer uma cadência de produção que atenda à procura do cliente.
2. **Desenvolver um fluxo contínuo:** Reduzir tempos de espera e movimentar uma peça de cada vez entre estações de produção.
3. **Utilizar “supermercados”:** Implementar *storage buffers* reguladores para lidar com variações de fluxo.
4. **Planeamento centralizado:** Controlar a produção a partir de um único ponto de referência (designado por *pacemaker*).
5. **Nivelar o *mix*:** Produzir diferentes produtos de forma alternada, evitando grandes lotes.
6. **Criar sistemas *pull*:** Garantir que a produção seja iniciada com base na procura real.
7. **Capacidade para *every part every interval*:** Definir a frequência ideal para alternar entre diferentes produtos, mantendo eficiência e variedade.

## Fases de Implementação do VSM

A implementação do VSM segue uma abordagem estruturada em quatro fases principais (Pinto, 2014):

1. **Análise inicial:** Identificar pontos críticos na cadeia de valor, envolvendo equipas multidisciplinares para compreender os processos existentes.
2. **Caracterização do estado actual:** Recolher dados directamente no local de trabalho (*gemba*), garantindo que o mapeamento reflecta a realidade operacional.
3. **Desenho do estado futuro:** Definir melhorias baseadas na eliminação de desperdícios e na criação de um fluxo contínuo.
4. **Implementação e monitorização:** Aplicar as melhorias propostas e avaliar os resultados alcançados.

Este modelo está intimamente alicerçado no PDCA comumente usado para promoção das actividades de melhoria contínua no âmbito da gestão da qualidade.

## Benefícios do VSM

O VSM trata-se, portanto, de uma ferramenta estratégica que vai além do simples mapeamento visual, fornecendo uma base robusta para a transformação *Lean* nas organizações, devido à sua capacidade de identificar desperdícios, reduzir custos e otimizar processos, desempenhando um papel extremamente relevante na criação de cadeias de valor mais eficientes e competitivas. Como tal, o VSM oferece um vasto leque de benefícios, dos quais se destacam os seguintes:

- **Redução de desperdícios:** Identificação e eliminação de actividades que não acrescentam valor (Ohno, 1988).
- **Melhoria da qualidade:** Foco na redução de variabilidades e erros nos processos (Juran & Godfrey, 1999).
- **Aumento da eficiência:** Optimização dos fluxos de materiais e informação (Womack et al., 1990).
- **Tomada de decisões informada:** Base sólida para planeamento estratégico e operacional (Deming, 1986).

A sua aplicação em contextos de decisão industrial é demonstrada por Vinodh et al. (2010) entre outros.

### 3.1.3 Ferramenta “Cinco Porquês”

A Ferramenta “Cinco Porquês”, também denominada técnica dos 5W, é uma abordagem metodológica estruturada que visa a identificação rigorosa das causas raiz de problemas operacionais em ambientes industriais e logísticos, estando intimamente liga-

das às práticas da filosofia *Lean*. Apesar de ser amplamente reconhecida no contexto do TPS, a prática de questionar sucessivamente para esclarecer um fenómeno remonta à antiguidade clássica. Platão, nos seus diálogos filosóficos, e Aristóteles, através da sua teoria das Quatro Causas, já utilizavam métodos interrogativos para explorar a origem dos fenómenos (Fantin, 2014). Mais tarde, o jornalismo moderno institucionalizou o uso das chamadas “5W” — “Who”, “What”, “When”, “Where” e “Why” — como base para a investigação rigorosa de acontecimentos (Dennis, 2007).

Contudo, foi no ambiente da *Toyota Motor Corporation* que esta prática foi sistematizada no contexto industrial, na medida em que o questionamento reiterativo consolidou-se como um elemento essencial da abordagem científica de gestão (Shingo & Dillon, 1989). Taiichi Ohno adaptou e formalizou o conceito dos 5W como método de resolução de problemas produtivos, reconhecendo o seu potencial para revelar causas estruturais.

O método dos 5W estrutura-se em torno de uma sequência lógica de questões, em que cada resposta gera a base para a pergunta subsequente, aprofundando progressivamente a análise (Ohno, 1988). A técnica tem como objectivo transcender a identificação de sintomas superficiais para alcançar uma compreensão profunda das causas estruturais.

O processo inicia-se com a definição clara do problema e avança com o apoio das perguntas fundamentais:

- Quem está directamente envolvido ou responsável pelo problema?
- Qual é exactamente o problema identificado?
- Quando o problema ocorre?
- Onde o problema se manifesta com frequência?
- Por que motivo ou razões o problema ocorre?

Este método é valorizado por reduzir a subjectividade nas análises, privilegiando uma lógica rigorosa e promovendo diagnósticos mais sólidos (Weiss & Legrand, 2011). A simplicidade da sua aplicação, combinada com a capacidade de aprofundamento analítico, torna-o uma ferramenta amplamente adoptada nos programas de melhoria contínua (Carvalho, 2021).

No contexto das metodologias *Lean*, a técnica dos 5W constitui uma etapa inicial indispensável nos ciclos de melhoria contínua, como o PDCA. Pinto (2014) refere que a identificação clara e célere das causas facilita significativamente a subsequente definição e implementação de acções correctivas.

Em áreas logísticas, como armazéns, a técnica revela-se útil na identificação de problemas recorrentes:

- **Quem?** Operadores ou responsáveis pela gestão de inventário;

- **O quê?** Divergências sistemáticas entre o *stock* físico e o registado;
- **Quando?** Problemas detectados durante auditorias periódicas;
- **Onde?** Sectores com falhas na organização;
- **Porquê?** Procedimentos inadequados ou formação insuficiente;

Após esta análise preliminar, metodologias mais robustas, como o Diagrama de Causa e Efeito ou a FMECA, podem ser aplicadas para reforçar a identificação de factores críticos e propor soluções estruturadas (Dennis, 2007).

Ao ser integrada nas práticas *Lean*, a técnica promove uma cultura organizacional de melhoria contínua, favorecendo a eficiência dos processos e aumentando a competitividade empresarial (Carvalho, 2021; Shingo & Dillon, 1989).

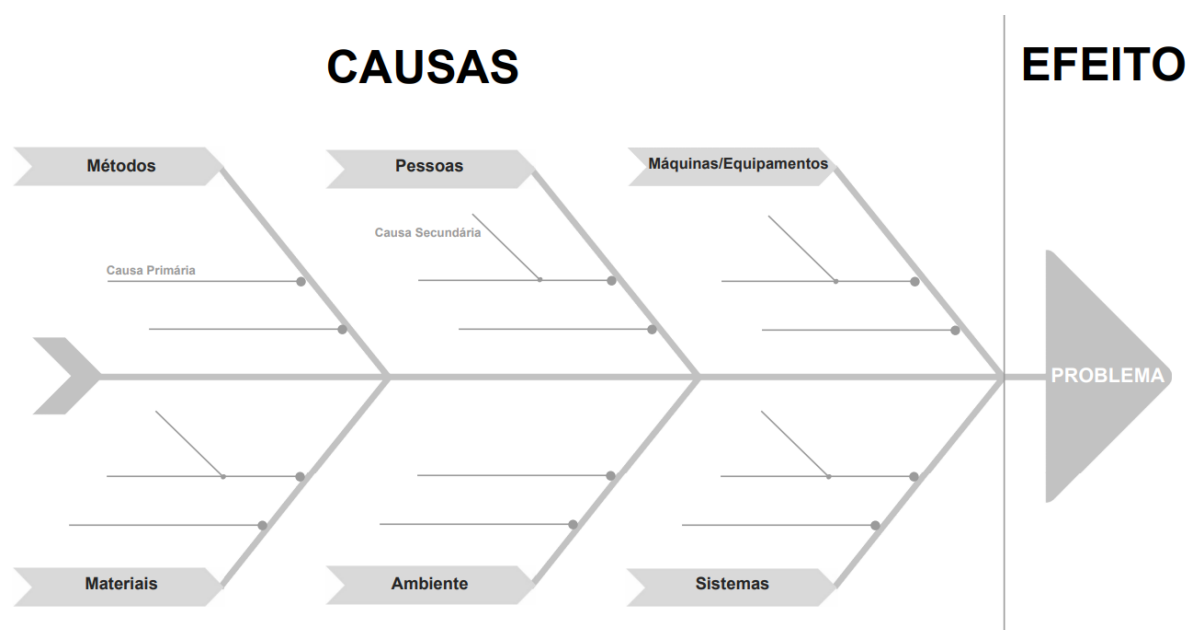
### 3.1.4 Diagrama de Causa-Efeito

O Diagrama de Causa-Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Espinha de Peixe, é uma ferramenta de análise sistemática que auxilia na identificação da origem de problemas específicos (Berry et al., 2011). Organiza as possíveis causas em categorias, o que facilita a visualização do modo como se relacionam e a análise das suas interações. Esta abordagem tem sido amplamente aplicada em diversos contextos, desde a melhoria da qualidade até à resolução de problemas complexos em diferentes áreas.

Desenvolvido por Kaoru Ishikawa, um engenheiro e professor universitário japonês, este diagrama foi introduzido em 1943, inicialmente para resolver problemas de qualidade em empresas japonesas. Desde então, tornou-se uma ferramenta amplamente utilizada para ajudar a identificar e categorizar as causas de um problema, sendo útil não apenas no controlo de qualidade, mas também em diversas outras áreas (Carvalho, 2021). A sua simplicidade e eficácia são as principais razões para a sua adopção, mesmo em situações em que se dispõem de poucos recursos ou tempo limitado, uma vez que o diagrama permite decompor um problema em várias causas potenciais, organizando-as de forma sistemática para facilitar a análise e a resolução.

De acordo com Pinto (2014), o Diagrama de Ishikawa pode ser visualizado como uma estrutura de *brainstorming* onde as causas são divididas em categorias, como “Métodos”, “Pessoas”, “Máquinas ou Equipamentos”, “Materiais”, “Ambiente” e “Sistemas”, conforme exemplificado na Figura 3.1. Cada uma destas categorias é então subdividida em causas mais específicas até a um nível onde se permitam definir actuações.

Este processo permite identificar as causas mais prováveis que contribuem para o problema em questão, de forma simples e organizada.



**Figura 3.1: Representação esquemática do diagrama de Ishikawa**

Fonte: Adaptado de (Berry et al., 2011))

A utilização deste diagrama é particularmente eficaz quando um problema é complexo e não pode ser atribuído a uma única causa. Embora a técnica dos “Cinco Porquês” seja útil em muitos casos, ela pode ser insuficiente quando o problema envolve múltiplas causas com diferentes graus de influência. O Diagrama de Ishikawa permite uma abordagem mais detalhada e abrangente, começando por identificar as classes de causas e, depois, as causas-raíz específicas dentro de cada classe (Carvalho, 2021). A representação visual que este diagrama proporciona ajuda a equipa de trabalho a entender de forma clara as principais causas do problema, facilitando a resolução e a implementação de soluções eficazes.

## 3.2 Ferramenta de Avaliação e Priorização de Problemas

Nesta secção apresenta-se a ferramenta quantitativa aplicada para a avaliação e priorização dos problemas identificados no diagnóstico do armazém. A utilização de uma metodologia estruturada visa, não apenas, a identificação sistemática das falhas, mas também a sua hierarquização e priorização com base em critérios técnicos rigorosos. Esta abordagem permite apoiar a tomada de decisão de forma objectiva, orientando a definição de prioridades de intervenção.

### 3.2.1 Análise de Modos e Efeitos de Falha

A Análise de Modos e Efeitos de Falha (*Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), em literatura inglesa), constitui uma ferramenta fundamental de gestão de risco, utilizada

para identificar de forma sistemática modos de falha potenciais em sistemas, produtos, processos ou serviços, avaliando os seus efeitos e causas associados (H.-C. Liu et al., 2011). Esta abordagem preventiva visa antecipar falhas antes que estas se manifestem, permitindo a implementação de medidas correctivas destinadas a eliminar ou mitigar riscos (Chin et al., 2009).

A FMEA destaca-se pelo seu enfoque na prevenção de problemas, promovendo a melhoria contínua da qualidade, fiabilidade e segurança das operações (Mikulak et al., 2022). A sua aplicação sistemática favorece a robustez dos produtos e serviços, assegurando uma maior satisfação do cliente, razão pela qual se recomenda a sua integração nas fases iniciais dos projectos (Stamatis, 1995).

O propósito central da FMEA consiste em identificar de modo estruturado as possíveis falhas de componentes ou processos, avaliar a sua severidade e probabilidade de ocorrência, e determinar a capacidade de detecção existente (Stamatis, 1995). Desta forma, é possível priorizar os modos de falha segundo critérios de risco, orientando os esforços de melhoria para as áreas mais críticas (H.-C. Liu et al., 2011).

A versatilidade da FMEA é evidenciada pela sua ampla aplicação em diversas áreas, desde a engenharia mecânica à gestão de activos e serviços (Ebrahimi et al., 2022; Hodkiewicz et al., 2021). No contexto da engenharia mecânica, modos de falha comuns incluem deformações, desalinhamentos, vibrações e fenómenos de fadiga, cuja detecção precoce é vital para a segurança e estabilidade dos sistemas (Ivančan & Lisjak, 2021). Em gestão de activos, a FMEA permite a análise de equipamentos e componentes, possibilitando a definição de acções preventivas eficazes mesmo sob restrições de recursos (Hodkiewicz et al., 2021; Z. Liu et al., 2022). De igual modo, no sector dos serviços, a técnica pode ser aplicada à avaliação de falhas em processos de atendimento ao cliente, ampliando o seu campo de actuação (Pinto, 2014).

A informação gerada durante uma análise FMEA é particularmente valiosa, não apenas para o projecto corrente, mas também como base de conhecimento interno para futuras iniciativas de melhoria, contribuindo para uma melhoria da eficiência organizacional, pois permite antecipar falhas independentemente do domínio de aplicação, seja na engenharia de produtos, processos industriais ou prestação de serviços (Chin et al., 2009).

Uma das grandes vantagens da FMEA reside na sua simplicidade e eficácia em antecipar potenciais falhas, permitindo intervir antes que os problemas atinjam o utilizador final (Ouyang et al., 2021). No âmbito da gestão do risco, é frequente que se analisem primeiramente os efeitos visíveis das falhas, retrocedendo posteriormente às suas causas subjacentes (Z. Liu et al., 2022). Esta abordagem reforça a necessidade de uma identificação precoce dos modos de falha, pois a prevenção eficaz depende do conhecimento aprofundado dos produtos e processos analisados.

A análise FMEA, ao promover uma compreensão sistemática das vulnerabilidades, contribui assim para a construção de sistemas mais robustos e resilientes. Esta capacidade de antecipação e mitigação de riscos é particularmente relevante num cenário competitivo onde a excelência operacional e a fiabilidade são factores diferenciadores para as organizações.

### Origem e Evolução da Metodologia FMEA

Embora se reconheçam conceitos iniciais relacionados com a análise de falhas já na década de 1920, foi apenas entre as décadas de 1950 e 1960 que a metodologia FMEA começou a ganhar destaque, impulsionada pelas crescentes exigências de fiabilidade e segurança, sobretudo no sector aeroespacial (Bowles & Peláez, 1995; Ghoushchi et al., 2019).

A formalização do método ocorreu em 1949, no contexto militar norte-americano, com a publicação do procedimento *US MIL-P-1629, Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*, que sistematizava a identificação e avaliação dos efeitos de falhas potenciais em sistemas e equipamentos críticos. Este documento viria a ser actualizado mais tarde, em 1981, com a emissão da norma *MIL-STD-1629* (Bertolini et al., 2006).

Durante a década de 1960, a NASA adaptou a metodologia no âmbito do programa Apollo, empregando a FMEA para antecipar falhas em equipamentos que, no ambiente espacial, não poderiam ser reparados, reforçando assim a importância da análise preventiva. O sucesso desta abordagem contribuiu para a sua adopção noutros sectores de elevado risco, como o nuclear e, mais tarde, o automóvel. Neste último sector, a aplicação da FMEA tornou-se mais evidente na década de 1970, com a *Ford Motor Company* a utilizar a ferramenta para melhorar a qualidade dos seus produtos após os problemas de fiabilidade observados no modelo *Ford Pinto*. A partir daí, a FMEA consolidou-se como uma prática comum no desenvolvimento de produtos e processos industriais (Dailey, 2004).

Na década de 1990, a metodologia foi formalmente integrada nos sistemas de gestão da qualidade, nomeadamente através da norma QS-9000, promovida pela *International Automotive Task Force (IATF)*, e da ISO 9000, ambas orientadas para a prevenção de falhas e a melhoria contínua dos processos organizacionais. Esta evolução culminou posteriormente na publicação da ISO/TS 16949 e, mais recentemente, da actual norma IATF 16949:2016, referência no sector automóvel (Mikulak et al., 2022).

Actualmente, para além da indústria automóvel, a FMEA encontra-se disseminada em diversos sectores, como o farmacêutico e o hospitalar, onde a gestão sistemática dos riscos contribui de forma decisiva para assegurar a fiabilidade e a segurança operacional (Pinto, 2014).

## Tipos de FMEA

A metodologia FMEA pode ser aplicada em diferentes contextos, originando diversas tipologias conforme o foco da análise e a fase do ciclo de vida do produto ou serviço. A Tabela seguinte apresenta uma síntese das principais categorias, adaptada de Mikulak et al. (2022) e Stamatis (1995, 2003).

**Tabela 3.1: Tipos de FMEA e respectiva caracterização**

| <b>Tipo de FMEA</b> | <b>Âmbito de Aplicação</b>                | <b>Foco da Análise</b>                    | <b>Objectivo Principal</b>                                  |
|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Sistema             | Sistemas e subsistemas complexos          | Integração e funcionamento conjunto       | Prevenir falhas de interação e efeitos sistémicos           |
| Projecto            | Planeamento e desenvolvimento de produtos | Definição de requisitos e concepção geral | Garantir que o produto satisfaça as necessidades do cliente |
| Design              | Desenvolvimento técnico detalhado         | Especificações, materiais e tolerâncias   | Optimizar a robustez e a conformidade técnica               |
| Processo            | Produção e montagem                       | Execução e controlo de processos          | Melhorar a qualidade e reduzir falhas operacionais          |
| Produto             | Produto final e funcionalidade            | Desempenho e fiabilidade em utilização    | Assegurar a segurança e a durabilidade do produto           |
| Serviço             | Prestação de serviços ao cliente          | Qualidade e consistência do serviço       | Aumentar a satisfação e a confiança do cliente              |

Fonte: Adaptado de Mikulak et al. (2022) e Stamatis (1995, 2003)

### 3.2.2 Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade

Embora a FMEA forneça informações qualitativas, a FMECA adiciona uma dimensão quantitativa significativa. Ao expandir a análise para além da identificação de falhas

e seus efeitos, a FMECA integra uma avaliação de criticidade, permitindo não apenas a detecção de falhas, mas também a classificação do impacto de cada uma delas com base em critérios quantitativos. Este processo ajuda a priorizar falhas não só pela sua probabilidade de ocorrência e severidade, mas também considerando o impacto direto no sistema ou no processo em termos de custos, segurança ou desempenho (H.-C. Liu et al., 2011), (Chin et al., 2009).

A principal diferença entre a FMEA e a FMECA reside no facto de que a FMECA quantifica a gravidade dos efeitos das falhas, o que permite uma avaliação mais precisa da criticidade de cada modo de falha. Para isso, a FMECA utiliza métricas como o Índice de Criticidade, que é calculado com base em variáveis específicas que ajudam a determinar o efeito total de uma falha no sistema. Essa abordagem permite não só classificar os modos de falha, mas também tomar decisões mais informadas sobre onde alocar recursos para mitigação de riscos (H.-C. Liu et al., 2011).

### **Etapas para a Elaboração da FMECA**

A FMECA pode ser aplicada em qualquer fase do ciclo de vida de um produto ou processo, desde a concepção até às operações em curso. A aplicação precoce, especialmente na fase de projecto, permite identificar vulnerabilidades críticas e reduzir custos com redesenhos posteriores (Hassan et al., 2022).

De acordo com a norma IEC 60812:2018, a elaboração da FMECA segue um conjunto estruturado de passos metodológicos (International Electrotechnical Commission, 2018):

1. **Preparação** Definir claramente o âmbito da análise e os pré-requisitos do projecto. Formar uma equipa multidisciplinar com conhecimentos sólidos do processo analisado. Atribuir papéis: líder do projecto (coordenação), moderador (imparcialidade) e membros da equipa (contributos técnicos). Reunir documentação técnica relevante e expectativas dos clientes.
2. **Análise Estrutural**  
Construir diagramas de blocos ou fluxogramas que representem o sistema ou processo, identificando componentes e suas interações.
3. **Análise Funcional**  
Identificar e descrever as funções de cada elemento do sistema, considerando requisitos operacionais e de manutenção (Stamatis, 2003).
4. **Análise de Modos de Falha**  
Identificar de forma sistemática os modos potenciais de falha de cada função, suas causas e efeitos, construindo redes de falhas ("*failure nets*", em literatura inglesa) (Slack et al., 2002).
5. **Avaliação dos Riscos**  
Avaliar cada falha em termos de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detectabili-

dade (D), determinando o respectivo RPN (Puede et al., 2002).

#### **6. Definição e Acompanhamento de Ações**

Estabelecer acções correctivas e preventivas para os modos de falha mais críticos, com responsáveis e prazos definidos. Monitorizar a implementação e recalculando o RPN para validar a eficácia das medidas aplicadas.

### **FMECA: Estrutura e Critérios de Avaliação de Riscos**

O formulário FMECA é composto por vários campos fundamentais que asseguram uma análise rigorosa dos riscos associados a produtos, componentes ou processos. A correcta descrição e preenchimento destes campos é essencial para a eficácia do método.

#### **1. Identificação do Produto, Componente ou Processo**

O primeiro passo consiste em identificar o item ou processo em análise, incluindo o nome, o número de identificação e as principais funções. No caso de produtos, é importante considerar também as condições ambientais de operação, como temperatura, humidade ou pressão. Quando um item possui múltiplas funções, todas devem ser listadas, para garantir que nenhum modo de falha relevante é negligenciado.

#### **2. Modos Potenciais de Falha**

Neste campo, devem ser descritas as formas pelas quais o produto ou processo pode falhar no cumprimento das suas funções. A identificação deve ser sistemática, recorrendo, por exemplo, a técnicas de *brainstorming* ou análise de históricos de falhas anteriores.

#### **3. Efeitos Potenciais da Falha**

Descrevem-se aqui as consequências de cada falha identificada, considerando o impacto para o cliente final ou para a operação do sistema. Dados provenientes de garantias, reclamações ou estatísticas de fiabilidade são fontes valiosas nesta etapa.

#### **4. Causas Potenciais de Falha**

Cada modo de falha deve ser associado à sua causa provável, descrita de forma específica (por exemplo, utilização de materiais inadequados ou parâmetros de processo fora de especificação).

#### **5. Controlo Actual**

Devem ser indicados os mecanismos de controlo existentes que visam prevenir ou detectar cada falha, incluindo procedimentos de inspecção, testes e validações de processo.

## 6. Avaliação dos Riscos

Para quantificar o risco associado a cada modo de falha, utilizam-se três critérios: Severidade (S), Ocorrência (O) e Detectabilidade (D), cujas escalas de avaliação são descritas a seguir.

### Severidade (S)

A severidade avalia o impacto das falhas na funcionalidade, segurança ou satisfação do cliente. A Tabela 3.2, adaptada de Moura (2000), apresenta a escala utilizada para classificar a severidade dos efeitos.

**Tabela 3.2: Escala de Severidade**

| Índice | Descrição do Efeito                          | Comentário                                     |
|--------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 10     | Compromete gravemente a segurança, sem aviso | Efeito crítico sem possibilidade de reacção    |
| 9      | Compromete a segurança, com aviso prévio     | Risco elevado, mas com sinalização             |
| 8      | Perda total da função principal              | Incapacidade funcional completa                |
| 7      | Redução significativa do desempenho          | Degradação severa da performance               |
| 6      | Diminuição moderada de funcionalidade        | Impacto funcional relevante                    |
| 5      | Pequenas falhas que afectam a satisfação     | Deficiência que reduz a satisfação             |
| 4      | Defeitos estéticos relevantes                | Aspecto visual significativamente comprometido |
| 3      | Defeitos leves                               | Impacto estético menor                         |
| 2      | Defeitos pouco percebidos                    | Quase imperceptíveis para o utilizador         |

| Índice | Descrição do Efeito              | Comentário                  |
|--------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1      | Sem impacto visível ou funcional | Sem efeito prático aparente |

Fonte: Elaboração Própria (Adaptado de Moura, 2000)

### Ocorrência (O)

A ocorrência estima a probabilidade de manifestação de uma falha, baseada em dados históricos e experiência prática. A Tabela 3.3, adaptada de Moura (2000), apresenta os intervalos de classificação.

**Tabela 3.3: Escala de Ocorrência**

| Índice | Descrição da Probabilidade | Comentário                                                                         |
|--------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 10     | Muito provável             | Ocorrência de falha em quase todas as unidades ( $\geq 1$ falha a cada 2 unidades) |
| 8–9    | Alta                       | Falha frequente (1 falha a cada 8–20 unidades)                                     |
| 6–7    | Moderada                   | Falha ocasional (1 falha a cada 80–400 unidades)                                   |
| 3–5    | Baixa                      | Falha rara (1 falha a cada 2.000–15.000 unidades)                                  |
| 1–2    | Muito baixa                | Falha extremamente rara ( $\leq 1$ falha a cada 1.500.000 unidades)                |

Fonte: Elaboração Própria (Adaptado de Moura, 2000)

### Detectabilidade (D)

A detectabilidade avalia a capacidade dos controlos existentes em identificar uma falha antes de causar impacto no cliente ou no sistema. A Tabela 3.4, adaptada de Moura (2000), apresenta a escala utilizada.

Tabela 3.4: Escala de Detectabilidade

| Índice | Descrição da Capacidade de Detectabilidade       | Comentário                                         |
|--------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 10     | Inexistente: nenhuma possibilidade de detecção   | Falha nunca identificada antes de ocorrer          |
| 8–9    | Muito baixa: detecção altamente improvável       | Muito difícil identificar a falha antecipadamente  |
| 6–7    | Baixa: difícil mas possível                      | Detecção difícil, depende de condições específicas |
| 4–5    | Moderada: detecção provável em condições normais | Controlos razoáveis, mas não garantidos            |
| 2–3    | Alta: alta probabilidade de detecção             | Controlos eficazes com alta taxa de detecção       |
| 1      | Quase certa: detecção garantida                  | Falha identificada antes de causar impacto         |

Fonte: Elaboração Própria (Adaptado de Moura, 2000)

## 7. Número de Prioridade de Risco (RPN)

O RPN é calculado multiplicando os valores atribuídos à Severidade (S), Ocorrência (O) e Detectabilidade (D):

$$RPN = S \times O \times D$$

Este índice serve para hierarquizar os modos de falha e definir prioridades de acção, com particular atenção aos casos com elevada severidade, independentemente do valor absoluto do RPN.

## 8. Definição de Acções e Acompanhamento

As acções recomendadas devem ter como objectivos principais:

- Reduzir a severidade dos efeitos (quando possível);
- Diminuir a probabilidade de ocorrência;
- Melhorar a capacidade de detecção;

Cada acção deve ser atribuída a um responsável, com prazos claros para implementação e verificação da eficácia através do recálculo do RPN.

## 9. Actualização Contínua da FMECA

A FMECA é um documento dinâmico, devendo ser actualizada sempre que existam alterações no produto ou processo. O engenheiro responsável deve garantir a revisão sistemática das acções implementadas e a actualização dos registos.

## 10. Classificação dos Riscos segundo o RPN

De acordo com a literatura, a classificação dos riscos baseia-se nos seguintes intervalos de RPN (Hassan et al., 2022; Hu et al., 2019; Kusumasari et al., 2022):

- $RPN < 200$ : Risco muito baixo
- $200 \leq RPN < 400$ : Risco baixo
- $400 \leq RPN < 600$ : Risco moderado
- $RPN \geq 600$ : Risco elevado

Esta segmentação facilita a comunicação dos riscos e orienta a priorização das acções correctivas. A análise do RPN permite também reforçar estratégias de manutenção e reduzir a probabilidade de falhas críticas (Filz et al., 2021).

A literatura reportando a aplicação de FMECA a contextos industriais é vasta. A título de exemplo refira-se Braaksma et al. (2012) que discute a sua implementação no âmbito da gestão de activos e ElKasrawy et al. (2025) que analisa a sua utilização na indústria de processo.

## 3.3 Modelo de Classificação e Gestão de Stocks

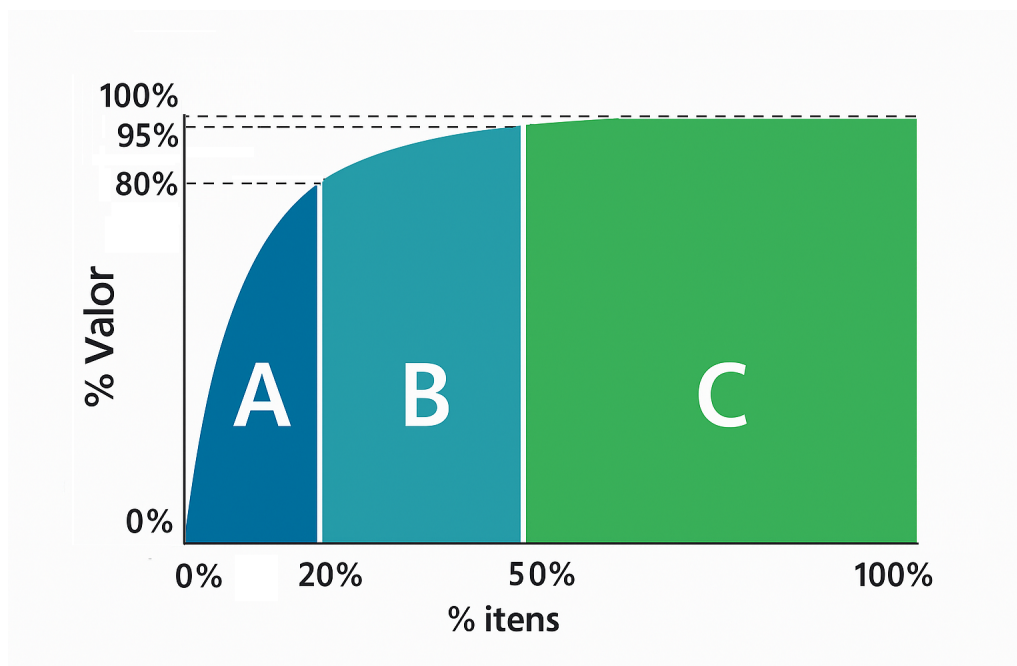
Uma etapa crucial no âmbito da gestão e controlo de *stocks*, sobretudo em contextos que envolvem uma elevada diversidade de artigos (ou *Stock Keeping Units (SKUs)*, em *literatura inglesa*), consiste na sua correcta classificação. Ao categorizar e organizar os SKUs de forma sistemática, torna-se possível otimizar o esforço associado à monitorização, promovendo decisões de gestão mais eficientes e focadas (Courtois et al., 2011; Wild, 2017). Geralmente, os modelos de classificação baseiam-se no valor monetário do consumo anual dos itens, embora outros critérios possam ser considerados em função das especificidades do contexto analisado (Arnold et al., 2007).

### 3.3.1 Análise ABC

A análise ABC (*Activity-Based Costing* em literatura inglesa; esta é a abreviatura usada ao longo do trabalho) é amplamente utilizada na gestão de stocks como ferramenta de suporte à tomada de decisão, especialmente em ambientes onde existe uma grande diversidade de itens armazenados. Baseada no princípio de Pareto, esta análise reconhece que uma pequena parcela dos artigos é responsável por uma proporção significativa do valor económico do *stock* (Arnold et al., 2007; Wild, 2017).

De acordo com esta lógica, aproximadamente 20% dos artigos são responsáveis por cerca de 80% do valor financeiro, enquanto a maioria dos itens representa uma pequena fracção do investimento total (Courtois et al., 2011; Guedes et al., 2020).

Esta relação pode ser visualmente representada através da curva cumulativa do valor em *stock* vs. a frequência dos itens, também designada simplesmente Curva ABC (por evidenciar uma classificação das causas em três classes), que ilustra de forma gráfica a concentração do valor económico em poucos artigos e a distribuição menos significativa do restante *stock*. A Figura 3.2 sintetiza esta dinâmica, evidenciando a divisão típica entre as classes A, B e C.



**Figura 3.2: Curva ABC típica. A, B e C são classes de itens.**

Fonte: Elaboração própria (adaptado de (Courtois et al., 2011))

Esta constatação permite adoptar estratégias de controlo diferenciadas, alocando mais atenção e recursos de gestão aos itens mais críticos.

O processo de implementação da análise ABC normalmente envolve:

- Cálculo do valor anual de consumo de cada item ( $\text{quantidade anual} \times \text{custo unitário}$ );

- Ordenação dos itens em ordem decrescente de valor económico;
- Cálculo da percentagem acumulada de valor para cada item;
- Classificação dos itens nas categorias A, B e C com base em intervalos pré-definidos de valor acumulado.

Esta segmentação facilita a definição de políticas de *stock* ajustadas:

- **Classe A:** Itens de elevado valor, exigindo controlo rigoroso e políticas de reabastecimento mais frequentes, como a revisão contínua.
- **Classe B:** Itens de valor intermédio, podendo ser geridos por revisão periódica ou contínua, dependendo da sua criticidade.
- **Classe C:** Itens de baixo valor, geridos de forma mais simples, geralmente por revisão periódica espaçada.

Além disso, é importante reconhecer que a análise ABC é mais eficaz em stocks homogéneos, pois em ambientes de elevada heterogeneidade pode ser necessário complementar esta técnica com outros métodos de classificação, como a análise XYZ<sup>1</sup>.

Adicionalmente, ao deslocar-mo-nos da Classe A para a Classe C, verifica-se um aumento do número de artigos e uma diminuição do valor financeiro relativo, reforçando a necessidade de métodos de gestão diferenciados (dos Reis, 2008). A tabela seguinte resume as principais características associadas a cada classe da análise ABC:

**Tabela 3.5: Características de gestão associadas à classificação ABC**

| Classe | % Itens - % Valor            | Prioridade de Gestão | Práticas Recomendadas                                                                                                                                                 |
|--------|------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A      | 20% dos itens – 80% do valor | Elevada              | Controlo rigoroso e frequente; revisão contínua; previsão detalhada; <i>stock</i> de segurança ajustado; <i>follow-up</i> intensivo para reduzir tempos de reposição. |
| B      | 30% dos itens – 15% do valor | Moderada             | Controlo regular; combinação de revisão contínua e periódica; métodos clássicos de gestão de <i>stock</i> ; ajuste moderado do <i>stock</i> de segurança.             |

<sup>1</sup>A classificação XYZ é um prolongamento da análise ABC, consistindo na classificação dos produtos baseada na flutuação de consumo (procura) ou através da segmentação dos produtos com base na criticidade funcional (Guedes et al., 2020).

| Classe | % Itens - % Valor           | Prioridade de Gestão | Práticas Recomendadas                                                                                                                                        |
|--------|-----------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C      | 50% dos itens – 5% do valor | Reduzida             | Controlo simplificado; revisão periódica com menor frequência; encomendas maiores apenas quando necessário; sistemas simples para evitar ruptura ou excesso. |

Fonte: Elaboração própria (adaptado de Arnold et al. (2007), Courtois et al. (2011) e Guedes et al. (2020))

É fundamental destacar que, apesar da utilidade da análise ABC, esta representa uma abordagem estatística que depende fortemente da precisão dos dados de consumo e de valor. Erros na classificação podem conduzir a decisões inadequadas, pelo que a actualização periódica da análise é recomendada, ajustando as categorias conforme as variações nos padrões de consumo.

Portanto, a análise ABC, quando devidamente aplicada e ajustada à realidade operacional da organização, constitui um instrumento poderoso para racionalizar os recursos de gestão de stocks e otimizar os níveis de serviço ao cliente. Há inúmeros exemplos de aplicação em contextos industriais, refira-se por exemplo Anderson et al. (2002) e Gunasekaran e Sarhadi (1998).

### 3.4 Ferramentas de Apoio à Melhoria Contínua e Sustentabilidade

Nesta secção, serão abordadas algumas das principais ferramentas de apoio à melhoria contínua, com enfoque nas suas características, objectivos e benefícios no âmbito da gestão de projectos e operações. Diversas metodologias estruturadas foram desenvolvidas para apoiar esta jornada, visando a sistematização da identificação de problemas, a definição de acções correctivas e a consolidação de práticas eficientes. A busca incessante pela melhoria contínua e pela sustentabilidade dos processos constitui um dos pilares centrais das organizações que adoptam os princípios da gestão *Lean*.

#### 3.4.1 Matriz A3

A metodologia *A3 Problem Solving* é uma abordagem estruturada para a resolução de problemas, amplamente utilizada no contexto do *Lean Manufacturing*. Esta metodologia, desenvolvida pela Toyota, baseia-se no ciclo PDCA, promovendo uma análise metódica e visualmente acessível para a identificação de problemas, desenvolvimento de soluções e implementação de melhorias sustentáveis (Matthews, 2018).

O nome da metodologia deriva do formato da folha de papel A3 (297×420 mm), que serve como suporte para a documentação estruturada de informações, incluindo a definição do problema, os objectivos a atingir, as causas identificadas, os planos de acção e as soluções implementadas. Para além disso, esta ferramenta sintetiza informações críticas, promovendo uma comunicação clara e eficaz no ambiente organizacional (Liker, 2020).

O desenvolvimento de uma Matriz A3 exige a recolha e apresentação de factos concretos, *feedbacks* dos actores e a identificação dos responsáveis pelos processos. Este procedimento cria um caminho claro e bem definido para a resolução do problema, assegurando a consistência durante todo o ciclo de desenvolvimento e após a sua conclusão. Além disso, esta abordagem promove uma cultura de colaboração e responsabilização, alinhada aos princípios do *Lean Manufacturing* (Sobek II & Smalley, 2010).

De acordo com Shook (2008), a metodologia *A3 Problem Solving* é sustentada por sete elementos-chave:

1. **Processo de raciocínio lógico:** Enraizado no ciclo PDCA e nos métodos científicos, encorajando os membros da organização a adoptar uma abordagem disciplinada e analítica na resolução de problemas;
2. **Objectividade:** A tomada de decisões baseia-se em dados concretos, promovendo a imparcialidade e a reconciliação de opiniões divergentes;
3. **Foco em resultados e processos:** Embora os resultados sejam fundamentais, a ênfase reside na implementação de processos eficazes e sustentáveis;
4. **Visualização de informação:** Utilização de ferramentas gráficas e sintéticas para facilitar a compreensão e reduzir a complexidade na comunicação;
5. **Alinhamento organizacional:** Promoção de uma comunicação multidimensional (horizontal, vertical e temporal) para garantir o consenso entre os intervenientes;
6. **Coerência interna e consistência externa:** Garantia de um fluxo lógico e alinhamento com os objectivos organizacionais em todas as etapas do relatório;
7. **Perspectiva sistémica:** Reconhecimento da interdependência entre os elementos do pensamento A3, promovendo uma abordagem integrada e robusta;

Este conjunto de princípios reforça a importância de uma metodologia bem estruturada e colaborativa, onde todos os membros da organização desempenham um papel activo na melhoria contínua e na resolução de problemas, de forma eficaz e consistente.

### Estrutura da Matriz A3

A Matriz A3 apresenta uma sequência lógica que guia os utilizadores pelas diferentes etapas de análise e resolução de problemas, desde a identificação inicial até à im-

plementação e padronização das soluções. A estrutura base da Matriz A3 inclui os seguintes elementos principais (Pinto, 2014).

Estes são, na prática, os passos sequenciais em que assenta a sua implementação Rossini et al. (2019).

- **Identificação do Tema:** Definição clara do problema a ser resolvido e do seu contexto;
- **Caracterização do Problema:** Identificação do estado actual (AS-IS) e caracterização dos problemas que motivaram o projecto ou acção;
- **Definição de Objectivos:** Definição do objectivo e do estado futuro (TO-BE) pretendido, detalhando a amplitude e o âmbito do projecto ou acção;
- **Análise das Causas-Raíz:** Investigação das causas subjacentes através de ferramentas como os 5W ou o Diagrama de Ishikawa;
- **Plano de Acção:** Elaboração de um plano detalhado para implementação das soluções propostas para atingir o estado futuro (TO-BE);
- **Verificação de Resultados:** Verificação da eficácia das acções implementadas e integração das soluções nos processos existentes, garantindo a sustentabilidade das melhorias;

O relatório A3 vai além de uma ferramenta técnica, assumindo um papel essencial no desenvolvimento organizacional. A utilização deste método proporciona uma visão sistémica, permitindo aos intervenientes compreender o problema em profundidade e colaborar na implementação de melhorias. Ele fomenta uma cultura de melhoria contínua, onde a resolução de problemas é abordada de forma colaborativa, transparente e orientada por dados. Este processo transforma a resolução de problemas numa oportunidade de aprendizagem e crescimento, capacitando as organizações a enfrentar desafios complexos e a manterem-se competitivas num mercado em constante mudança (Sobek II & Smalley, 2010).

Pereira et al. (2019) e Rossini et al. (2019) demonstram a aplicação da matriz A3 como ferramenta de sistematização de conhecimento em ambientes industriais.

### 3.4.2 Plano de Acções 5W2H

O plano de acções 5W2H é uma extensão da ferramenta dos “Cinco Porquês”, abordada anteriormente em 3.1.3, sendo uma ferramenta de gestão altamente eficaz utilizada para o planeamento e execução de tarefas e projetos. A sua metodologia baseia-se em sete perguntas essenciais que devem ser respondidas para garantir que uma acção esteja bem definida e que todos os aspetos do processo sejam contemplados de forma clara.

Estas sete perguntas são: *What?* (O que será feito?), *Why?* (Por que será feito?), *Where?* (Onde será feito?), *When?* (Quando será feito?), *Who?* (Quem irá fazer?),

*How?* (Como será feito?) e *How much?* (Quanto irá custar?) (Blanchard & Fabrycky, 2010; Harrington, 1991).

A aplicabilidade desta ferramenta vai além de sectores de produção específicos, sendo útil em projectos de diferentes dimensões e complexidades. A sua estrutura simples e directa ajuda a identificar as variáveis críticas de qualquer acção ou tarefa, garantindo que todas as partes envolvidas compreendam as suas responsabilidades e os objectivos do processo. Este método também facilita a comunicação e promove a organização, o que torna o planeamento e a execução das acções mais eficaz (Kaplan & Norton, 2000).

### Importância do Plano 5W2H na Gestão de Projectos

A importância do plano 5W2H reside na sua capacidade de proporcionar um guia claro e estruturado para a execução de qualquer projecto. Ao responder de forma objectiva a cada uma das perguntas, os gestores podem minimizar riscos, otimizar recursos e assegurar que todas as tarefas e responsabilidades sejam bem distribuídas. A clareza nas respostas a estas perguntas ajuda a reduzir a ambiguidade e a melhorar a tomada de decisões, o que resulta numa execução mais eficiente e sem falhas (Kerzner, 2013).

Cada uma das perguntas do plano 5W2H oferece uma perspectiva específica sobre o processo, permitindo que todos os pontos essenciais, como prazos, custos, objectivos e responsabilidades, sejam claramente definidos antes do início da execução. A sua aplicação permite uma gestão eficaz do tempo e dos recursos, além de garantir que todos os aspectos do projecto sejam contemplados (Oakland et al., 2020).

A utilização do plano 5W2H oferece várias vantagens, entre as quais se destacam (Besterfield et al., 2003):

- **Clareza e Objectividade:** A estrutura simples e directa das perguntas assegura que todas as acções sejam claramente definidas, evitando ambiguidades;
- **Facilidade de Implementação:** O plano 5W2H é de fácil aplicação em projectos de diferentes tipos, independentemente da sua complexidade;
- **Monitorização e Controlo:** Com todas as informações bem definidas, é possível monitorizar o progresso e tomar decisões informadas sobre ajustes ou melhorias;
- **Eficiência na Gestão de Recursos:** Ao garantir que os recursos necessários, prazos e responsabilidades são claros, o 5W2H ajuda a otimizar o uso de tempo, recursos financeiros e esforços;

Estas vantagens tornam o plano 5W2H uma ferramenta valiosa para qualquer tipo de gestão de projectos, especialmente em ambientes que exigem eficiência e clareza no processo de execução.

A *checklist* na tabela 3.6 oferece uma versão simplificada e sintetizada das perguntas do plano 5W2H. Esta abordagem facilita a organização rápida e eficaz das informações

essenciais para a execução de qualquer acção ou projecto. Cada uma das perguntas foca-se num ponto chave, permitindo que a análise do plano de acção seja abrangente e sem ambiguidades. A sequência tabelada ajuda a estruturar as informações necessárias, assegurando que todos os aspectos relevantes sejam tratados de forma clara e eficiente.

**Tabela 3.6: Checklist de verificação 5W2H (adaptado de Pinto (2014)).**

| Pergunta                     | Respostas/Objectivos                                                                                                                                              |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Who?</i><br>(Quem)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quem é responsável pela acção?</li> <li>• Quem está envolvido no processo?</li> </ul>                                    |
| <i>Where?</i><br>(Onde)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual o local da execução?</li> <li>• Onde serão utilizados os recursos?</li> </ul>                                       |
| <i>What?</i><br>(O quê)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• O que exactamente será feito?</li> <li>• Qual é o objectivo principal da acção?</li> </ul>                               |
| <i>When?</i><br>(Quando)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual o prazo para a execução?</li> <li>• Quando a acção começa e termina?</li> </ul>                                     |
| <i>Why?</i><br>(Porquê)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual a razão para realizar esta acção?</li> <li>• Por que esta acção é necessária para o sucesso do projecto?</li> </ul> |
| <i>How?</i><br>(Como)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais métodos serão usados para alcançar o objectivo?</li> <li>• Como a execução será organizada e realizada?</li> </ul> |
| <i>How much?</i><br>(Quanto) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual o custo estimado da acção?</li> <li>• Quais os recursos financeiros necessários?</li> </ul>                         |

Esta *checklist* é uma ferramenta eficaz para garantir que todas as questões de decisão

essenciais sejam abordadas, desde as responsabilidades envolvidas até aos recursos necessários para a execução de uma acção. A utilização deste formato, não apenas organiza as informações de forma prática, mas também permite um acompanhamento contínuo das acções e responsabilidades ao longo do processo. Assim, a gestão do projecto torna-se mais clara, as decisões mais informadas e a execução mais fluida, reduzindo os riscos de falhas e aumentando a probabilidade de sucesso.

Aplicações da metodologia 5W2H a nível industrial são inúmeras, delas se destacando, por exemplo, Kuligovski et al. (2020) e Luo et al. (2024).

### 3.4.3 Diagrama de Gantt

O Diagrama de Gantt é uma das ferramentas mais antigas e amplamente utilizadas na gestão de projectos, sendo uma representação gráfica das tarefas que compõem o projecto e das suas interdependências ao longo do tempo. Criado por Henry L. Gantt no início do Séc. XX, este método (ou representação) continua a ser muito relevante, com variações modernas que o tornam ainda mais útil em diversas áreas, incluindo a construção, a engenharia e a gestão de processos (Courtois et al., 2011).

#### Função na gestão de projecto

O Diagrama de Gantt está intimamente relacionado com as três funções essenciais na gestão de um projecto, que são o planeamento, a execução e o controlo. O seu papel no planeamento é fundamental, uma vez que permite estruturar as diferentes tarefas a serem realizadas, definindo claramente as datas de início e fim de cada uma delas, bem como a sua duração e interdependência. Durante a fase de execução, o diagrama serve como uma ferramenta visual para monitorizar o progresso das tarefas em tempo real, identificando eventuais desvios no cronograma. No controlo, é possível comparar o progresso real com o previsto e tomar decisões correctivas, caso necessário, para garantir que os objectivos do projecto sejam alcançados dentro dos prazos estabelecidos (Project Management Institute, 2017).

#### Estrutura do Diagrama

O Diagrama de Gantt apresenta-se como um gráfico de barras, onde cada linha representa uma tarefa a realizar, e cada barra, com uma duração proporcional, reflete o tempo estimado para completar a tarefa. A posição da barra ao longo da linha do tempo depende da sequência de dependências entre as tarefas. As tarefas que precisam ser realizadas em sequência são representadas com barras alinhadas de acordo com os seus tempos de início e fim. Para garantir uma visualização eficaz do cronograma, é essencial incluir não apenas as datas, mas também as interdependências entre as tarefas (Lock, 2020).

O Diagrama de Gantt permite também o escalonamento das tarefas; isto é, a definição de quando cada tarefa deve começar e terminar, levando em consideração factores como a duração das operações e as relações de precedência entre elas. Em projectos complexos, é possível definir diferentes modos de gestão das prioridades para determinar a ordem de execução das tarefas. Uma abordagem clássica é dar prioridade à tarefa com o prazo de entrega mais próximo, enquanto outras podem priorizar tarefas de menor duração ou aquelas com menor folga de tempo (Courtois et al., 2011). A flexibilidade e a capacidade de adaptação às necessidades específicas do projecto fazem do Diagrama de Gantt uma ferramenta eficaz na gestão de prioridades.

Além da visualização das tarefas e dos prazos, o Diagrama de Gantt também pode ser utilizado para identificar folgas, ou seja, o tempo que pode ser atrasado numa tarefa sem afectar o prazo total do projecto. Este conceito de folga oferece flexibilidade na gestão, permitindo que algumas tarefas sejam adiadas sem prejudicar o progresso global do projecto. Em projectos mais dinâmicos, é possível aplicar a técnica de sobreposição, que envolve a execução simultânea (processamento em paralelo) de tarefas ou o início de uma tarefa antes da conclusão da anterior, com o objectivo de reduzir o tempo total de execução do projecto (Burke, 2013).

#### 3.4.4 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é um modelo amplamente utilizado nas áreas de gestão da qualidade e melhoria contínua. A sua origem é atribuída a William Edwards Deming, que o apresentou no Japão na década de 1950, mas deve-se também a Walter Shewhart, que, em 1939, formalizou um modelo de ciclos que mais tarde serviu de inspiração para Deming (Ishikawa, 1985). Embora o conceito de ciclos repetitivos tenha raízes profundas na prática científica, foi com Shewhart e Deming que este modelo foi formalizado e estruturado para a melhoria contínua e resolução de problemas de gestão da qualidade, consolidando-se como um marco no desenvolvimento da gestão de processos.

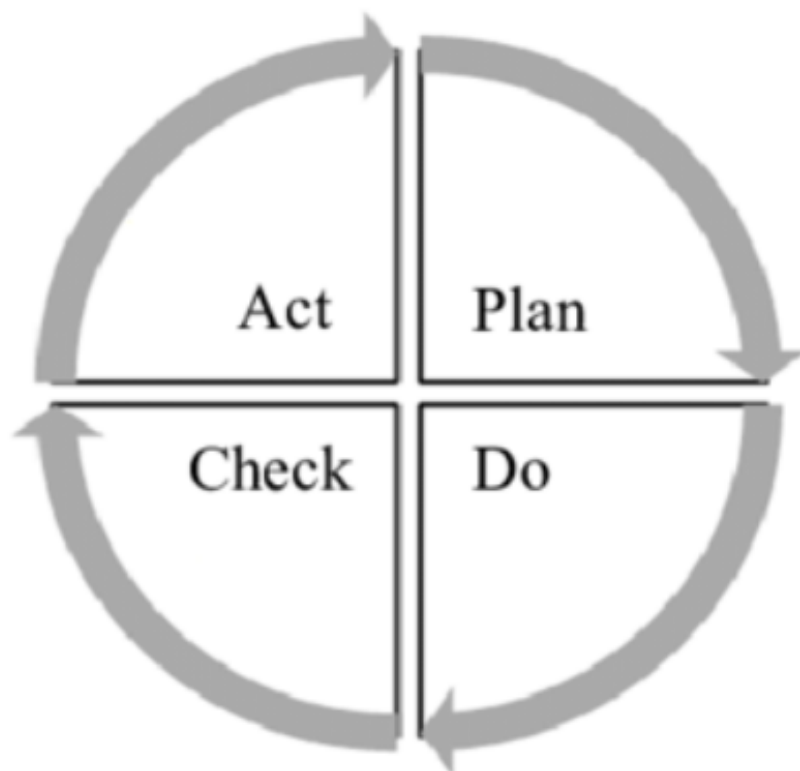
A estrutura do ciclo PDCA é simples e eficaz, organizada em quatro etapas principais que se repetem de forma cíclica. A sua aplicação visa garantir a melhoria contínua, sendo utilizado tanto para aperfeiçoamento de processos quanto para a resolução de problemas. As fases do ciclo são (Benedict & Veilleux, 1983):

1. (*P*) *Plan* - Planeamento: A primeira fase consiste no planeamento da acção ou da mudança necessária. Aqui, deve-se identificar claramente o problema ou a oportunidade de melhoria, estabelecer os objectivos e definir as acções necessárias para alcançar os resultados desejados. É uma fase estratégica onde se desenha o plano de acção, com a definição de metas e recursos necessários.
2. (*D*) *Do* - Execução: Após o planeamento, passa-se à execução da acção ou da mudança proposta. Nesta etapa, implementam-se as soluções ou testes definidos

na fase anterior. A execução deve ser feita de acordo com o plano estabelecido, mas com a flexibilidade para ajustes rápidos, caso necessário.

3. (C) *Check* - Verificação: Após a execução, é essencial avaliar os resultados obtidos. Nesta fase, comparam-se os resultados reais com os esperados, analisando-se os desvios e identificando as suas causas. A análise de dados é crucial para entender o que funcionou, o que não funcionou e o que precisa de melhorias. Dependendo da avaliação, pode-se decidir entre continuar, ajustar ou repensar a abordagem.
4. (A) *Act* - Acção: A fase final consiste em tomar decisões com base nos resultados da verificação. Se os resultados forem satisfatórios, as mudanças implementadas podem ser consolidadas e transformadas em novos padrões. Caso contrário, o ciclo retorna à fase (P), onde o planeamento é revisto e ajustado para uma nova tentativa.

O carácter cíclico da ferramenta é demonstrado na Figura 3.3:



**Figura 3.3: Representação esquemática do Ciclo PDCA.**

Fonte: (Chakpitak et al., 2015))

Essas quatro etapas são repetidas ciclicamente até que se atinja o resultado desejado, o que torna o ciclo PDCA uma ferramenta poderosa para a melhoria contínua e a adaptação constante. Este processo iterativo permite que as organizações aprendam com os erros, ajustem as suas abordagens e alcancem resultados cada vez mais eficazes.

Ao aplicar o ciclo de forma estruturada e iterativa, as organizações, não só melhoram os seus processos e resolvem problemas, mas também estabelecem uma base sólida para resultados sustentáveis e a longo prazo, garantindo uma evolução contínua e maior eficiência. Por isso, o ciclo PDCA não é apenas uma ferramenta, mas uma estratégia fundamental para o sucesso duradouro de qualquer organização (Vargas et al., 2024).

O ciclo PDCA trata-se, portanto, de uma ferramenta essencial para qualquer organização que aspire à melhoria contínua e à inovação constante. A sua simplicidade torna-o acessível a todos, independentemente do nível técnico dos colaboradores das empresas, permitindo a sua aplicação em diversos contextos. No entanto, a sua verdadeira eficácia é muitas vezes subestimada, sendo que o sucesso depende da capacidade de adaptar as soluções às realidades concretas de cada situação.

O anel PDCA está perfeitamente integrado na prática comum das empresas, como ferramenta de melhoria contínua. A sua implementação e uso corrente é reportado em inúmeros trabalhos, como por exemplo Ghatorha et al. (2021), Jagusiak-Kocik (2017) e Milosevic et al. (2021).

### 3.4.5 Procedimento Operacional Padronizado

A ficha do Procedimento Operacional Padronizado (*Standard Operating Procedure* ((SOP), em literatura inglesa), constitui uma ferramenta fundamental para assegurar a eficiência, a previsibilidade e a melhoria contínua dos processos organizacionais. De acordo com Werkema (2011), a SOP visa orientar a execução de atividades específicas com o objetivo de atingir os resultados pretendidos, minimizando riscos e perdas nos processos produtivos e administrativos. A padronização, segundo a autora, é um meio essencial para alcançar os melhores resultados possíveis, não sendo um fim em si mesma.

Liker (2020) reforça que a padronização é a base sobre a qual se edifica a melhoria contínua. Ao tornar os fluxos de trabalho previsíveis e transparentes para todos os envolvidos, reduz-se a variabilidade dos processos e cria-se um ambiente propício à identificação e resolução de problemas. Assim, ao definir previamente todas as variáveis associadas a uma atividade, racionaliza-se a execução das tarefas, mitigando erros e promovendo maior estabilidade operacional.

Importa salientar que o objetivo do trabalho padronizado não é restringir a criatividade dos colaboradores, mas sim assegurar que todos conheçam e sigam um método consistente de trabalho, promovendo a eficiência e a qualidade. Para tal, Tapping e Shuker (2003) destacam algumas diretrizes essenciais para a sua implementação eficaz, como a colaboração na definição dos métodos mais eficientes, a promoção do trabalho em equipa e o respeito pelo *takt time* — o ritmo de produção necessário para atender à procura.

Complementando esta visão, Dennis (2007) identifica três elementos fundamentais do

trabalho padronizado: o *takt time*, a sequência de trabalho e o *stock* em processo. Estes componentes permitem sincronizar o ritmo de produção com a procura, balancear as operações e minimizar os *stocks* intermediários, assegurando a estabilidade e a fluidez do sistema produtivo. Na filosofia da Toyota, o objetivo do *Standardized Work* é eliminar ineficiências e reduzir custos, mantendo apenas o número mínimo de operadores necessários para garantir uma produção eficiente, segura e de alta qualidade.

Por fim, no contexto específico das operações de produção, Mann (2017) define o trabalho padronizado como um conjunto de especificações aplicadas a estações de trabalho específicas, determinando a sequência e a duração das operações. O objetivo principal é assegurar que todos os operadores executem as tarefas de forma uniforme e dentro do *takt time*, contribuindo para a redução de desperdícios e a melhoria sustentada do desempenho.

A implementação bem-sucedida do trabalho padronizado contribui para a estabilização dos processos, facilita a formação de novos colaboradores, aumenta a segurança no trabalho e impulsiona o alcance de metas de produtividade, qualidade, custo e *lead time* (Dennis, 2007).

Obara e Wilburn (2012) alertam, no entanto, para a necessidade de validar o processo antes de proceder à sua padronização. Caso contrário, corre-se o risco de perpetuar práticas incorretas. A padronização deve, assim, ser precedida de um controlo rigoroso do processo, assegurando que os métodos estabelecidos são efetivamente os mais adequados para alcançar os objetivos pretendidos.

De uma forma geral, a SOP representa o culminar estruturante da gestão *Lean*, promovendo a padronização das boas práticas, a eficiência e a cultura de melhoria contínua nas organizações. Ao disseminar o conhecimento e a experiência organizacional, reduz-se a variabilidade, aumentam-se os níveis de desempenho e cria-se uma base sólida para a evolução sustentada dos processos.

## 4 CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO INICIAL

Este capítulo apresenta uma caracterização crítica e sistemática do estado inicial (*AS-IS*) do armazém de ferragens, estabelecendo a base empírica e analítica para a definição das acções de melhoria. A análise recorre a ferramentas reconhecidas no mundo da EGI, com o objectivo de identificar disfunções estruturais, operacionais e comportamentais com impacto na gestão de *stock*.

A abordagem iniciou-se com o levantamento físico e modelação do *layout* do armazém utilizando *software* CAD. Esta tarefa foi levada a cabo com o intuito de visualizar em computador a planta do armazém, de modo a compreender as limitações espaciais e operacionais. Seguiu-se uma auditoria interna baseada nos princípios dos 5S, complementada por uma análise causal (5W e Diagrama de *Ishikawa*) e uma avaliação de riscos logísticos através da metodologia FMECA.

Para rematar o diagnóstico, foi realizada uma análise ABC ao inventário, segmentando os artigos por classes com base no respectivo valor de *stock* (produto entre a quantidade existente em armazém e o preço unitário). Esta abordagem permitiu distinguir itens de **Classe A** (elevado valor e impacto logístico), **Classe B** (impacto intermédio) e **Classe C** (baixo valor e rotação de *stock*).

Esta segmentação revelou-se fundamental para priorizar a arrumação de materiais por categoria de artigo. Com base na análise funcional e espacial do armazém, os artigos foram agrupados em três grandes categorias operacionais: **Dobradiças e Puxadores**, **Pecas de Fixação de Vidro e Consumíveis e Acessórios de Produção**. Estas categorias foram distribuídas estrategicamente ao longo dos corredores de arrumação, de modo a alinhar o critério de valor económico, resultante da análise ABC, com a acessibilidade física no espaço de armazenagem. Para tal, definiu-se a seguinte lógica de alocação:

- **Produtos de Classe A:** colocados nas zonas mais próximas do local de expedição e com maior facilidade de acesso, por representarem os itens de maior valor e impacto logístico;
- **Produtos de Classe B:** posicionados em localizações intermédias, dado o seu valor e rotação moderados;
- **Produtos de Classe C:** alocados às zonas mais periféricas do armazém, por apresentarem menor valor económico e frequência de utilização.

Esta organização estratégica visa reduzir o tempo e o esforço despendidos nas operações de separação, minimizar deslocações dos operadores, facilitar a reposição e o

controlo de inventário, e promover a eficiência global dos fluxos logísticos do armazém.

A sequência metodológica adoptada é a seguir apresentada:

1. Modelação do *layout* actual com recurso a *software* CAD;
2. Auditoria 5S com observação directa no *Gemba*;
3. Diagnóstico causal com 5W e Diagrama de *Ishikawa*;
4. Avaliação de riscos logísticos com FMECA;
5. Análise ABC para segmentação do inventário;
6. Integração dos resultados numa tabela consolidada de causas, riscos e implicações logísticas.

A análise desenvolvida neste capítulo fundamenta a definição das propostas de melhoria apresentadas no Capítulo 5, e constitui um passo essencial na preparação da futura integração de um sistema WMS com o ERP da organização.

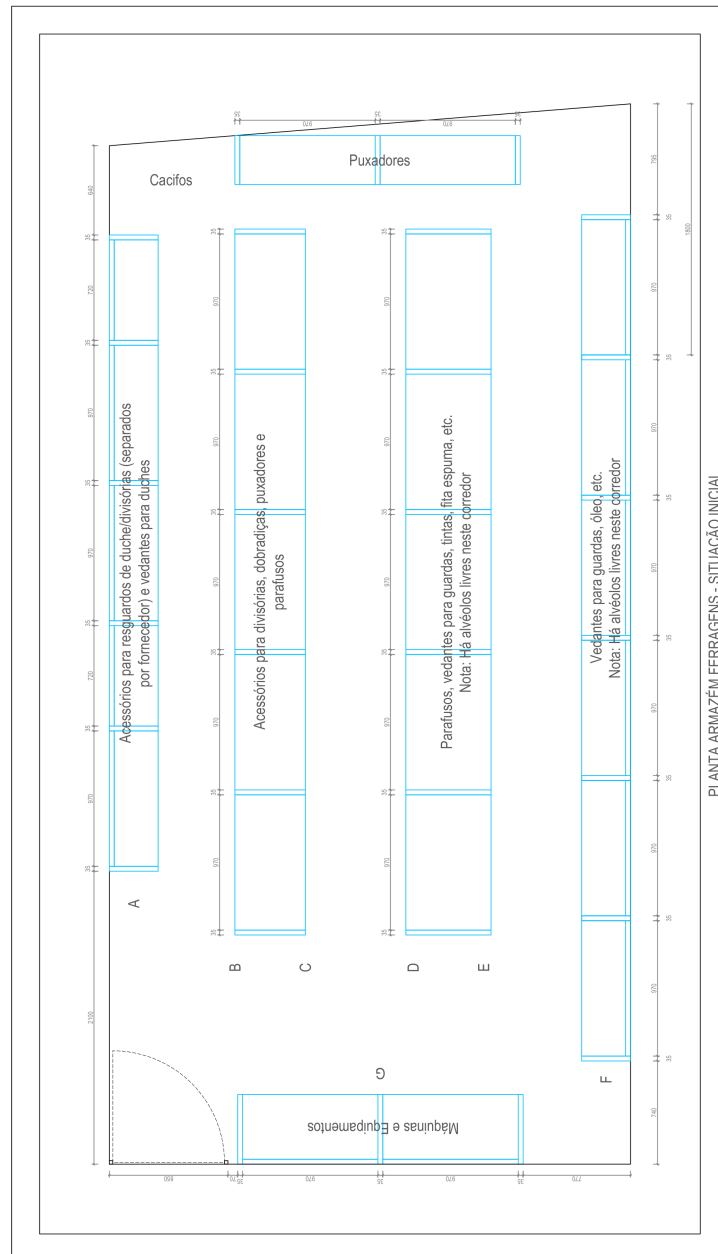


**Figura 4.1: Sequência metodológica do diagnóstico**

A Figura 4.1 ilustra a racionalidade da abordagem metodológica adoptada: parte-se de uma observação directa no terreno (auditoria 5S), evolui-se para a compreensão das causas dos problemas detectados (5W e Diagrama de *Ishikawa*), prossegue-se com a avaliação do risco logístico associado a cada falha (FMECA), e termina-se com a segmentação do inventário com base em critérios económicos (Análise ABC). De forma holística, esta sequência permite efectuar não só um diagnóstico robusto e multidimensional, como também uma priorização fundamentada das acções de melhoria.

## 4.1 Representação do *Layout* do Armazém

A disposição dos materiais dentro do armazém pode ser observada no diagrama CAD apresentado na Figura 4.2 ou no **Anexo A – Planta do Armazém de Ferragens** (também disponível na página 130, para uma melhor visualização).



**Figura 4.2: Planta do armazém – Situação inicial**

Fonte: Elaboração própria.

A análise da planta permite uma primeira compreensão da disposição física dos corredores e da localização das estantes no espaço, bem como das dimensões disponíveis para circulação e armazenamento. O armazém é constituído por uma estrutura de organização linear, composta por seis corredores principais (designados de “A” a “F”), cada um deles com estantes que se estendem ao longo do comprimento do armazém. Para além destas, ainda existe uma estante auxiliar designada com a letra “G”, com máquinas e equipamentos de apoio ao Serviço de Produção e de Montagens.

## 4.2 Auditoria Inicial aos 5S do Armazém

No âmbito da realização do presente projecto de melhoria da gestão e do controlo de *stock* deste armazém, procedeu-se à realização de uma auditoria interna com base na metodologia dos 5S, com o intuito de diagnosticar o estado actual da organização física do espaço, dos procedimentos e das práticas de arrumação e separação dos materiais, bem como das rotinas de limpeza e disciplina operacional. Esta análise permitiu identificar as principais lacunas e oportunidades de melhoria, servindo de base para a elaboração de um plano de acção estruturado, que será apresentado no Capítulo 5.

A auditoria foi conduzida pelo autor desta dissertação, em articulação com dois responsáveis operacionais do armazém, garantindo uma perspectiva multidisciplinar e alinhada com a realidade prática. Esta avaliação decorreu no *Gemba*, durante o mês de Novembro de 2024, no âmbito do diagnóstico inicial do presente projecto, e os resultados serão apresentados nas próximas secções. Cada senso (S) foi avaliado com base nos critérios previamente definidos, sendo a pontuação atribuída após análise conjunta da evidência observada. A frequência da avaliação foi pontual, correspondendo a uma auditoria de diagnóstico inicial, mas com potencial para replicação periódica no futuro, como ferramenta de monitorização contínua da melhoria organizacional.

A avaliação foi formulada com base nos cinco sentidos da metodologia japonesa 5S (ver a Secção 3.1.1 para uma introdução formal à ferramenta), tendo sido definidos critérios específicos de análise para cada senso a avaliar, que permitiram aferir o grau de conformidade da situação observada face às boas práticas preconizadas. A cada senso foi atribuída uma pontuação numa escala de 0 a 20, em função do nível de implementação verificado no local.

As pontuações apresentadas na Tabela 4.1 resultam da aplicação de uma grelha de avaliação previamente definida, com base em critérios objectivos estabelecidos *a priori* da realização da auditoria interna ao armazém.

**Tabela 4.1: Critérios de Avaliação — Auditoria Interna 5S**

| <i>Score</i> | <b>Avaliação</b>   | <b>Critério</b>                                                 |
|--------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 0            | Muito Insuficiente | Actividades não realizadas                                      |
| 5            | Insuficiente       | Actividades pouco executadas e/ou mal implementadas             |
| 10           | Suficiente         | Actividades implementadas, mas com grande potencial de melhoria |

(continua na próxima página)

| Score | Avaliação | Critério                                                                  |
|-------|-----------|---------------------------------------------------------------------------|
| 15    | Bom       | Actividades realizadas de forma sistemática, mas com espaço para melhoria |
| 20    | Excelente | Actividades muito bem implementadas e realizadas de forma sistemática     |

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.1 Seiri — Utilização/Separação

O senso *Seiri* representa o primeiro passo do programa 5S e visa garantir que apenas os materiais e equipamentos estritamente necessários permanecem no local de trabalho. Este princípio baseia-se na separação entre o que é útil e o que é supérfluo ou não agrega valor, com o objectivo de eliminar desperdícios, libertar espaço e melhorar a eficiência operacional. A correcta aplicação do *Seiri* permite criar um ambiente mais funcional, seguro e visualmente agradável, promovendo a fluidez dos processos logísticos e a redução de erros.

A Figura 4.3 apresenta os resultados obtidos na avaliação interna do senso *Seiri*:

| Fase 5S                              | Nº                 | Itens a Avaliar        | Descrição                                                                                  | Pontuação (0-20) |   |    |    |    | Score | Observações                                                                                                                     |
|--------------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|----|----|----|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      |                    |                        |                                                                                            | 0                | 5 | 10 | 15 | 20 |       |                                                                                                                                 |
| SEIRI<br>(Utilização /<br>Separação) | 1S.1               | Materiais ou Peças     | No Armazém estão apenas arrumados materiais em conformidade?                               |                  | X |    |    |    | 5     | Há casos pontuais de material Não Conforme armazenado juntamente com material Conforme;                                         |
|                                      | 1S.2               | Máquina e Equipamentos | No Armazém não existem máquinas e/ou equipamentos obsoletos ou desnecessários?             |                  |   |    | X  |    | 15    | A maioria das máquinas existentes estão funcionais, no entanto foram detetadas máquinas avariadas (rebarbadora, aparafusadora); |
|                                      | 1S.3               | Pavimento              | No armazém não existem materiais ou objetos espalhados pelo chão e no meio dos corredores? |                  | X |    |    |    | 5     | Sim, foram detetados materiais espalhados pelo chão e no meio dos corredores, a limitar a circulação;                           |
|                                      | 1S.4               | Acessibilidade         | A acessibilidade a produtos/acessórios utilizados diariamente é adequada?                  |                  |   | X  |    |    | 10    | Sim, excepto na acessibilidade a uma das estantes (estante do fundo do corredor c/ puxadores);                                  |
|                                      | 1S.5               | Aspetto Visual         | O aspeto visual do armazém é agradável?                                                    |                  | X |    |    |    | 5     | Apesar de relativamente limpo, o armazém apresenta alguma desorganização e limitações de espaço;                                |
|                                      | Pontuação Média 1S |                        |                                                                                            |                  |   |    |    |    | 8     |                                                                                                                                 |

Figura 4.3: Resultados da Auditoria Interna ao 1S — *Seiri*

Fonte: Elaboração própria.

A análise dos resultados evidencia fragilidades estruturais na aplicação do senso, nomeadamente no que respeita à separação e triagem de materiais. Verificou-se a coexistência entre artigos conformes, peças obsoletas e materiais danificados, armazenados sem qualquer critério visível de segregação ou codificação de estado. Esta situação compromete de forma significativa a fiabilidade do inventário, podendo originar discrepâncias entre o *stock* físico e os dados registados no *ERP*, nomeadamente no que respeita à disponibilidade de produtos que, estando fisicamente danificados, continuam a constar como válidos no sistema.

Embora a ausência de um sistema formal de *picking* ainda limite o impacto directo na localização dos artigos durante a operação, o risco principal reside na possibilidade

de expedição de materiais não conformes para o cliente final, o que comprometeria a qualidade do serviço, assim como atrasos ou falhas em obra, para além de poder afectar a reputação da empresa e, em casos mais graves, a relação contratual com o cliente. Trata-se, portanto, de uma falha que, embora física e visivelmente simples de colmatar, possui implicações críticas a nível de controlo de qualidade e da fiabilidade da informação logística.

A Figura 4.4 corrobora esta realidade, ilustrando a acumulação desordenada de materiais em diferentes estados de utilização. Observa-se a presença de caixas com peças misturadas, ferramentas avariadas não sinalizadas e artigos armazenados directamente no chão ou em zonas de circulação, sem qualquer tipo de classificação visual ou funcional.



**Figura 4.4: Registo Fotográfico da Auditoria — Seiton**

Fonte: Elaboração própria.

Apesar da existência pontual de sinalética indicando materiais não conformes, como se observa na figura acima, o espaço apresenta uma desorganização generalizada e uma clara ausência de critérios sistemáticos de triagem, segregação e codificação de estado funcional (activo, devolvido, danificado). A acumulação de artigos em caixas diversas, misturados e sem etiquetagem visível, compromete não apenas a rastreabilidade como também a fiabilidade do controlo de *stock* e a operacionalidade das actividades logísticas.

A coexistência de materiais em diferentes estados de uso, sem distinção física ou visual adequada, reflecte a ausência de práticas padronizadas de verificação, descarte periódico e gestão visual dos recursos. A mera presença de uma folha de papel com indicação “produto não conforme” revela um esforço incipiente e isolado, insuficiente para sustentar uma cultura organizacional de rigor e eficiência logística.

Adicionalmente, ainda que os corredores aparentem algum grau de agrupamento funcional, a falta de padronização e de critérios de frequência, criticalidade ou rotatividade na arrumação dos itens torna o espaço susceptível a congestionamentos e à ocupação desnecessária de espaço de armazenamento.

A pontuação média de 8.0 pontos atribuída neste senso corrobora um desempenho manifestamente insatisfatório, posicionando-se abaixo dos níveis desejáveis para ambientes logísticos industriais orientados por boas práticas *Lean*. Este diagnóstico evidencia a necessidade urgente de institucionalizar rotinas de triagem, descarte e organização, suportadas por sistemas visuais fiáveis e envolvimento contínuo da equipa.

#### 4.2.2 *Seiton* — Organização/Arrumação

O segundo senso, *Seiton*, corresponde à organização eficiente dos materiais no posto de trabalho e no armazém. O seu objectivo é garantir que cada item tenha um local definido, acessível e adequado à sua função e frequência de uso. A correcta aplicação deste senso contribui para a redução do tempo de procura, aumento da segurança e melhoria da fluidez das operações logísticas internas.

A Figura 4.5 apresenta os resultados da auditoria interna realizados ao senso *Seiton*, permitindo identificar os principais aspectos avaliados e os domínios onde se verificaram maiores fragilidades.

|                                            |                           |                            |                                                                                                                                                   |   |   |   |   |    |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SEITON</b><br>(Organização / Arrumação) | <b>2S.1</b>               | Arrumação                  | As ferramentas e os materiais são arrumados no sítio correto após a sua utilização?                                                               |   | X |   |   | 5  | Depende, por norma o material é arrumado após a sua utilização, no entanto há falhas na arrumação do material proveniente de obra;                                                                                                                           |
|                                            | <b>2S.2</b>               | Identificação              | Todos os materiais/acessórios encontram-se devidamente identificados?                                                                             |   |   | X |   | 10 | Os materiais encontram-se embalados e identificados tal como foram recepcionados do fornecedor, não estando os produtos identificados com qualquer tipo de código interno;                                                                                   |
|                                            | <b>2S.3</b>               | Disposição dos Materiais   | A disposição dos materiais permite o uso e a arrumação dos materiais de uma forma simples? Cada ferragem tem a sua localização?                   |   |   |   | X | 15 | Sim, do que está implementado, cada ferragem tem a sua localização, no entanto não há registo informático dos movimentos físicos;                                                                                                                            |
|                                            | <b>2S.4</b>               | Indicadores de Localização | As prateleiras e outros espaços de arrumação estão marcados com indicadores de localização (alvéolos)?                                            |   |   | X |   | 10 | Embora as estantes estejam identificadas com uma letra (A, B, C, ...), esta identificação é meramente visual, não tendo qualquer relevância para o rastreamento das peças no armazém; Para além disso, a estante do fundo do corredor não está identificada; |
|                                            | <b>2S.5</b>               | Indicadores de Categoria   | Os materiais/acessórios encontram-se arrumados por categoria?                                                                                     |   |   |   | X | 15 | Sim, há um esforço para separar os materiais por categoria, no entanto há espaço para melhoria neste aspeto;                                                                                                                                                 |
|                                            | <b>2S.6</b>               | Indicadores de Quantidade  | Estão consideradas quantidades máximas e mínimas para cada produto (Kanban)?                                                                      | X |   |   |   | 0  | Não, há material em stock das ferragens com maior rotatividade de stock (Análise ABC?) e por norma fazem-se encomendas apenas quando há a abertura de uma OF;                                                                                                |
|                                            | <b>2S.7</b>               | Marcações no Pavimento     | São utilizadas linhas ou marcações no pavimento para delimitar os corredores, espaços de arrumação e pontos de entrada e expedição dos materiais? | X |   |   |   | 0  | Não, assim como o chão não está delimitado, também não está definida uma zona de expedição e de recepção (fornecedor ou de obra) dos produtos;                                                                                                               |
|                                            | <b>2S.8</b>               | Produtos Químicos          | Os produtos químicos estão devidamente identificados e são arrumados em local apropriado quando não estão a ser utilizados?                       |   | X |   |   | 5  | Os produtos químicos (silicones, tintas, álcool, etc.) estão armazenados juntamente com outros artigos;                                                                                                                                                      |
|                                            | <b>Pontuação Média 2S</b> |                            |                                                                                                                                                   |   |   |   |   |    | 7,5                                                                                                                                                                                                                                                          |

**Figura 4.5: Resultados da Auditoria Interna ao 2S — *Seiton***

Fonte: Elaboração própria.

A análise dos dados revela inconsistências na aplicação do senso. Verificou-se que, apesar de algumas prateleiras estarem identificadas com códigos alfanuméricos, não existe uma lógica de localização integrada nem um sistema visual de apoio que permita a rápida identificação dos materiais. A ausência de marcações no pavimento, zonas de recepção e expedição bem definidas, e etiquetas padronizadas, compromete a coerência do *layout* físico e a organização funcional do espaço.

A Figura 4.6 evidencia fragilidades na aplicação do senso *Seiton*, ilustrando uma zona de armazenamento onde predominam práticas desordenadas de arrumação. Apesar da presença de estantes metálicas e caixas plásticas que, à partida, poderiam sugerir um sistema estruturado, observa-se uma ocupação excessiva e desorganizada dos compartimentos, com coexistência de artigos distintos (embalagens, ferramentas, consumíveis, manuais e resíduos) sem qualquer lógica funcional de agrupamento.

Foram também identificadas falhas críticas, tais como a inexistência de um sistema de controlo de níveis de *stock* (mínimos e máximos), a ausência de cartões *Kanban*, e a mistura de produtos químicos com outros materiais, contrariando as boas práticas de segregação e segurança.



**Figura 4.6: Registo Fotográfico da Auditoria — *Seiton***

Fonte: Elaboração própria.

Além disso, os objectos estão distribuídos de forma aleatória, sem critérios de frequên-

cia de utilização, função ou acessibilidade, contrariando o princípio fundamental do *Seiton*: “um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”. A ausência de etiquetas visíveis ou de sinalização padronizada compromete a rápida identificação dos itens e aumenta o risco de perda de tempo, assim como pode levar a erros na separação de pedidos.

Embora existam tentativas pontuais de contenção com caixas individuais, estas não estão identificadas nem seguem um padrão visual coerente, o que dificulta o entendimento imediato do conteúdo de cada compartimento.

No global, a pontuação média de 7.5 pontos atribuída ao senso *Seiton* reflecte um nível intermédio de maturidade. Apesar de alguns esforços pontuais de organização, a auditoria evidencia que o sistema de arrumação permanece desestruturado e com margem significativa para evolução em direcção a uma abordagem mais sistemática e funcional.

### 4.2.3 *Seiso* — Limpeza

O terceiro senso, *Seiso*, corresponde à limpeza sistemática do local de trabalho, abrangendo pavimentos, equipamentos, estruturas e instalações em geral. O seu objectivo é criar um ambiente higiénico, seguro e agradável, que contribua para o bem-estar dos colaboradores, a prevenção de falhas e o bom funcionamento das operações.

A Figura 4.7 apresenta os resultados da auditoria interna ao senso *Seiso*, permitindo avaliar o estado de aplicação deste princípio nas práticas de limpeza do armazém.

|                            |                           |                              |                                                                                            |   |   |   |   |  |              |                                                                                                                                                    |
|----------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|--|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SEISO<br/>(Limpeza)</b> | <b>3S.1</b>               | Pavimento                    | O pavimento está limpo e livre de resíduos (óleo, pó, lixo, etc.)?                         |   |   |   | X |  | 15           | O pavimento está ligeiramente degradado, mas os corredores encontram-se limpos, apesar da desorganização;                                          |
|                            | <b>3S.2</b>               | Máquinas e Equipamentos      | As máquinas e os equipamentos guardados no armazém estão limpos e encontram-se funcionais? |   |   |   | X |  | 15           | No geral, as máquinas encontram-se limpas, mas duas ferramentas (rebarbadora e aparafusadora) não funcionam;                                       |
|                            | <b>3S.3</b>               | Contentores de Resíduos      | O armazém possui contentores para descarte de resíduos (plástico, cartão, metais, lixo)?   |   | X |   |   |  | 5            | O armazém possui apenas um caixote para o descarte do lixo geral, não existindo caixotes de lixo para a reciclagem ou para outro tipo de resíduos; |
|                            | <b>3S.4</b>               | Checklist de Limpeza         | Existe alguma checklist para a limpeza do armazém? Essa informação está exposta?           | X |   |   |   |  | 0            | Não, não há nenhuma checklist para a limpeza do armazém;                                                                                           |
|                            | <b>3S.5</b>               | Responsabilidades de Limpeza | Está definido quem são os responsáveis da limpeza? Essa informação está afixada?           |   |   | X |   |  | 10           | Sim, há uma pessoa responsável pela limpeza, normalmente a pessoa que está no armazém, no entanto a informação não está afixada;                   |
|                            | <b>3S.6</b>               | Rotinas da Limpeza           | Os colaboradores limpam o espaço com frequência e o armazém encontra-se limpo.             |   |   |   | X |  | 15           |                                                                                                                                                    |
|                            | <b>Pontuação Média 3S</b> |                              |                                                                                            |   |   |   |   |  | <b>10,00</b> |                                                                                                                                                    |

**Figura 4.7: Resultados da Auditoria Interna ao 3S — *Seiso* (Limpeza)**

Fonte: Elaboração própria.

A análise revela que, apesar de algumas boas práticas estarem em vigor, subsistem fragilidades importantes na sistematização da limpeza. Os pavimentos, embora algo degradados, encontravam-se maioritariamente limpos e livres de resíduos visíveis.

No que se refere aos equipamentos, observou-se que estes também estavam maioritariamente limpos. Contudo, identificaram-se ferramentas avariadas (nomeadamente uma rebarbadora e uma aparafusadora), o que evidencia alguma negligência na articulação entre limpeza e manutenção funcional das máquinas e equipamentos.

A Figura 4.8 reforça estas observações, ilustrando uma área com aspecto limpo, mas sem contentores visíveis ou sinalizações relativas à limpeza ou à segregação de resíduos. A ausência de elementos visuais e organizativos limita a eficácia das práticas em vigor.



**Figura 4.8: Registo Fotográfico da Auditoria — *Seiso***

Fonte: Elaboração própria.

Foram ainda registadas deficiências importantes, como a inexistência de contentores diferenciados para reciclagem de resíduos perigosos, bem como a ausência de uma *checklist* formal de limpeza. Verificou-se também que a responsabilidade pela limpeza é assumida de forma informal por um colaborador, sem definição visível de funções ou da data de realização dos procedimentos de limpeza.

A pontuação média obtida no senso *Seiso* foi de 10.0 pontos, reflectindo um desempenho classificado como “suficiente”, mas com lacunas evidentes ao nível da normalização das práticas e da sustentabilidade da limpeza a médio prazo.

#### 4.2.4 *Seiketsu* — Padronização

O quarto senso, *Seiketsu*, está relacionado com a padronização das práticas estabelecidas nos três primeiros sentidos do programa 5S — *Seiri*, *Seiton* e *Seiso*. Este senso tem como objectivo assegurar a consistência, continuidade e sustentabilidade das melhorias alcançadas, através da criação de procedimentos claros, uniformes e acessíveis a todos os colaboradores.

A Figura 4.9 apresenta os resultados da auditoria interna ao senso *Seiketsu*, permitindo identificar o grau de maturidade das práticas de padronização no armazém.

| Fase 5S                        | Nº                        | Itens a Avaliar        | Descrição                                                                                     | Pontuação (0-20) |   |    |    |    | Score | Observações                                                                                                                      |
|--------------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|----|----|----|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                |                           |                        |                                                                                               | 0                | 5 | 10 | 15 | 20 |       |                                                                                                                                  |
| <b>SEIKETSU (Padronização)</b> | 4S.1                      | Auditorias de Melhoria | São realizadas auditorias de melhoria do armazém de forma periódica?                          | x                |   |    |    |    | 0     | Nã há registos de auditorias a este armazém;                                                                                     |
|                                | 4S.2                      | Melhoria Contínua      | As ideias de melhoria propostas na última auditoria estão a ser postas em prática?            | x                |   |    |    |    | 0     |                                                                                                                                  |
|                                | 4S.3                      | Procedimentos          | Os procedimentos padronizados encontram-se escritos e são claros e usados de uma forma ativa? |                  |   |    | x  |    | 15    | Os procedimentos internos encontram-se escritos no Manual de Gestão da Empresa, no entanto não estão afixados no Armazém;        |
|                                | 4S.4                      | Primeiros 3 Sentos     | Os três primeiros sentidos (SEIRI, SEITON e SEISO) estão a ser mantidos?                      |                  | x |    |    |    | 10    | De uma forma geral estão a ser cumpridos alguns desses procedimentos, no entanto, foram identificadas oportunidades de melhoria; |
|                                | <b>Pontuação Média 4S</b> |                        |                                                                                               |                  |   |    |    |    | 6,25  |                                                                                                                                  |

**Figura 4.9: Resultados da Auditoria Interna ao 4S — *Seiketsu* (Padronização)**

Fonte: Elaboração própria.

A análise dos dados evidencia fragilidades relevantes. Não existem registos de auditorias de melhoria realizadas ao armazém, nem qualquer aplicação prática das ideias de melhoria eventualmente propostas, o que compromete o ciclo de melhoria contínua e o acompanhamento sistemático das práticas implementadas. Por exemplo, embora os procedimentos internos se encontrem formalmente descritos no Manual de Gestão da Empresa, estes não estão afixados nem disponíveis no local de trabalho, o que dificulta a sua consulta e aplicação imediata pelos operadores.

A pontuação média de 6.25 pontos atribuída ao senso *Seiketsu* revela um nível incipiente de padronização. A ausência de mecanismos formais de verificação, de sinalização visual no armazém e de responsabilização contínua dos colaboradores impede a consolidação das boas práticas e expõe o sistema à regressão. A avaliação evidencia, assim, a necessidade de reforçar a padronização operacional com base em instrumentos visuais, rotinas calendarizadas e documentação acessível e visível para todos os colaboradores.

#### 4.2.5 *Shitsuke* — Disciplina

O quinto e último senso, *Shitsuke*, corresponde à autodisciplina, sendo essencial para a consolidação e manutenção dos quatro sentidos anteriores. Este princípio está associado ao comportamento dos colaboradores, à consistência no cumprimento das rotinas estabelecidas e ao enraizamento dos hábitos de organização, limpeza e padronização no

dia-a-dia da operação. O *Shitsuke* é, por isso, um reflexo directo da maturidade cultural da organização e da sua capacidade de sustentar melhorias a longo prazo.

A Figura 4.10 apresenta os resultados da auditoria interna ao senso *Shitsuke*, evidenciando os principais domínios avaliados e respectivas lacunas.

| Fase 5S                      | Nº                 | Itens a Avaliar       | Descrição                                                                                                 | Pontuação (0-20) |   |    |    |    | Score | Observações                                                                                                                                              |
|------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|----|----|----|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              |                    |                       |                                                                                                           | 0                | 5 | 10 | 15 | 20 |       |                                                                                                                                                          |
| SHITSUKE<br>(Autodisciplina) | 5S.1               | Treino                | Todos os colaboradores sabem exatamente os procedimentos e as rotinas de limpeza e arrumação do material? |                  |   | X  |    |    | 10    | O armazém no geral encontra-se limpo, mas não está definido um mapa de limpezas para o espaço, nem a periodicidade das limpezas;                         |
|                              | 5S.2               | Peças e Ferramentas   | As ferragens, as peças e os equipamentos estão a ser corretamente armazenadas?                            |                  | X |    |    |    | 5     | Há estantes vazias e outras mal aproveitadas, pelo que se devia fazer um ajuste na disposição do layout e nos procedimentos de arrumação por categorias; |
|                              | 5S.3               | Controlo de Stock     | O Controlo de Stock (Kanban) está a ser respeitado?                                                       | X                |   |    |    |    | 0     | O controlo de stock é feito de forma manual e também não há quantidades de stock mínimas definidas;                                                      |
|                              | 5S.4               | Procedimentos         | Os procedimentos estão/foram atualizados (no último ano) e são revistos de forma regular/periódica?       | X                |   |    |    |    | 0     | Os procedimentos não foram atualizados no último ano;                                                                                                    |
|                              | 5S.5               | Informação Disponível | A informação sobre os 5S e os procedimentos de arrumação e limpeza estão devidamente afixados?            | X                |   |    |    |    | 0     | Não há qualquer informação afixada sobre os 5S, procedimentos de arrumação e limpeza do armazém;                                                         |
|                              | Pontuação Média 5S |                       |                                                                                                           |                  |   |    |    |    | 3,00  |                                                                                                                                                          |

**Figura 4.10: Resultados da Auditoria Interna ao 5S — *Shitsuke* (Disciplina)**

Fonte: Elaboração própria.

A auditoria revelou que o senso *Shitsuke* foi o que obteve a pontuação média mais baixa entre todos os sentidos avaliados, com apenas 3.0 pontos. Este resultado reflecte um nível “Muito Insuficiente” de implementação, evidenciando a fragilidade do compromisso com a disciplina operacional no contexto do armazém.

No caso do senso *Shitsuke*, foram identificadas várias lacunas críticas. O controlo de stock por sistema *Kanban* não está implementado, sendo actualmente realizado de forma manual e sem definição de quantidades mínimas. Os procedimentos operacionais, por sua vez, também não foram actualizados no último ano, nem são revistos há alguns anos, o que compromete a capacidade de adaptação às necessidades reais do armazém. Acresce que não se encontra afixada qualquer informação relativa aos 5S ou aos procedimentos de arrumação e limpeza, dificultando a consciencialização, o alinhamento das equipas e o cumprimento padronizado das rotinas.

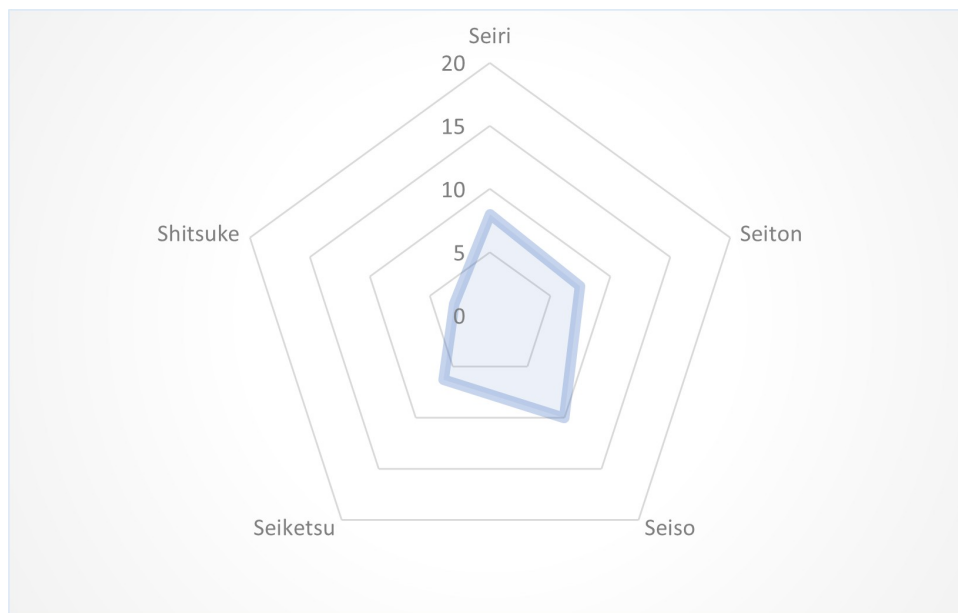
A ausência de disciplina regular e visível compromete a continuidade das práticas estabelecidas nos outros sentidos. A falta de envolvimento formal dos colaboradores nas rotinas de manutenção, bem como a inexistência de mecanismos de controlo visual e formação contínua, contribui para a estagnação e o risco de regressão.

Portanto, este resultado evidencia a necessidade de reforçar o *Shitsuke* através da formação, da definição de responsabilidades, da normalização das rotinas e da criação de uma cultura de melhoria contínua verdadeiramente incorporada no comportamento diário das equipas.

#### 4.2.6 Avaliação Global da Auditoria 5S

Conforme verificado ao longo da análise dos resultados da auditoria nos sentidos anteriores, a eficácia do programa 5S depende da aplicação coerente e equilibrada de todos os seus componentes. Trata-se de uma ferramenta transversal e interdependente, onde o fraco desempenho num dos sentidos compromete a sustentabilidade das melhorias e a correcta implementação do sistema como um todo.

A auditoria realizada permitiu aferir o grau de maturidade organizacional dos cinco sentidos no armazém auditado. Os resultados demonstram assimetrias na aplicação dos princípios, com diferenças relevantes entre sentidos. A Figura 4.11 apresenta as classificações obtidas na auditoria por sentido, da ferramenta 5S, permitindo visualizar com clareza os pontos fortes e fragilidades do sistema actual.



**Figura 4.11: Gráfico de Radar 5S (AS-IS)**

Fonte: Elaboração própria.

O mapa de radar evidencia um sistema ainda imaturo, com práticas pontuais e desarticuladas. As notas mais baixas concentram-se nos domínios da padronização (*Seiketsu*) e da disciplina (*Shitsuke*), sinalizando a ausência de rotinas formais, de mecanismos de verificação e de envolvimento activo dos colaboradores, comprometendo a consolidação das melhorias implementadas e enfraquecendo o ciclo de melhoria contínua. Segue-se uma síntese dos principais problemas identificados na auditoria, com base nos registos observacionais e documentais:

- *Seiso* (Limpeza) obteve a classificação mais elevada (10.00 em 20), o que revela algumas práticas de higiene pontuais, mas ainda distantes dos níveis exigidos para um desempenho de excelência;
- *Seiri* (Utilização) e *Seiton* (Organização) apresentaram pontuações baixas (8.00 e

7.50 respectivamente), reflectindo a ausência de critérios consistentes de separação de materiais e de organização funcional do espaço;

- *Seiketsu* (Padronização), com apenas 6.25 pontos, evidencia uma clara inexistência de rotinas formais, auditorias visuais ou normas operacionais uniformizadas;
- *Shitsuke* (Disciplina), com uma pontuação crítica de 3.00 pontos, evidencia fragilidades significativas ao nível da cultura de manutenção, da autorresponsabilização e de práticas sistemáticas de rigor operacional por parte dos colaboradores;

A auditoria completa é apresentada no **Anexo B – Auditoria Interna Inicial - 5S** (disponível na página [131](#)).

#### 4.2.7 Principais Problemas Identificados na Auditoria Interna

A partir da análise crítica dos registos observacionais, documentais e fotográficos recolhidos no terreno, foram identificados diversos problemas que comprometem a eficiência operacional, a segurança e a gestão do armazém. A sistematização desses problemas foi realizada com base na metodologia 5S, permitindo uma organização coerente das falhas observadas por categoria de senso.

No senso *Seiri* (utilização/separação), foi evidenciada a presença recorrente de materiais espalhados no chão ou acumulados em zonas mortas, sem qualquer utilidade funcional. A inexistência de critérios claros de separação e triagem dificulta a eliminação de excedentes e introduz entropia nos fluxos logísticos.

No domínio da *organização* (*Seiton*), identificou-se um conjunto crítico de falhas sistémicas, entre as quais se destacam: (i) um sistema ineficaz de identificação e localização de materiais baseado em códigos sem lógica funcional; (ii) a ausência de ferramentas visuais como cartões *Kanban* e limites de *stock* mínimos/máximos; bem como (iii) a inexistência de um sistema digital de gestão de inventário (como *WMS*) que permitam uma rastreabilidade adequada. Também foi evidente a falta de uma organização física padronizada no espaço (marcação de corredores, sinalética, mapas) e o armazenamento conjunto de materiais incompatíveis, representando riscos de segurança e ineficiência logística.

Relativamente ao senso *Seiso* (limpeza), constatou-se a inexistência de planos operacionais formais com tarefas atribuídas e listas de verificação, bem como a ausência de contentores adequados para a segregação de resíduos comuns e recicláveis, comprometendo a higiene e a sustentabilidade ambiental.

No âmbito da *padronização* (*Seiketsu*), observou-se uma clara carência de procedimentos normalizados visíveis no posto de trabalho, associada à falta de auditorias internas regulares e de um planeamento sistemático da melhoria contínua.

Por fim, ao nível da *disciplina* operacional (*Shitsuke*), identificou-se uma fraca adesão

às práticas 5S, traduzida numa cultura organizacional pouco consolidada, formação interna insuficiente e limitado envolvimento dos colaboradores nos processos de melhoria.

A Tabela 4.2 apresenta de forma sistematizada os principais problemas identificados, agrupando-os por senso do modelo 5S:

**Tabela 4.2: Problemas Sistematizados por Senso 5S**

| <b>Senso 5S</b>                                   | <b>Problemas Identificados</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Seiri</i></b><br>(Utilização / Separação)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença de materiais espalhados no chão ou acumulados em zonas mortas, sem utilidade real;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b><i>Seiton</i></b><br>(Organização / Arrumação) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de localização e identificação de materiais ineficaz — códigos alfanuméricos sem lógica funcional;</li> <li>• Gestão de inventário não suportada por WMS nem por KPIs, limitando rastreabilidade e decisão;</li> <li>• Ausência de mecanismos de controlo visual de <i>stock</i>, como níveis mínimos/máximos definidos ou cartões <i>Kanban</i>, comprometendo a reposição fluída de materiais;</li> <li>• Ausência de organização física padronizada (marcações no pavimento, sinalética, mapas);</li> <li>• Armazenamento conjunto de materiais incompatíveis (ex.: químicos com outros produtos);</li> </ul> |
| <b><i>Seiso</i></b><br>(Limpeza)                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de planos de limpeza operacionais, com tarefas atribuídas e listas de verificação;</li> <li>• Inexistência de contentores apropriados para resíduos comuns e recicláveis;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b><i>Seiketsu</i></b><br>(Padronização)          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de normalização e de visibilidade de procedimentos no local de trabalho;</li> <li>• Inexistência de auditorias sistemáticas e planeamento da melhoria contínua;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b><i>Shitsuke</i></b><br>(Disciplina)            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de cultura de disciplina operacional: fraca adesão aos 5S, baixa formação e envolvimento dos colaboradores;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Fonte: Elaboração própria

A compreensão clara dos problemas aqui apresentados constitui um passo fundamen-

tal para a definição de soluções estruturadas. Com base nessa sistematização, a próxima secção recorre à ferramenta 5W, permitindo decompor e aprofundar os problemas em termos das suas causas, localização, frequência, impacto e contexto, promovendo uma análise crítica orientada à resolução e à melhoria contínua.

### 4.3 Aplicação da Ferramenta 5W

A aplicação prática da ferramenta 5W revelou-se essencial para estruturar de forma lógica e sistemática os principais problemas operacionais diagnosticados durante a auditoria interna aos 5S. A metodologia foi implementada directamente no terreno, com base em observações reais no *Gemba* e entrevistas com operadores, possibilitando a identificação clara de disfunções concretas e recorrentes.

Com base nos resultados obtidos, foi possível mapear com precisão as falhas mais críticas por senso 5S, detalhando a sua origem, local de ocorrência, frequência, responsáveis envolvidos e impacto logístico. A ferramenta 5W permitiu, assim, uma decomposição analítica dos problemas que ultrapassa a simples constatação visual, traduzindo sintomas operacionais em causas sistémicas e estruturais.

A análise revelou que os maiores constrangimentos se concentram no senso *Seiton*, relacionado com a organização física e a lógica de aproveitamento do espaço, onde se observou a ausência de critérios de arrumação, sinalização padronizada e mecanismos visuais de controlo de *stock*. Também se destacam falhas no senso *Seiketsu*, com impacto transversal ao nível da normalização e ausência de auditorias internas, comprometendo a melhoria contínua. Por sua vez, *Seiri*, *Seiso* e *Shitsuke* evidenciam práticas inconsistentes de separação, limpeza e disciplina, reflectindo a falta de cultura organizacional enraizada nos princípios *lean*.

A Tabela 4.3 sintetiza os problemas concretos identificados durante o diagnóstico, organizados segundo os cinco eixos críticos da metodologia 5W — *What*, *Why*, *Where*, *When*, *Who*. Esta sistematização serviu como base para o desenvolvimento das propostas de melhoria apresentadas no capítulo seguinte, permitindo alinhar cada acção correctiva com as causas identificadas e com os contextos operacionais reais.

**Tabela 4.3: Problemas Identificados na Auditoria 5S com Aplicação dos 5W**

| <b>Problema Identificado</b>                                                                              | <i>What?</i>                                 | <i>Why?</i>                                            | <i>When?</i>                                       | <i>Where?</i>                                     | <i>Who?</i>                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Presença de materiais espalhados no chão ou acumulados em zonas mortas, sem utilidade real                | Obstrução da circulação e risco de acidentes | Ausência de definição de áreas temporárias ou descarte | Durante reorganização informal ou períodos de pico | Corredores e zonas de acesso                      | Operadores de Armazém                                                          |
| Sistema de localização e identificação de materiais ineficaz — códigos alfanuméricos sem lógica funcional | Dificuldade de localização e erro na gestão  | Ausência de lógica funcional e integração com ERP      | Durante arrumação, inventário ou movimentações     | Estantes, etiquetas físicas e base de dados       | Administração, Departamento de Qualidade e TI                                  |
| Gestão de inventário não suportada por WMS nem por KPIs, limitando rastreabilidade e decisão              | Falhas de rastreabilidade e controlo         | Falta de integração digital e ausência de métricas     | Durante todas as operações de inventário           | ERP, ficheiros paralelos e zonas de armazenamento | Departamento de Qualidade, Compras e Serviço Externo para implementação do WMS |

# Projecto de Melhoria da Gestão de Armazém numa Vidraria

| Problema Identificado                                                                                                                                                      | What?                                         | Why?                                                                                               | When?                                         | Where?                                                 | Who?                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Ausência de mecanismos de controlo visual de <i>stock</i> , como níveis mínimos/máximos definidos ou cartões <i>Kanban</i> , comprometendo a reposição fluída de materiais | Reposição descoordenada e risco de ruturas    | Inexistência de um sistema visual como <i>Kanban</i> ou definição de níveis mínimos/máximos no ERP | Durante requisições e planeamento de produção | ERP (parametrização digital)                           | Departamento de Compras e de Produção                 |
| Ausência de organização física padronizada (marcações no pavimento, sinalética, mapas)                                                                                     | Arrumação aleatória e circulação confusa      | Ausência de <i>layout</i> visual e mapa funcional                                                  | Durante arrumação ou movimentações            | Chão do armazém e zonas operacionais                   | Departamento de Qualidade e Operadores de Armazém     |
| Armazenamento conjunto de materiais incompatíveis (ex.: químicos com outros produtos)                                                                                      | Risco de contaminação e segurança             | Falta de segregação e sinalização de risco                                                         | Durante recepção e armazenamento              | Prateleiras de estantes comuns e zonas de <i>stock</i> | Departamento de Qualidade e Operadores de Armazém     |
| Falta de planos de limpeza operacionais, com tarefas atribuídas e listas de verificação                                                                                    | Ambiente sujo e risco de contaminação cruzada | Inexistência de procedimento padronizado com responsáveis e periodicidade                          | Após tarefas sujas ou no final dos turnos     | Zonas operacionais e áreas comuns                      | Departamento de Qualidade, RH e Operadores de Armazém |

| <b>Problema Identificado</b>                                                                                     | <i>What?</i>                                              | <i>Why?</i>                                                   | <i>When?</i>                               | <i>Where?</i>                            | <i>Who?</i>                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Inexistência de contentores apropriados para resíduos comuns e recicláveis                                       | Mistura de resíduos e má separação                        | Falta de política e sinalização para separação de recicláveis | Após consumo de materiais ou manutenção    | Zonas de descarte e áreas comuns         | Departamento de Qualidade, RH e Operadores de Armazém             |
| Falta de normalização e de visibilidade de procedimentos no local de trabalho                                    | Execução inconsistente das tarefas                        | Procedimentos não afixados nem padronizados                   | Durante qualquer operação de rotina        | Postos de trabalho e zonas operacionais  | Administração e Departamento de Qualidade                         |
| Inexistência de auditorias sistemáticas e planeamento da melhoria contínua                                       | Ausência de metodologia estruturada de melhoria contínua  | Ausência de auditorias ao armazém e de acções correctivas     | Trimestralmente ou em ciclos planeados     | Todas as áreas funcionais                | Administração e Departamento de Qualidade                         |
| Falta de cultura de disciplina operacional: fraca adesão aos 5S, baixa formação e envolvimento dos colaboradores | Falta de envolvimento e baixa motivação na prática dos 5S | Ausência de plano formativo contínuo                          | Deveria ocorrer de forma cíclica e regular | Área operacional (afecta todo o armazém) | Administração e Departamento de Qualidade e Operadores de Armazém |

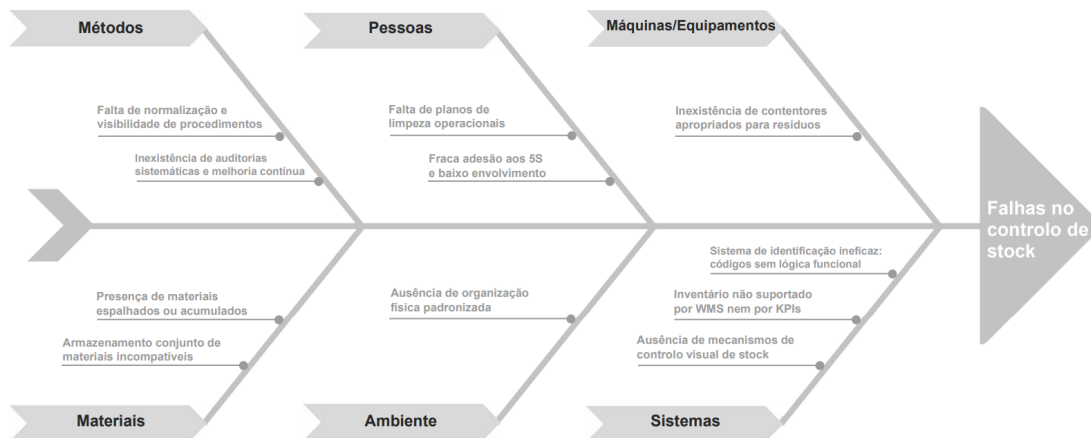
Fonte: Elaboração própria

A sistematização dos dados com base na ferramenta 5W permitiu converter um conjunto disperso de observações empíricas num diagnóstico técnico e operacional rigoroso. Este exercício tornou evidentes os factores estruturais e comportamentais que mais comprometem a eficiência do armazém, orientando as acções prioritárias para reverter o actual estado de disfunção. A sua aplicação prática provou ser um pilar metodológico essencial para suportar o desenvolvimento das propostas de melhoria apresentadas no capítulo seguinte.

## 4.4 Aplicação do Diagrama de *Ishikawa*

Para uma análise crítica e sistemática das causas associadas às disfunções logísticas no armazém de ferragens da Organização, recorreu-se à construção de um Diagrama de *Ishikawa* (ver Secção 3.1.4). Esta ferramenta permitiu desagregar o problema central em categorias temáticas, facilitando a identificação das suas origens estruturais e a compreensão das suas interdependências.

O problema central considerado foi: “**Falhas no controlo de stock**”, conforme representado graficamente na Figura 4.12.



**Figura 4.12: Diagrama de *Ishikawa* — Causas das falhas no controlo de stock**

Fonte: Elaboração própria.

Para complementar a análise qualitativa com um indicador objectivo, propõe-se a utilização da métrica de **Acuricidade do Stock** como KPI. Este indicador permite quantificar o grau de fiabilidade da informação registada no sistema digital face à realidade física observada no armazém, expressando directamente a qualidade do controlo de stock.

A Acuricidade do stock é obtida através do rácio entre o número de artigos com registos correctos, isto é, artigos cujo stock físico coincide integralmente com o stock digital (em termos de quantidade, localização e, quando aplicável, número de lote) e o total de artigos avaliados. Este indicador reflecte o grau de fiabilidade dos registos de inventário e constitui uma métrica essencial para aferir a eficácia dos processos logísticos e a rastreabilidade dos materiais, conforme ilustra a seguinte expressão:

$$\text{Acuricidade do Stock (\%)} = \frac{\text{N.º de artigos com registos correctos}}{\text{Total de artigos avaliados}} \times 100$$

Esta métrica deverá ser monitorizada em futuras auditorias internas e contagens cíclicas, funcionando como um dos principais indicadores de eficácia das acções de melhoria propostas. A sua evolução permitirá validar, de forma tangível, o impacto das

intervenções ao nível da fiabilidade dos dados, da rastreabilidade dos materiais e da eficiência global da gestão de *stock*.

A análise seguiu a lógica clássica dos 6M — Métodos, Pessoas, Máquinas/Equipamentos, Materiais, Ambiente e Sistemas — permitindo estruturar as causas identificadas de forma clara e orientada à acção. As causas associadas à dimensão **Métodos** incidiram sobre a ausência de rotinas formalizadas (procedimentos) e da prática de melhoria contínua, destacando-se:

- Falta de normalização e visibilidade de procedimentos no local de trabalho;
- Inexistência de auditorias sistemáticas e planeamento da melhoria contínua.

Na categoria **Pessoas**, foram observadas lacunas de formação, envolvimento e disciplina operacional. É particularmente notório a:

- Falta de planos de limpeza operacionais, com tarefas atribuídas e listas de verificação;
- Fraca adesão ao 5S e baixo envolvimento dos colaboradores nas rotinas de organização.

A categoria **Máquinas e Equipamentos** inclui carências ao nível dos meios físicos de suporte à operação, nomeadamente:

- Inexistência de contentores apropriados para resíduos comuns e recicláveis.

Na dimensão **Materiais**, verificaram-se problemas com impacto directo na segurança e organização do espaço, nomeadamente:

- Presença de materiais espalhados no chão ou acumulados em zonas mortas, sem utilidade real;
- Armazenamento conjunto de materiais incompatíveis (ex.: químicos com outros produtos).

Quanto ao **Ambiente**, as causas observadas reflectem a ausência de condições físicas adequadas ao fluxo logístico. Delas se destaca:

- Ausência de organização física padronizada (marcações no pavimento, sinalética, mapas).

Por fim, a categoria **Sistemas** revelou diversas deficiências tecnológicas e procedimentais com forte impacto na rastreabilidade e fiabilidade do inventário. A sua lista é apresentada de seguida:

- Sistema de localização e identificação de materiais ineficaz — códigos alfanuméricos sem lógica funcional;
- Inventário não suportado por WMS nem por KPIs, dificultando a rastreabilidade e a tomada de decisão;

- Ausência de mecanismos de controlo visual de *stock*, como níveis mínimos / máximos definidos ou cartões *Kanban*, comprometendo a reposição fluida de materiais.

A aplicação do Diagrama de *Ishikawa* permitiu consolidar visualmente os principais factores causais que afectam o controlo de *stock*, servindo de base para a priorização das acções correctivas, através da aplicação da matriz FMECA.

## 4.5 Aplicação da FMECA — Avaliação e Priorização de Riscos

Dando continuidade à análise integrada do armazém de ferragens da empresa, e após a identificação dos principais sintomas e causas das disfunções logísticas através das ferramentas 5S, 5W e do Diagrama de *Ishikawa*, procedeu-se à aplicação da metodologia FMECA com o intuito de caracterizar as causas do problema e hierarquizá-las tendo em conta a criticalidade (ou criticidade, ou, ainda, gravidade), a detectabilidade (ou observabilidade) e a frequência (ou ocorrência).

Esta ferramenta constitui uma abordagem sistemática e pró-activa de gestão do risco, com o objectivo de identificar, avaliar e priorizar modos de falha potenciais, com base na sua criticidade, pois permite quantificar o risco associado a cada falha por meio do RPN, calculado através do produto de três critérios fundamentais: Gravidade (G), Ocorrência (O) e Detectabilidade (D). As bases conceptuais da aplicação da FMECA estão detalhadas na Secção [3.2.2](#).

Dando seguimento à relação causal estabelecida na etapa anterior, passou-se à identificação explícita dos modos de falha associados a cada problema observado. Para tal, as causas-raiz previamente estruturadas no Diagrama de *Ishikawa* — complementadas pela análise 5W — foram interpretadas como factores contribuintes que, pela sua natureza e persistência, originam falhas concretas e recorrentes no funcionamento do armazém. Assim, cada problema verificado durante a auditoria 5S foi associado a um modo de falha específico, permitindo consolidar a ponte entre o diagnóstico qualitativo e a avaliação quantitativa do risco. Esta correspondência encontra-se sistematizada na seguinte tabela:

**Tabela 4.4: Problemas Identificados, Causas (*Ishikawa*) e Modos de Falha no Armazém**

| <b>Problemas Identificados</b>                                                                                                                                             | <b>Causa<br/>(<i>Ishikawa</i>)</b> | <b>Modo de Falha</b>                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Ausência de triagem e descarte regular de materiais não conformes ou obsoletos                                                                                             | Métodos                            | Acumulação de materiais obsoletos                         |
| Presença de materiais espalhados no chão ou acumulados em zonas mortas, sem utilidade real                                                                                 | Materiais                          | Circulação ineficiente no armazém                         |
| Sistema de localização e identificação de materiais ineficaz — códigos alfanuméricos sem lógica funcional                                                                  | Sistemas                           | Dificuldade na localização rápida de materiais            |
| Gestão de inventário não suportada por WMS nem por KPIs, limitando rastreabilidade e decisão                                                                               | Sistemas                           | Rastreabilidade comprometida do inventário                |
| Ausência de mecanismos de controlo visual de <i>stock</i> , como níveis mínimos/máximos definidos ou cartões <i>Kanban</i> , comprometendo a reposição fluída de materiais | Sistemas                           | Ruturas de <i>stock</i> por falta de reposição automática |
| Ausência de organização física padronizada (marcações no pavimento, sinalética, mapas)                                                                                     | Ambiente                           | Obstrução do fluxo logístico por materiais abandonados    |
| Armazenamento conjunto de materiais incompatíveis (ex.: químicos com outros produtos)                                                                                      | Materiais                          | Potencial foco de incêndio                                |
| Falta de planos de limpeza operacionais, com tarefas atribuídas e listas de verificação                                                                                    | Pessoas                            | Ambiente de trabalho degradado                            |
| Inexistência de contentores apropriados para resíduos comuns e recicláveis                                                                                                 | Máquinas e Equipamentos            | Separação ineficaz de resíduos                            |

| Problemas Identificados                                                                                          | Causa<br>(Ishikawa) | Modo de Falha                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------|
| Falta de normalização e de visibilidade de procedimentos no local de trabalho                                    | Métodos             | Execução inconsistente de tarefas                         |
| Inexistência de auditorias sistemáticas e planeamento da melhoria contínua                                       | Métodos             | Estagnação da melhoria contínua                           |
| Falta de cultura de disciplina operacional: fraca adesão aos 5S, baixa formação e envolvimento dos colaboradores | Pessoas             | Quebra da disciplina operacional e reincidência de falhas |

Fonte: Elaboração própria

Esta articulação entre diagnóstico qualitativo e quantificação do risco foi fundamental para garantir coerência metodológica e integridade analítica ao processo. Assim, a transição entre as “causas” (do ponto de vista qualitativo) e os “modos de falha” (do ponto de vista da FMECA) foi feita de forma estruturada e intencional, atribuindo a cada falha uma designação clara, um efeito observável e uma origem lógica.

A sua aplicação após a auditoria 5S, a análise 5W e a construção do Diagrama de *Ishikawa* justifica-se pela necessidade de transitar do diagnóstico qualitativo e causal para uma abordagem quantitativa, ainda que informal, de priorização. Desta forma, torna-se possível identificar com rigor quais os modos de falha que representam maior risco operacional, logístico ou de segurança, e que, por consequência, devem ser alvo de intervenção imediata no plano de acções.

Importa ainda salientar que esta articulação entre diagnóstico qualitativo e avaliação quantitativa foi cuidadosamente estruturada para assegurar a continuidade metodológica entre ferramentas *Lean* complementares, permitindo que os dados recolhidos inicialmente fossem aproveitados de forma sistemática para suportar decisões baseadas em risco.

#### 4.5.1 Critérios definidos para a FMECA aplicada ao armazém

Os critérios de avaliação da metodologia FMECA aplicados ao contexto do armazém auditado foram definidos com base em escalas qualitativas padronizadas, que consideram o impacto da falha, a sua frequência e a dificuldade em detectá-la. Cada modo de falha foi analisado segundo três dimensões:

- **Gravidade (G):** avalia o impacto funcional, operacional, de segurança ou conformidade legal associado a cada modo de falha identificado. A escala utilizada varia de 1 a 10, conforme detalhado na Tabela 4.5.

**Tabela 4.5: Escala de Gravidade (G) na Metodologia FMECA**

| Valor | Descrição                                                                                                          |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10    | Falha com impacto crítico: paragem total da operação, riscos de segurança graves ou consequências legais.          |
| 8–9   | Impacto severo: compromete a entrega ao cliente, gera <i>retrabalho</i> ou exige recursos externos para mitigação. |
| 6–7   | Afecta significativamente a produtividade, provoca atrasos ou reacções em cadeia no sistema logístico.             |
| 4–5   | Perturbações moderadas, localizadas ou reversíveis com recursos internos.                                          |
| 1–3   | Impacto reduzido, sem consequências relevantes sobre a operação ou o cliente.                                      |

Fonte: Elaboração própria

- **Ocorrência (O):** estima a frequência com que a falha ocorre na prática, com base em observações empíricas, histórico interno ou conhecimento tácito da equipa. A escala é apresentada na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6: Escala de Ocorrência (O) na Metodologia FMECA**

| Valor | Descrição                                                                                             |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10    | Ocorre frequentemente (diariamente ou semanalmente).                                                  |
| 8–9   | Observada com regularidade em ciclos mensais ou trimestrais.                                          |
| 6–7   | Evento eventual, mas comum em determinadas condições operacionais (ex.: inventários, picos de carga). |
| 4–5   | Rara; observada pontualmente em contextos específicos.                                                |
| 1–3   | Muito rara ou praticamente inexistente; depende de eventos excepcionais.                              |

Fonte: Elaboração própria

- **Detectabilidade (D):** mede a probabilidade de detecção da falha antes que os seus efeitos se materializem no sistema, tendo em conta os controlos actualmente existentes. A escala encontra-se definida na Tabela 4.7.

**Tabela 4.7: Escala de Detectabilidade (D) na Metodologia FMECA**

| Valor | Descrição                                                                                             |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10    | Não detectável; falha completamente invisível até à sua manifestação.                                 |
| 8–9   | Apenas detectável por inspecções técnicas ou testes <i>amostrais</i> específicos.                     |
| 6–7   | Detectável, mas com elevado esforço de <i>monitorização</i> ou baixa fiabilidade de controlo.         |
| 4–5   | Detectável por inspecção visual, <i>checklist</i> ou procedimento padronizado.                        |
| 1–3   | Elevada probabilidade de detecção imediata, através de mecanismos automatizados, visuais ou digitais. |

Fonte: Elaboração própria

A multiplicação dos três factores resulta no **RPN**, cuja magnitude suporta a tomada de decisão na priorização das acções correctivas, na medida em que, quanto maior o RPN, maior a urgência de intervenção.

A atribuição dos valores a cada critério (Gravidade, Ocorrência e Detectabilidade) da matriz FMECA foi sustentada por evidência recolhida durante a auditoria 5S, complementada por observações técnicas no *Gemba* e validação das percepções operacionais junto dos colaboradores. Esta avaliação foi ainda suportada pela experiência acumulada do autor ao longo dos últimos cinco anos de actividade na empresa.

#### 4.5.2 Avaliação dos Modos de Falha por Criticidade

A tabela 4.8 apresenta a Matriz FMECA resultante da análise combinada das não conformidades identificadas durante a auditoria 5S e a aplicação da ferramenta 5W no armazém. Esta matriz sistematiza os modos de falha com maior impacto nas operações logísticas, sendo estruturada segundo os critérios de Gravidade (G), Ocorrência (O) e Detectabilidade (D), previamente definidos.

Cada entrada corresponde a uma **falha potencial**, entendida como qualquer condição, prática ou ausência de controlo susceptível de originar efeitos adversos no desempenho do sistema. A sua identificação é essencial numa abordagem preventiva, pois permite actuar antes da ocorrência efectiva da falha. Os valores atribuídos a cada parâmetro seguiram a escala de 1 a 10 definida anteriormente, permitindo gerar um RPN por multiplicação simples ( $RPN = G \times O \times D$ ), que serve de base à priorização dos problemas. Concretamente, a tabela 4.8 apresenta os principais modos de falha identificados, com a respectiva pontuação nos três critérios de análise, bem como a justificação técnica de cada avaliação. Esta sistematização constitui um elemento central para a definição das prioridades de intervenção no plano de acções subsequente.

Tabela 4.8: Matriz FMECA Expandida: Causa, Efeito, Detecção e Justificação dos Modos de Falha

| Modo de Falha (Causa)             | Efeito da Falha                                                        | Causa Básica da Falha                       | Meio de Detecção                                     | G | O | D | RPN | Justificação + Score                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|---|---|---|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acumulação de materiais obsoletos | Aumento de inventário obsoleto e ocupação desnecessária de espaço útil | Falta de política de triagem                | Auditorias 5S mensais                                | 7 | 7 | 6 | 294 | Impacto relevante em <i>stock</i> morto. Dificuldade de detecção justifica D=6. G=7: Acumulação de <i>stock</i> morto ocupa espaço e distorce gestão; O=7: Situação frequente, detectada durante observação; D=6: Visível, mas sem sistema para alertar automaticamente. |
| Circulação ineficiente no armazém | Obstrução da circulação e riscos ergonómicos                           | Falta de zonas tampão ou regras de descarte | Inspeção semanal no <i>Gemba Walk + checklist</i> 5S | 6 | 7 | 4 | 168 | Problema visual e ergonómico. Gravidade moderada (G=6), fácil detecção (D=4). G=6: Problema ergonómico, não estrutural; O=7: Muito frequente; D=4: Fácil de detectar visualmente.                                                                                        |

# Projecto de Melhoria da Gestão de Armazém numa Vidraria

| Modo de Falha (Causa)                          | Efeito da Falha                                                                      | Causa Básica da Falha                                       | Meio de Detecção                                                     | G | O | D | RPN | Justificação + Score                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---|---|---|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dificuldade na localização rápida de materiais | Erros e atrasos na separação dos artigos das encomendas                              | Ausência de lógica funcional no sistema de codificação      | Verificação da lógica de etiquetas e ERP                             | 8 | 6 | 6 | 288 | A falta de codificação lógica compromete a organização e localização dos materiais. G=8: Impacto elevado na localização de artigos e risco de erros logísticos; O=6: Situação recorrente; D=6: Etiquetas dos fornecedores ajudam parcialmente, mas não garantem rigor. |
| Rastreabilidade comprometida do inventário     | Falhas de rastreabilidade e inconsistências entre registos físicos e digitais no ERP | Descontinuidade entre processos físicos e sistemas digitais | Verificação cruzada entre registos físicos e digitais nas auditorias | 8 | 6 | 7 | 336 | Falta de rastreio digital compromete o controlo de <i>stock</i> . G=8: Impacto elevado na rastreabilidade e gestão; O=6: Situação recorrente, apesar do inventário anual; D=7: Detectável com esforço manual ( <i>Excel</i> ), sem alertas em tempo real.              |

| Modo de Falha (Causa)                                     | Efeito da Falha                                                       | Causa Básica da Falha                                                             | Meio de Detecção                                        | G | O | D | RPN | Justificação + Score                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---|---|---|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ruturas de <i>stock</i> por falta de reposição automática | Reposição descoordenada e ruturas de <i>stock</i>                     | Ausência de sistema visual de <i>stock</i> (ex.: <i>Kanban</i> ou alertas no ERP) | Validação de alertas no sistema ERP/WMS                 | 7 | 6 | 7 | 294 | Reposição descoordenada prejudica os fluxos. G=7: Sem níveis mínimos/máximos definidos, há risco de ruturas e excesso de <i>stock</i> ; O=6: Situação relativamente comum; D=7: Sem sistema visual, a detecção é difícil e depende de verificação manual.                                |
| Obstrução do fluxo logístico por materiais abandonados    | Dificuldade de localização de materiais e aumento do tempo de procura | Inexistência de <i>layout</i> visual normalizado e actualizado                    | Observação no <i>Gemba</i> + Questionários a operadores | 6 | 7 | 5 | 210 | Falta de padronização afecta a fluidez da circulação e aumenta a probabilidade de erros. G=6: Impacto operacional moderado (confusão, retrabalho); O=7: Situação frequentemente observada em <i>Gemba</i> ; D=5: Detectável por observação directa, embora sem apoio visual sistemático. |

# Projecto de Melhoria da Gestão de Armazém numa Vidraria

| Modo de Falha (Causa)          | Efeito da Falha                                                                           | Causa Básica da Falha                                                     | Meio de Detecção                                                        | G | O | D | RPN | Justificação + Score                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---|---|---|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Potencial foco de incêndio     | Potencial redução das condições ideais de segurança no armazenamento de produtos químicos | Ausência de segregação e sinalização                                      | Inspeção aos alvéolos, fichas de segurança e conteúdos                  | 9 | 6 | 7 | 378 | Risco físico elevado com possíveis implicações para a segurança e conformidade normativa. G=9: Potencial impacto crítico sobre condições operacionais seguras; O=6: Pode ocorrer ocasionalmente com consequências relevantes; D=7: Difícil de detectar sem inspeções direccionadas, especialmente na ausência de sinalização clara. |
| Ambiente de trabalho degradado | Potencial degradação das condições de organização e limpeza nas zonas operacionais        | Falta de cultura de responsabilidade e padronização de tarefas de limpeza | Observação no <i>Gemba</i> e verificação de <i>checklist</i> de limpeza | 6 | 6 | 6 | 216 | Limpeza não sistematizada pode afectar a organização dos espaços. Atribuição de responsabilidades nem sempre clara. G=6: Impacto moderado sobre condições de higiene e segurança; O=6: Ocorre com alguma frequência; D=6: Detectável por inspecção visual.                                                                          |

| Modo de Falha (Causa)             | Efeito da Falha                                                                                     | Causa Básica da Falha                                  | Meio de Detecção                          | G | O | D | RPN | Justificação + Score                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---|---|---|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Separação de resíduos             | Redução do desempenho ambiental e menor alinhamento com práticas recomendadas de gestão de resíduos | Falta de cultura de reciclagem e contentores adequados | Inspeção visual aos pontos de recolha     | 5 | 6 | 5 | 150 | Ausência de contentores diferenciados pode afectar a eficácia da separação de resíduos. G=5: Impacto ambiental e visual, sem risco directo à segurança; O=6: Situação recorrente, pouco priorizada; D=5: Detectável por observação directa.                                                                          |
| Execução inconsistente de tarefas | Inconsistência na execução das tarefas, erros e retrabalho                                          | Falta de padronização e visibilidade dos procedimentos | Observação directa nos postos de trabalho | 6 | 6 | 5 | 180 | Ausência de normas visuais gera variabilidade na execução. G=6: Falta de SOPs compromete a consistência, levando a erros e retrabalho; O=6: Situação frequente em operações rotineiras sem instruções visuais; D=6: Detectável por observação directa e diálogo com operadores, especialmente em tarefas rotineiras. |

# Projecto de Melhoria da Gestão de Armazém numa Vidraria

| Modo de Falha (Causa)                                     | Efeito da Falha                                                                | Causa Básica da Falha                                              | Meio de Detecção                                                  | G | O | D | RPN | Justificação + Score                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---|---|---|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estagnação da melhoria contínua                           | Estagnação das melhorias, repetição de erros, ausência de feedback construtivo | Falta de cultura de melhoria contínua e acompanhamento sistemático | Revisão de registos e calendário de auditorias                    | 5 | 5 | 7 | 175 | Ausência de auditorias compromete a melhoria contínua. G=5: Impacto indirecto, mas relevante, ao dificultar o progresso sistemático e prolongar falhas operacionais. O=5: Situação ocasional, dada a ausência de cultura estruturada de melhoria; D=7: Difícil de detectar quando não há qualquer histórico ou exigência formal de auditoria. |
| Quebra da disciplina operacional e reincidência de falhas | Desvio aos padrões 5S, reincidência de falhas e desmotivação operacional       | Falta de cultura e reforço periódico da metodologia                | Observação directa do comportamento e resultados de auditorias 5S | 6 | 6 | 6 | 216 | Falta de disciplina afecta indirectamente a eficiência global. G=6: Fraca cultura dos 5S compromete a estabilidade e organização dos processos; O=6: Ocorrência regular, observada de forma recorrente; D=6: Difícil de quantificar objectivamente, mas evidenciada em auditorias e pela conduta dos colaboradores.                           |

Fonte: Elaboração própria

A análise à Tabela 4.8 evidencia como crítica a falha associada ao **armazenamento conjunto de materiais potencialmente incompatíveis**, que apresenta o RPN mais elevado da matriz (378). Esta configuração, embora não tenha originado incidentes registados, poderá representar um risco físico relevante, sobretudo no caso de materiais inflamáveis ou químicos. Recomenda-se, por isso, a implementação de práticas preventivas de segregação, sinalização de risco e contenção operacional, alinhadas com os princípios de segurança ocupacional e boas práticas de armazenamento.

Seguem-se, com valores igualmente elevados, a **gestão de inventário não suportada por WMS nem por KPIs** (RPN = 336), e a **ineficácia na triagem de materiais obsoletos** (RPN = 294). Estas falhas revelam lacunas tanto ao nível digital, como processual. Por um lado, a ausência de integração digital compromete a rastreabilidade, dificultando o planeamento e aumentando o risco de ruturas; por outro, a acumulação de materiais obsoletos ocupa espaço, dificulta a organização e induz erros logísticos.

Com RPN igualmente igual a 294, a **ausência de controlo visual de stock** reforça a urgência de medidas visuais para reposição eficaz, como cartões *Kanban* ou alertas no ERP. Estas falhas não acarretam risco directo à segurança, mas afectam fortemente a eficiência dos fluxos e a previsibilidade das operações.

Num patamar intermédio (entre RPN = 216 e RPN = 288) surgem falhas como a **ineficácia na identificação de materiais** (RPN = 288), a **falta de organização física padronizada** (RPN = 210), a **ausência de planos de limpeza formais** (RPN = 216), a **mistura de resíduos** (RPN = 150), e a **falta de cultura de disciplina operacional** (RPN = 216). Estas situações reflectem disfunções sistémicas de ordem organizacional, ambiental e comportamental, com impacto acumulado na fluidez logística, na higiene, na segurança e na moral da equipa.

A **falta de normalização de procedimentos** (RPN = 180) e a **ausência de auditorias e planeamento de melhoria contínua** (RPN = 175) apresentam valores mais baixos, mas não devem ser negligenciadas. A ausência de normas visuais e a falta de estrutura para melhoria contínua limitam a capacidade de padronização e aprendizagem organizacional, afectando o desempenho sustentado ao longo do tempo.

Em síntese, a matriz FMECA permitiu hierarquizar as falhas com base na sua criticidade e evidenciar vulnerabilidades estruturais do sistema logístico actual. Este diagnóstico orienta a formulação do plano de acção, garantindo que os recursos são alocados com base em critérios técnicos, priorizando as situações com maior impacto no desempenho global do armazém.

## 4.6 Análise ABC

A análise ABC foi conduzida com base no valor económico agregado de cada artigo em *stock*, calculado como o produto entre a quantidade disponível e o respectivo preço unitário. Os artigos foram ordenados por valor total de *stock* por ordem decrescente, e classificados segundo a sua contribuição relativa para o valor global acumulado. Para uma análise mais detalhada dos princípios e fundamentos da ferramenta, o leitor deve consultar a Secção 3.3.1.

A análise desenvolvida tem por base o ficheiro Excel incluído no **Anexo C – Inventário 29.11.2024** (disponível na página 133), com os registos reais do inventário do armazém de ferragens da empresa, à data da realização da auditoria, composto por mais de 500 referências de artigos distintos, discriminados pelas seguintes características:

- Referência e designação do artigo;
- Categoria atribuída (classificação funcional);
- Quantidade em *stock* disponível;
- Preço unitário;
- Valor total de *stock*;

Por motivos de confidencialidade e protecção de dados internos, as referências e designações dos artigos foram editadas, mantendo-se no entanto a integridade da análise estatística e dos agrupamentos funcionais.

Com base na análise funcional e espacial do armazém, os artigos foram agrupados em três grandes categorias operacionais:

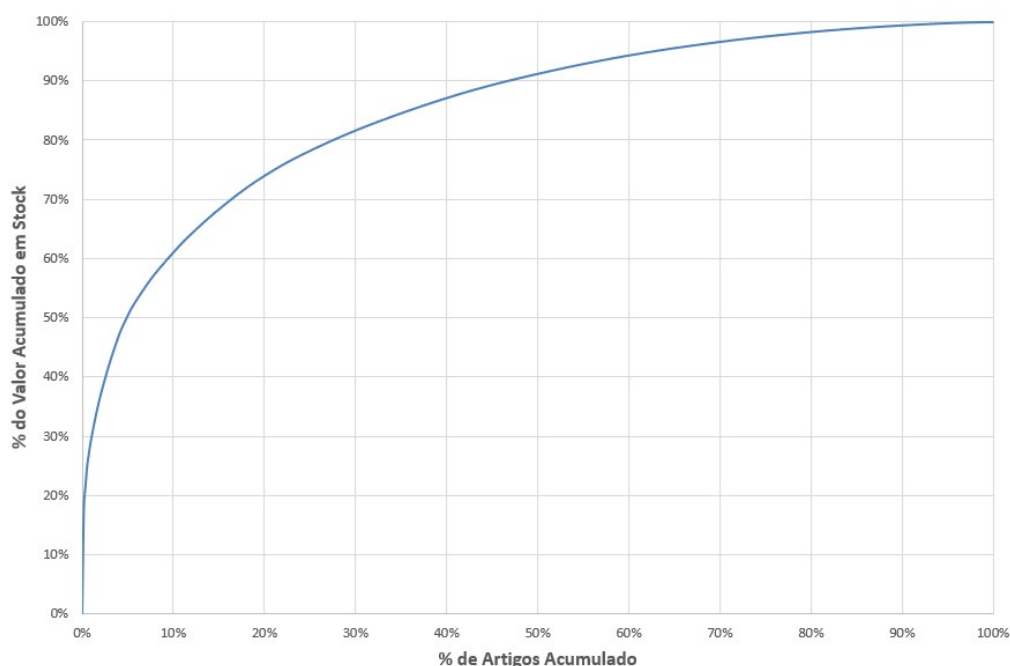
- Dobradiças e Puxadores;
- Peças de Fixação de Vidro;
- Consumíveis e Acessórios de Produção;

Esta categorização visa reflectir a lógica de utilização interna, a frequência de acesso e a criticidade operacional, permitindo uma análise segmentada com maior relevância prática para o projecto de melhoria do armazém.

A segmentação seguiu os critérios clássicos adaptados ao contexto logístico-industrial:

- **Classe A:** artigos que representam os primeiros 80 % do valor acumulado em *stock*, normalmente correspondendo a uma reduzida proporção de referências (cerca de 15 a 20 %);
- **Classe B:** artigos que, em conjunto com os de Classe A, perfazem até 95 % do valor acumulado;
- **Classe C:** artigos que representam os últimos 5 % do valor, geralmente numerosos mas com impacto financeiro reduzido.

A Figura 4.13 ilustra a Curva ABC construída a partir da percentagem acumulada de artigos (eixo X) face à percentagem acumulada de valor económico (eixo Y). A curva exibe uma clara assimetria, típica do princípio de Pareto, onde uma minoria de artigos é responsável por uma maioria do valor armazenado. Este comportamento justifica a adopção de estratégias diferenciadas de gestão por classe, com maior controlo, rastreabilidade e reposição contínua sobre os artigos da classe A.



**Figura 4.13: Curva ABC baseada no valor acumulado em *stock***

Fonte: Elaboração própria

#### 4.6.1 Segmentação ABC por Categoria Funcional de Produto

Para melhor apoiar a tomada de decisões operacionais, a análise ABC foi segmentada por categoria funcional de produto, conforme ilustrado na Tabela 4.9. Os resultados permitem reforçar o papel estratégico da análise ABC na definição de prioridades operacionais. Verifica-se que a categoria **Peças de Fixação** concentra a maior parte dos artigos de Classe A, totalizando mais de 34 mil euros em valor de *stock*. Estes produtos devem ser alvo de maior controlo, com localização física privilegiada no armazém, rastreabilidade reforçada e políticas de reposição mais rigorosas, assegurando a sua disponibilidade contínua.

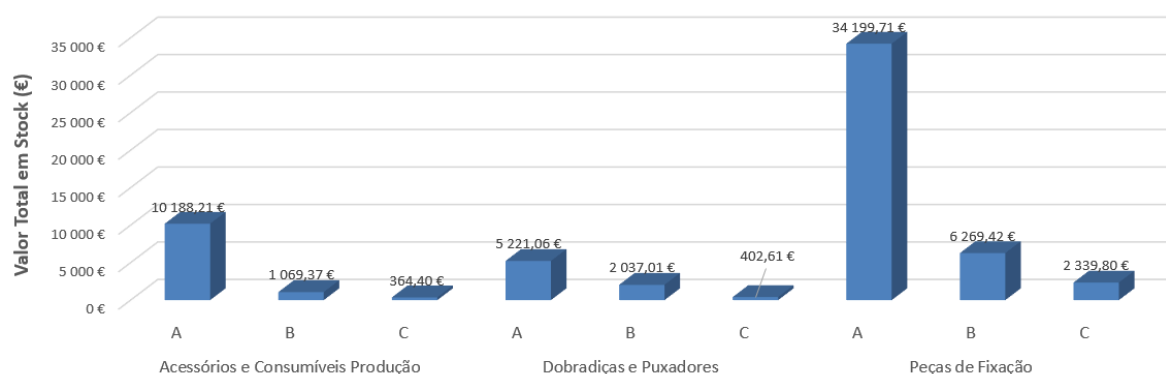
Por contraste, os **Consumíveis e Acessórios de Produção** revelam uma concentração significativa de artigos de Classe C, com baixo valor individual e reduzido impacto económico. Para estes, justifica-se uma abordagem de gestão mais simplificada e agregada, evitando o desperdício de tempo na sua monitorização individual. Estratégias como a organização por grupo funcional, definição de pontos de reabastecimento flexíveis ou integração em zonas de *picking* partilhadas podem otimizar a sua gestão.

A categoria **Dobradiças e Puxadores**, com uma distribuição intermédia entre as três classes, deverá ser alvo de políticas mistas — com controlo mais apertado nos artigos de Classe A, e métodos simplificados nos restantes.

**Tabela 4.9: Distribuição de Valor por Categoria e Classe ABC**

| Categoria de Produto              | Classe ABC   | Valor Total (€)  |
|-----------------------------------|--------------|------------------|
| Acessórios e Consumíveis Produção | A            | 10 188,21        |
|                                   | B            | 1 069,37         |
|                                   | C            | 364,40           |
|                                   | <b>Total</b> | <b>11 621,98</b> |
| Dobradiças e Puxadores            | A            | 5 221,06         |
|                                   | B            | 2 037,01         |
|                                   | C            | 402,61           |
|                                   | <b>Total</b> | <b>7 660,68</b>  |
| Peças de Fixação                  | A            | 34 199,71        |
|                                   | B            | 6 269,42         |
|                                   | C            | 2 339,80         |
|                                   | <b>Total</b> | <b>42 808,93</b> |
| <b>Total Geral</b>                |              | <b>62 091,59</b> |

Fonte: Elaboração própria



**Figura 4.14: Distribuição das classes ABC por categoria funcional de produto**

Fonte: Elaboração própria

Esta segmentação permite, assim, alinhar os recursos operacionais com o impacto eco-

nómico real de cada grupo de produtos, justificando a adoção de práticas diferenciadas de gestão de *stock* consoante a classe ABC atribuída. No Capítulo 5, as propostas de melhoria operacional terão em conta esta classificação, garantindo que as ações recomendadas são coerentes com a relevância económica das classes de produtos armazenados.

## 4.7 Síntese Integrada das Ferramentas Utilizadas

A consolidação das várias ferramentas de diagnóstico aplicadas — nomeadamente a auditoria 5S, a metodologia 5W, o Diagrama de Ishikawa, a matriz FMECA e a análise ABC — permitiu construir uma visão sistémica e fundamentada sobre o desempenho logístico do armazém. Esta abordagem integrada possibilitou, não só, a identificação de falhas operacionais recorrentes, como também a análise das suas causas estruturais e implicações práticas.

A segmentação do inventário com base na análise ABC reforçou o enquadramento económico das decisões logísticas, distinguindo os artigos com maior impacto financeiro (Classe A) daqueles com menor relevância relativa (Classes B e C). Esta perspectiva económica foi cruzada com os resultados qualitativos do diagnóstico, permitindo definir prioridades de intervenção alinhadas com o valor armazenado, a criticidade das falhas e o seu efeito sobre a fiabilidade do sistema.

A Tabela 4.10 apresenta uma síntese desta articulação metodológica, relacionando os cinco sentidos da metodologia 5S com os modos de falha identificados através da FMECA e dos respectivos RPN e implicações logísticas observadas. Esta articulação constitui um quadro robusto de diagnóstico, permitindo priorizar intervenções com base no risco identificado, no impacto económico e na origem sistémica das falhas.

Esta matriz revela, não só, a diversidade de problemas operacionais presentes, como também a sua gravidade relativa e o impacto directo sobre a fiabilidade do sistema de *stock*. Destaca-se, desde logo, a falha com RPN mais elevado (378), associada ao armazenamento conjunto de materiais potencialmente incompatíveis, como químicos ou substâncias perigosas. Esta configuração representa um risco relevante para a segurança dos operadores e para a conformidade com as boas práticas de armazenamento, podendo, em condições adversas, originar incidentes como incêndios ou contaminação cruzada. Dada a natureza crítica deste risco, recomenda-se a sua imediata priorização no plano de acção.

Em seguida, identificam-se problemas com RPNs de 336 e 294, respectivamente, relacionados com falhas na rastreabilidade digital, ausência de integração entre ERP e WMS, e inexistência de mecanismos de controlo visual de *stock* (como níveis mínimos / máximos). Estas disfunções são particularmente críticas, pois têm impacto particularmente nos artigos de Classe A, responsáveis por mais de 80 % do valor económico armaze-

nado. A gestão destes produtos exige elevada precisão e visibilidade operacional — requisitos actualmente incompatíveis com a ausência de KPIs, codificação funcional ou alertas automáticos. Assim, estas falhas devem ser tratadas como prioritárias.

A ausência de triagem sistemática de materiais obsoletos (RPN = 294) contribui para a acumulação de artigos de Classe C com baixa rotatividade, originando *stock* morto e ocupando espaço que deveria estar alocado a produtos com maior criticidade. Este problema prejudica a fluidez operacional e compromete a eficiência na arrumação e separação de artigos de Classes A e B.

**Tabela 4.10: Tabela Integradora: Senso 5S, Problemas, RPN, Causas e Implicações Logísticas**

| <b>Senso 5S</b>                          | <b>Problema Identificado (Modo de Falha)</b>                                               | <b>Causa (Ishikawa)</b> | <b>RPN</b> | <b>Observações (Implicações Logísticas)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Seiri</i><br>(Utilização / Separação) | Ausência de triagem e descarte regular de materiais não conformes ou obsoletos             | Métodos                 | 294        | Artigos de Classe C tendem a ser os mais afectados pela obsolescência e baixa rotatividade. A ausência de uma política sistemática de triagem contribui para a acumulação de materiais sem utilidade real, ocupando espaço em zonas críticas do armazém e dificultando a gestão eficiente dos artigos de maior valor económico (Classes A e B). |
| <i>Seiri</i><br>(Utilização / Separação) | Presença de materiais espalhados no chão ou acumulados em zonas mortas, sem utilidade real | Materiais               | 168        | A ausência de zonas tampão agrava o tempo de separação e arrumação de produtos, dificultando a operação durante picos de actividade e elevando o risco ergonómico para os operadores.                                                                                                                                                           |

| <b>Senso 5S</b>                                 | <b>Problema Identificado<br/>(Modo de Falha)</b>                                                                      | <b>Causa<br/>(Ishi-<br/>kawa)</b> | <b>RPN</b> | <b>Observações (Implicações<br/>Logísticas)</b>                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Seiton</i> (Or-<br>ganização /<br>Arrumação) | Sistema de localização<br>e identificação de<br>materiais ineficaz —<br>códigos alfanuméricos<br>sem lógica funcional | Sistemas                          | 288        | A ausência de codificação<br>lógica compromete a<br>rastreadibilidade e provoca<br>erros no <i>picking</i> . A<br>implementação de uma<br>nomenclatura funcional é<br>essencial para a eficiência<br>logística.       |
| <i>Seiton</i> (Or-<br>ganização /<br>Arrumação) | Gestão de inventário<br>não suportada por<br>WMS nem por KPIs,<br>limitando<br>rastreadibilidade e<br>decisão         | Sistemas                          | 336        | A ausência de rastreadibilidade<br>afecta transversalmente todo<br>o inventário, mas o impacto é<br>particularmente crítico na<br>classe A, que concentra<br>produtos de elevado valor e<br>exigem controlo rigoroso. |
| <i>Seiton</i> (Or-<br>ganização /<br>Arrumação) | Ausência de<br>mecanismos de<br>controlo visual de <i>stock</i><br>(mín/máx ou Kanban)                                | Sistemas                          | 294        | A inexistência de parâmetros<br>visuais dificulta a reposição<br>eficaz, promovendo ruturas<br>ou excesso de <i>stock</i> . A<br>ausência de alertas limita a<br>capacidade de resposta.                              |
| <i>Seiton</i> (Or-<br>ganização /<br>Arrumação) | Ausência de<br>organização física<br>padronizada<br>(marcações no<br>pavimento, sinalética,<br>mapas)                 | Ambiente                          | 210        | A circulação e a arrumação<br>são prejudicadas pela falta de<br>sinalização clara. Aumenta-se<br>o risco de erros operacionais e<br>compromete-se o<br>abastecimento interno.                                         |

# Projecto de Melhoria da Gestão de Armazém numa Vidraria

| <b>Senso 5S</b>                         | <b>Problema Identificado (Modo de Falha)</b>                                                         | <b>Causa (Ishi-kawa)</b> | <b>RPN</b> | <b>Observações (Implicações Logísticas)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Seiton</i> (Organização / Arrumação) | Armazenamento conjunto de materiais potencialmente incompatíveis (ex.: químicos com outros produtos) | Materiais                | 378        | A presença de materiais com propriedades incompatíveis pode aumentar significativamente o risco de acidentes, como incêndios ou contaminação cruzada. A implementação de segregação física constitui uma boa prática para reforçar a segurança operacional e a conformidade com as directrizes de armazenamento. |
| <i>Seiso</i> (Limpeza)                  | Falta de planos de limpeza operacionais com tarefas atribuídas e listas de verificação               | Pessoas                  | 216        | A sujidade e a desorganização comprometem o ambiente de trabalho e dificultam a gestão de artigos de pequeno porte. A ausência de um plano de limpeza claro contribui para o aumento de perdas, erros e degradação gradual das zonas operacionais.                                                               |
| <i>Seiso</i> (Limpeza)                  | Inexistência de contentores apropriados para resíduos comuns e recicláveis                           | Máquinas e Equipamentos  | 150        | A falta de contentores adequados compromete a separação de resíduos e contribui para a degradação ambiental e imagem do armazém.                                                                                                                                                                                 |
| <i>Seiketsu</i> (Padronização)          | Falta de normalização e visibilidade de procedimentos no local de trabalho                           | Métodos                  | 180        | A variabilidade nas tarefas decorrente da ausência de normas visuais afecta a consistência e qualidade operacional, aumentando erros e retrabalho.                                                                                                                                                               |

| <b>Senso 5S</b>                     | <b>Problema Identificado<br/>(Modo de Falha)</b>                                                                 | <b>Causa<br/>(Ishi-<br/>kawa)</b> | <b>RPN</b> | <b>Observações (Implicações<br/>Logísticas)</b>                                                                                           |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Seiketsu</i> (Pa-<br>dronização) | Inexistência de auditorias sistemáticas e planeamento da melhoria contínua                                       | Métodos                           | 175        | A estagnação das boas práticas e a repetição de falhas decorrem da ausência de acompanhamento estruturado e revisões regulares.           |
| <i>Shitsuke</i><br>(Disciplina)     | Falta de cultura de disciplina operacional: fraca adesão aos 5S, baixa formação e envolvimento dos colaboradores | Pessoas                           | 216        | A falta de disciplina compromete a aplicação consistente dos 5S, afectando a estabilidade dos processos e a eficiência global do armazém. |

Fonte: Elaboração própria

Já os problemas com RPNs entre 175 e 216 — como a falta de sinalização, inexistência de planos de limpeza ou ausência de auditorias internas — reflectem uma fragilidade estrutural no sistema de melhoria contínua. Embora apresentem valores de risco intermédio, estas falhas acumulam efeitos negativos ao longo do tempo, promovendo ambientes de trabalho desorganizados, de baixa higiene e elevado potencial de erros. Este cenário afecta sobretudo os artigos de pequeno porte, das classes B e C, gerando perdas, retrabalho e degradação gradual da performance operacional.

Importa ainda referir as falhas associadas ao senso *Shitsuke* (RPN = 216), que evidenciam uma cultura organizacional débil, com fraca adesão às práticas 5S e ausência de mecanismos formais de responsabilização. Esta condição transversal prejudica a sustentabilidade das melhorias implementadas e reforça a necessidade de intervenções formativas e comportamentais.

Em síntese, a análise crítica da tabela permite concluir que:

- Problemas com  $RPN \geq 294$  devem ser considerados prioritários e estão associados a riscos críticos (segurança, rastreabilidade, *stock* morto e falhas digitais);
- As falhas com RPN entre 210 e 288 representam lacunas estruturais na organização física e nos processos operacionais, afectando fluxos internos, eficiência de *picking* e gestão por classes;
- Falhas com RPN entre 150 e 216 revelam debilidades nos hábitos de limpeza, padronização e disciplina, com impacto indirecto mas acumulativo no desempenho global;

- A articulação entre os modos de falha e as classes ABC evidencia a importância de alocar recursos de forma diferenciada, ajustando o esforço de gestão ao valor e à criticidade / valor económico dos artigos.

No capítulo seguinte, serão apresentadas propostas de melhoria concretas, orientadas à eliminação ou mitigação das falhas com maior impacto e fundamentadas nas evidências aqui sistematizadas. A estruturação das acções seguirá uma lógica de priorização baseada no RPN e será operacionalizada com recurso ao plano 5W2H e ao ciclo PDCA, assegurando consistência, clareza e capacidade de monitorização ao longo do tempo.

## 5 PROPOSTAS DE MELHORIA PARA IMPLEMENTAÇÃO FUTURA

Na sequência das conclusões apresentadas no Capítulo 4, torna-se clara a necessidade de uma intervenção sistemática que reestruture os processos logísticos, físicos e informacionais do armazém de ferragens, rumo à inovação e à digitalização do espaço. O diagnóstico evidenciou um conjunto alargado de falhas operacionais, destacando-se as relacionadas com a ausência de rastreabilidade de produtos, a desorganização física do espaço, a segurança no armazenamento e a ausência de procedimentos normalizados, o que reflete um nível de maturidade baixo na prática dos 5S e, consequentemente, uma fraca cultura orientada para a melhoria contínua.

Através da aplicação articulada de ferramentas *Lean*, foi possível detectar os modos de falha com maior impacto, bem como compreender as suas causas estruturais. A análise ABC, por sua vez, permitiu identificar quais os artigos com maior impacto económico por categoria funcional e classificá-los por classes. Esta base analítica robusta fundamenta a proposta de um plano de acção integrado, que será apresentado ao longo deste capítulo.

O plano de melhoria tem como ponto de partida a Matriz A3, que consolida de forma estruturada a caracterização do estado actual, os objectivos operacionais a alcançar e as causas estruturais subjacentes aos principais problemas identificados. A definição das acções não se baseia apenas na criticidade expressa pelo RPN, mas também na lógica sequencial de implementação, que privilegia a eliminação de constrangimentos organizacionais e físicos antes da introdução de soluções digitais. Com o suporte do método 5W2H, são definidas intervenções específicas, calendarizadas, com responsáveis atribuídos e custos estimados, assegurando a exequibilidade técnica e a coerência estratégica da implementação.

A aplicação do ciclo PDCA orienta a execução do plano, assegurando a monitorização sistemática dos resultados, a correcção de desvios e a consolidação progressiva das boas práticas. Neste contexto, destaca-se a elaboração de uma SOP, a título de exemplo, cuja função é garantir a padronização e sustentabilidade das sugestões de melhoria propostas.

A SOP desenvolvida visa assegurar a consistência, repetibilidade e escalabilidade dos processos optimizados, prevenindo a reincidência das falhas identificadas. Para além da sua função estruturante no plano actual, esta SOP poderá servir como base documental e metodológica para futuras intervenções de digitalização noutros armazéns ou unidades operacionais da organização. Trata-se de uma SOP de carácter transversal e

holístico, concebida para padronizar o próprio processo de melhoria contínua implementado neste projecto. Esta referência metodológica poderá ser aplicável a futuras iniciativas de reorganização logística, consolidando as práticas, os critérios de priorização e os mecanismos de controlo adoptados.

O plano de acção procura, assim, mitigar de forma estrutural as falhas identificadas, criar condições técnicas e organizacionais para a futura integração de um sistema WMS e promover, de forma integrada:

- Um sistema de localização e codificação padronizado, alinhado com o ERP/WMS;
- Controlo automatizado e visual dos níveis de *stock*;
- Processos de *picking* eficientes, rastreáveis e normalizados;
- Um ambiente operacional limpo, seguro e organizado;
- Uma cultura de disciplina e melhoria contínua sustentada nos princípios dos 5S;
- A institucionalização das práticas propostas através de SOPs acessíveis, validadas e actualizadas periodicamente.

## 5.1 Aplicação da Matriz A3

A Matriz A3 assume um papel central na presente proposta de melhoria, funcionando como um suporte lógico integrador que articula os principais componentes do diagnóstico: a descrição dos problemas, a identificação das suas causas estruturais, os objectivos a alcançar e as acções estratégicas definidas. A sua apresentação conceptual encontra-se na Secção 3.4.1. Na prática, a sua construção baseou-se nas falhas detetadas durante a auditoria 5S, bem como na análise crítica dos processos logísticos em vigor no armazém de ferragens. A estrutura segue as orientações metodológicas da abordagem A3 e incorpora, de forma central, a tabela 5W2H, utilizada para desdobrar cada problema crítico em dimensões operacionais concretas. A versão integral da Matriz A3 poderá ser consultada no **Anexo D – Matriz A3 do Projeto de Melhoria**, disponível na página 134.

A adopção desta ferramenta no contexto do projecto permitiu organizar, de forma clara, analítica e fundamentada, todos os elementos que sustentam o plano de acção. A Matriz A3 — amplamente reconhecida no âmbito da gestão *Lean* — proporciona uma visão estruturada da situação actual (*As-Is*), das causas e constrangimentos existentes, dos objectivos futuros pretendidos (*TO-BE*) e das acções necessárias para a transição entre esses dois estados. Esta coerência metodológica assegura que o plano de melhoria está alinhado com as prioridades operacionais e as capacidades reais da organização.

Embora os elementos da situação actual e da análise causal já tenham sido desenvolvidos em profundidade no Capítulo 4, esta secção apresenta uma síntese dos principais

componentes da Matriz A3, com foco na operacionalização das soluções propostas e na sua integração com as etapas subsequentes do plano de melhoria.

### 5.1.1 Descrição do Problema

Conforme verificado ao longo do documento, a gestão do *stock* no armazém de ferragens revela falhas recorrentes, que persistem mesmo com o registo de movimentos no sistema ERP. Verificam-se com frequência discrepâncias entre o *stock* físico e o digital, com peças não registadas ou com quantidades incorrectas no sistema. Esta desarticulação compromete a fiabilidade da informação, provoca duplicação de encomendas, aumenta o *stock* parado e gera perda de confiança por parte da equipa comercial. O resultado é um ciclo de ineficiência, desperdício de tempo e elevação de custos operacionais.

### 5.1.2 Situação Actual (As-Is)

A operação actual caracteriza-se por um sistema de gestão de *stock* com baixa fiabilidade e inexistência de rastreabilidade digital de produtos, persistindo disfunções críticas, tais como:

1. Ausência de codificação padronizada nos alvéolos.
2. Inexistência de mecanismos visuais de controlo de níveis de *stock*.
3. Organização física desordenada e práticas de limpeza informais.

As discrepâncias entre registos físicos e digitais geram desconfiança nos dados, limitando a tomada de decisão e dificultando o escoamento eficiente dos produtos.

### 5.1.3 Análise das Causas e Confirmação das Causas-Raiz

A identificação das causas dos problemas diagnosticados no armazém constitui uma etapa fundamental no processo de melhoria contínua. Com base na auditoria 5S, na análise funcional dos fluxos logísticos e nas observações de campo realizadas durante o projecto, foi possível reunir um conjunto consistente de falhas estruturais e operacionais que sustentam os modos de falha previamente identificados na matriz FMECA. Estas causas encontram-se listadas abaixo:

#### Causas identificadas:

- Falta de segregação e sinalização para materiais perigosos ou incompatíveis.
- Ausência de integração entre ERP e WMS.
- Inexistência de triagem periódica e política de descarte por obsolescência.
- Falta de controlo visual de *stock* (níveis mínimos / máximos, *Kanban*).

- Codificação ineficaz e ausência de lógica funcional nas etiquetas e nos alvéolos.
- Falta de marcações no chão e sinalização visual.
- Ausência de planos formais de limpeza e de rotinas de verificação.
- Baixa adesão aos 5S e falta de rotina disciplinada.
- Inexistência de auditorias internas e de plano de melhoria contínua.
- Acumulação de materiais em zonas mortas.
- Contentores de resíduos mal identificados ou inexistentes.

Para consolidar este diagnóstico e garantir que as intervenções propostas atacam de forma directa os principais factores estruturais, procedeu-se à validação das causas através de triangulação com os operadores, observações no *Gemba* e cruzamento com os modos de falha mais críticos. Assim, foram confirmadas as seguintes causas-raiz:

**Causas-raiz confirmadas:**

- Falta de integração entre sistemas físicos e digitais (ERP/WMS).
- Ausência de políticas formais para triagem, organização, limpeza e codificação.
- Inexistência de práticas padronizadas nos processos logísticos (*picking*, reposição, arrumação).
- Cultura organizacional frágil, com baixa adesão aos 5S.
- Falta de acompanhamento sistemático, auditorias internas e de KPIs.

#### **5.1.4 Situação Futura (*To-Be*)**

Com base na análise crítica efectuada, o estado futuro desejado para o armazém de ferragens assenta num modelo de gestão fiável, padronizado e digitalmente rastreável, sustentado em boas práticas logísticas e nos princípios do pensamento *Lean*. O objectivo é criar condições técnicas, operacionais e culturais que possibilitem a futura integração de um sistema WMS com o ERP, promovendo uma operação limpa, eficiente e com elevada visibilidade.

Especificamente, pretende-se alcançar:

- Um sistema de localização por alvéolos com codificação lógica e padronizada.
- Identificação inequívoca de todos os produtos com códigos alfanuméricos ou *QR Code*, desde a recepção até à expedição.
- Criação das bases para integração digital com o WMS, sustentada na codificação, triagem visual e parametrização de dados no ERP.
- Implementação de um processo formal de *picking*, com listas de verificação por OF e controlo final de expedição.

- Apoio à gestão de *stock* através das práticas 5S, incluindo triagens periódicas, organização física padronizada e rotinas de limpeza estruturadas.
- Utilização da análise ABC como critério de decisão para o *layout* físico, definição de prioridades de reposição e controlo de obsolescência.

### 5.1.5 Plano de Acção (5W2H)

A elaboração do plano de acção seguiu uma lógica técnica e estratégica, contemplando não apenas o impacto teórico de cada falha identificada, mas também a sua relação com outras condições fundamentais para o êxito da digitalização do armazém e para a futura integração de um sistema WMS; as bases conceptuais da ferramenta são introduzidas na Secção 3.4.2. Deste modo, optou-se por ordenar as acções segundo a sua viabilidade prática, assegurando a eliminação de constrangimentos estruturais e criando as bases necessárias para que as etapas seguintes possam ser implementadas de forma sustentada.

Dessa forma, a priorização das intervenções não se restringiu aos valores de RPN, tendo igualmente em conta a necessidade de garantir condições organizacionais e físicas mínimas que viabilizem, numa fase posterior, a adopção eficaz de soluções digitais de rastreabilidade e suporte à decisão. Esta abordagem justifica, por exemplo, que a segunda acção com um valor de RPN mais elevado surja apenas como a antepenúltima acção a desenvolver na prática.

A Tabela 5.1 apresenta o plano de acção detalhado segundo a metodologia 5W2H, funcionando como um aprofundamento dos elementos previamente sintetizados na Tabela 4.3, na Secção 4.3 do capítulo anterior. Aos cinco elementos iniciais dos 5W, foram acrescentados os dois “H” — **How?** (Como será executada a acção?) e **How much?** (Qual o custo da sua implementação?) —, os quais permitem uma visão mais completa e operacional da estratégia definida. Com esta integração, a Tabela 4.3 evolui naturalmente para o formato 5W2H completo, conforme evidencia a Tabela 5.1.

Para cada problema enumerado, são apresentadas as respectivas acções correctivas, os responsáveis pela sua concretização, os locais de intervenção, os recursos envolvidos e o custo estimado. Este plano constitui o alicerce da implementação progressiva do projecto de melhoria no armazém de ferragens da empresa, assegurando uma evolução coerente, lógica e sustentada, com vista à rastreabilidade dos artigos e à digitalização das operações logísticas.

**Tabela 5.1: Plano de Acção 5W2H — Acções de Melhoria Prioritárias**

| <b>Problemas Identificados</b>                                                                                   | <b>Como? (How?)</b>                                                                                                                                                            | <b>Quanto? (How Much?)</b>                                                                                                                     | <b>RPN</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Armazenamento conjunto de materiais incompatíveis (ex.: químicos com outros produtos)                            | Adquirir armário de segurança homologado para produtos inflamáveis e realocar materiais incompatíveis; reforçar formação em SST                                                | Armário de segurança (2.500€), 2h operador reorganização (10€/h = 20€), 2h formação SST (20€/h = 40€), sinalética (20€). <b>Total: 2.580 €</b> | 378        |
| Falta de cultura de disciplina operacional: fraca adesão aos 5S, baixa formação e envolvimento dos colaboradores | Implementar programa de formação 5S com acções práticas e reforço periódico                                                                                                    | 24h da Qualidade (15€/h = 360€), 4h Formação Interna (2 Colaboradores × 10€/h = 80€). <b>Total: 160 €</b>                                      | 216        |
| Ausência de triagem e descarte regular de materiais não conformes ou obsoletos                                   | Implementar rotina mensal com calendário afixado e <i>checklist</i> 5S impressa. ( <b>Ver Template no Anexo B – Auditoria Interna Inicial - 5S, disponível na página 131</b> ) | 4h da Qualidade (1 colaborador a 15€/h = 60€), 4h Operador de Armazém (10€/h = 40€). <b>Total: 100 €</b>                                       | 294        |
| Presença de materiais espalhados no chão ou acumulados em zonas mortas, sem utilidade real                       | Criar zonas tampão sinalizadas com fita de chão amarela e verificação semanal no <i>Gemba Walk</i> . ( <b>Ver Anexo E – Layout Proposto, disponível na página 135</b> )        | Fita de pavimento (20€), 2h Operador de Armazém (10€/h = 20€). <b>Total: 40 €</b>                                                              | 168        |
| Inexistência de contentores apropriados para resíduos comuns e recicláveis                                       | Adquirir <i>ecopontos</i> para separação da reciclagem (papel/cartão, plástico/embalagens, indiferenciado)                                                                     | 3 contentores com tampa basculante (3 × 60€) = 180€. <b>Total: 180 €</b>                                                                       | 150        |

| Problemas Identificados                                                                                                    | Como? (How?)                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Quanto? (How Much?)                                                                                                | RPN |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Falta de planos de limpeza operacionais, com tarefas atribuídas e listas de verificação                                    | Criar plano visual de limpeza com periodicidade (diária/semanal), responsáveis atribuídos e <i>checklist</i> impressa                                                                                                                                                                         | Impressão de 1 <i>checklist</i> plastificada (10€), 8h Colaborador Qualidade (15€/h = 120€). <b>Total: 130 €</b>   | 216 |
| Ausência de organização física padronizada (marcações no pavimento, sinalética, mapas)                                     | Desenvolver <i>layout</i> funcional com mapas actualizados e sinalética suspensa por zona. (Ver Anexo E – <i>Layout Proposto</i> , disponível na página 135)                                                                                                                                  | Impressão de mapas plastificados (10€), 6h da Qualidade (15€/h = 90€). <b>Total: 100 €</b>                         | 210 |
| Sistema de localização e identificação de materiais ineficaz — códigos alfanuméricos sem lógica funcional                  | Criar codificação lógica por corredor/nível vertical/nível horizontal, imprimir etiquetas autocolantes e registar localizações no ERP/WMS. (Ver Anexo F – Proposta Etiquetação (Corredor A) e Anexo G – Proposta Etiquetação (Corredor B), disponíveis respectivamente nas páginas 136 e 137) | Papel autocolante (20€), 20h da Qualidade (15€/h = 300€), 8h de Operador (10€/h = 80€). <b>Total: 400 €</b>        | 288 |
| Ausência de mecanismos de controlo visual de <i>stock</i> , como níveis mínimos/máximos definidos ou cartões <i>Kanban</i> | Parametrizar níveis mínimos/máximos no WMS/ERP com alertas automáticos de reabastecimento                                                                                                                                                                                                     | 8h Colaborador de Serviço de Compras (15€/h) = 120€. <b>Total: 120 €</b>                                           | 294 |
| Gestão de inventário não suportada por WMS nem por KPIs, limitando rastreabilidade e decisão                               | Integrar ERP com WMS e criar procedimentos de <i>picking</i> com terminais PDA e códigos de barras                                                                                                                                                                                            | Serviço Externo WMS (5000€), 2 terminais PDA (2 × 500€ = 1000€), impressora etiquetas (250€). <b>Total: 6250 €</b> | 336 |

| Problemas Identificados                                                       | Como? (How?)                                                                                                          | Quanto? (How Much?)                                                                                   | RPN |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Falta de normalização e de visibilidade de procedimentos no local de trabalho | Redigir e afixar SOPs visuais com instruções claras e padronizadas                                                    | Impressão de 3 SOPs plastificadas (3 × 10 €), 6h da Qualidade (15 €/h = 90 €).<br><b>Total: 120 €</b> | 180 |
| Inexistência de auditorias sistemáticas e planeamento da melhoria contínua    | Definir calendário fixo de auditorias internas, aplicar ciclo PDCA e manter registo padronizado de acções correctivas | 8h da Qualidade (15 €/h) = Total: 120 €. <b>Total: 120 €</b>                                          | 175 |

Fonte: Elaboração própria.

### 5.1.6 Avaliação dos Indicadores de Desempenho

Para monitorizar a implementação e sustentabilidade do plano de acção, foram definidos os seguintes KPIs:

- **Precisão do *stock*:** mede a correspondência entre o *stock* físico e o registado no ERP. (Frequência de actualização: Mensal ou por amostragem).

$$\frac{\text{Nº de itens com } \textit{stock} \text{ correcto}}{\text{Nº total de itens verificados}} \times 100$$

- **% de Ruturas de *stock*:** indica a percentagem de pedidos com falhas de disponibilidade. (Frequência de actualização: Mensal).

$$\frac{\text{Nº de pedidos com ruturas}}{\text{Nº total de pedidos no mês}} \times 100$$

- **Tempo Médio de *Picking*:** reflecte a eficiência da organização física e lógica do armazém. (Frequência de actualização: Semanal ou mensal).

$$\frac{\text{Tempo total de } \textit{picking}}{\text{Nº de pedidos cronometrados}}$$

- **Taxa de Adesão às Práticas 5S:** mede a conformidade com os cinco sentidos. (Frequência de actualização: Mensal ou trimestral.)

$$\frac{\text{Pontuação obtida na auditoria 5S}}{\text{Pontuação máxima possível}} \times 100$$

## 5.2 Estratégia de Implementação com Ciclo PDCA

A execução das acções será organizada segundo a metodologia de melhoria contínua PDCA, de forma a garantir uma implementação estruturada, participativa e sustentada ao longo do tempo (ver Secção 3.4.4). Este ciclo constitui uma ferramenta essencial na filosofia *Lean*, permitindo, não apenas, o cumprimento das acções propostas, mas também a monitorização sistemática dos seus efeitos e a introdução de ajustamentos sempre que necessário.

- **Plan (Planear):** Com base nas prioridades estabelecidas na Tabela 5.1, será elaborado um plano de acção detalhado com cronograma, responsáveis, recursos e KPIs. Esta fase incluirá sessões de alinhamento com as equipas operacionais e de qualidade, garantindo que as acções sejam compreendidas e exequíveis no contexto real do armazém.
- **Do (Executar):** A implementação das acções será feita de forma faseada, com base nas intervenções definidas pelo método 5W2H. A execução envolverá os colaboradores directamente afectos às áreas de intervenção, com registos fotográficos e relatórios de acompanhamento sempre que necessário. Algumas acções, como a redefinição do *layout* visual, a delimitação de zonas tampão e a elaboração de planos de limpeza, terão carácter imediato; outras, como a integração de sistemas digitais (ERP / WMS), exigirão apoio técnico externo e maior coordenação interdepartamental.
- **Check (Verificar):** Após a execução de cada conjunto de acções, será conduzida uma verificação sistemática através de auditorias internas e análises comparativas com os indicadores definidos na fase de planeamento. Esta verificação permitirá avaliar se houve efectiva redução dos RPN dos modos de falha identificados, bem como se os fluxos logísticos, a organização do espaço e os procedimentos operacionais registaram melhorias mensuráveis.
- **Act (Actuar):** Com base nos resultados obtidos, serão implementadas acções correctivas ou de reforço. Esta fase visa institucionalizar as boas práticas, rever procedimentos normalizados (SOPs) e ajustar os planos futuros com base na evidência empírica recolhida. As acções com maior impacto serão consolidadas como práticas padrão, assegurando a sustentabilidade da melhoria e promovendo a cultura de melhoria contínua.

A aplicação sistemática do ciclo PDCA assegura que as melhorias propostas não se

limitem a intervenções pontuais, mas sim a um processo contínuo de evolução operacional no armazém de ferragens da empresa, alinhado com os princípios da excelência operacional, da padronização e da gestão pela qualidade total.

### 5.2.1 Roteiro de Acções de Melhoria

A implementação estruturada das ações definidas ao longo deste capítulo será guiada por um roteiro de execução visual e sistemático, ancorado no ciclo de melhoria contínua PDCA e no plano de ações 5W2H desenvolvido anteriormente (ver Secção 5.1.5). Este roteiro encontra-se sintetizado na Figura 5.1, que apresenta as doze acções prioritárias delineadas, com base na metodologia 5W2H, evidenciando para cada uma delas os prazos previstos, os responsáveis designados, os custos estimados e o estado de execução correspondente, apresentando ainda os KPIs mais relevantes.

| Plano de Acções Correctivas |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                            |                                                                                |            |         |                       |               |                               |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|---------|-----------------------|---------------|-------------------------------|
| Nº                          | Problemas Identificados                                                                                                                                    | Acção                                                                                                                                      | Responsáveis                                                                   | Dia Início | Dia Fim | Tempo Estimado (Dias) | Estado (PDCA) | KPI                           |
| 1                           | Armazenamento conjunto de materiais incompatíveis (ex.: químicos com outros produtos)                                                                      | Adquirir armário de segurança homologado para produtos inflamáveis e realocar materiais incompatíveis; reforçar formação em SST            | Departamento de Qualidade, Serviço de Compras e Operadores de Armazém          | Dia 0      | Dia 15  | 15                    | Planeado (P)  |                               |
| 2                           | Falta de cultura de disciplina operacional: fraca adesão aos SS, baixa formação e envolvimento dos colaboradores                                           | Implementar programa de formação SS com ações práticas e reforço periódico                                                                 | Administração e Departamento de Qualidade e Operadores de Armazém              | Dia 5      | Dia 15  | 10                    | Planeado (P)  | Taxa de Adesão às Práticas SS |
| 3                           | Ausência de triagem e descarte regular de materiais não conformes ou obsoletos                                                                             | Implementar rotina mensal com calendário afixado e checklist SS impressa                                                                   | Departamento de Qualidade e Operadores de Armazém                              | Dia 10     | Dia 14  | 4                     | Planeado (P)  | Precisão do stock             |
| 4                           | Presença de materiais espalhados no chão ou acumulados em zonas mortas, sem utilidade real                                                                 | Criar zonas também sinalizadas com fita de chão amarela e verificação semanal no Gemba Walk.                                               | Operadores de Armazém                                                          | Dia 15     | Dia 20  | 5                     | Planeado (P)  |                               |
| 5                           | Inexistência de contentores apropriados para resíduos comuns e recicláveis                                                                                 | Adquirir ecopontos para separação da reciclagem (papel/cartão, plástico/embalagens, indiferenciado)                                        | Departamento de Qualidade, RH e Operadores de Armazém                          | Dia 0      | Dia 15  | 15                    | Planeado (P)  |                               |
| 6                           | Falta de planos de limpeza operacionais, com tarefas atribuídas e listas de verificação                                                                    | Criar plano visual de limpeza com periodicidade (diária/semanal), responsáveis atribuídos e checklist impressa                             | Departamento de Qualidade, RH e Operadores de Armazém                          | Dia 15     | Dia 20  | 5                     | Planeado (P)  |                               |
| 7                           | Ausência de organização física padronizada (marcações no pavimento, sinalética, mapas)                                                                     | Desenvolver layout funcional com mapas atualizados e sinalética suspensa por zona                                                          | Departamento de Qualidade e Operadores de Armazém                              | Dia 20     | Dia 25  | 5                     | Planeado (P)  |                               |
| 8                           | Sistema de localização e identificação de materiais ineficaz — códigos alfanuméricos sem lógica funcional                                                  | Criar codificação lógica por corredor/nível vertical/nível horizontal, imprimir etiquetas autocolantes e registar localizações no ERP/WMS. | Administração, Departamento de Qualidade e TI                                  | Dia 25     | Dia 35  | 10                    | Planeado (P)  | Tempo Médio de Picking        |
| 9                           | Ausência de mecanismos de controlo visual de stock, como níveis mínimos/máximos definidos ou cartões Kanban, comprometendo a reposição fluida de materiais | Parametrizar níveis mínimos/máximos no WMS/ERP com alertas automáticos de reabastecimento                                                  | Departamento de Compras e de Produção                                          | Dia 35     | Dia 45  | 10                    | Planeado (P)  | % de Rupturas de stock        |
| 10                          | Gestão de inventário não suportada por WMS nem por KPIs, limitando rastreabilidade e decisão                                                               | Integrar ERP com WMS e criar procedimentos de picking com terminais PDA e códigos de barras                                                | Departamento de Qualidade, Compras e Serviço Externo para implementação do WMS | Dia 45     | Dia 110 | 65                    | Planeado (P)  |                               |
| 11                          | Falta de normalização e de visibilidade de procedimentos no local de trabalho                                                                              | Redigir e afixar SOPs visuais com instruções claras e padronizadas                                                                         | Administração e Departamento de Qualidade                                      | Dia 100    | Dia 110 | 10                    | Planeado (P)  |                               |
| 12                          | Inexistência de auditorias sistemáticas e planeamento da melhoria contínua                                                                                 | Definir calendário fixo de auditorias internas, aplicar ciclo PDCA e manter registo padronizado de ações correctivas                       | Administração e Departamento de Qualidade                                      | Dia 111    | Dia 120 | 9                     | Planeado (P)  |                               |

**Figura 5.1: Plano de Acções Correctivas estruturado segundo o método 5W2H**  
Fonte: Elaboração própria

De forma a reforçar o acompanhamento contínuo e dinâmico das intervenções, foi desenvolvida uma ferramenta de controlo baseada numa caixa de selecção de estado (Figura 5.2), que permite classificar o progresso de cada acção segundo as etapas do ciclo PDCA. Esta abordagem visual potencia uma gestão ágil, reactiva e participada, alinhada com os princípios do pensamento *Lean*.

Cada acção é classificada de acordo com uma das seguintes categorias, permitindo uma monitorização clara e objectiva do seu estado actual:

- **Planeado (P)** — acção estruturada e validada, ainda em fase de preparação ou agendamento;
- **Em execução (D)** — acção em curso, com actividades operacionais já iniciadas no terreno;



**Figura 5.2: Interface de controlo visual do estado PDCA das acções**

Fonte: Elaboração própria

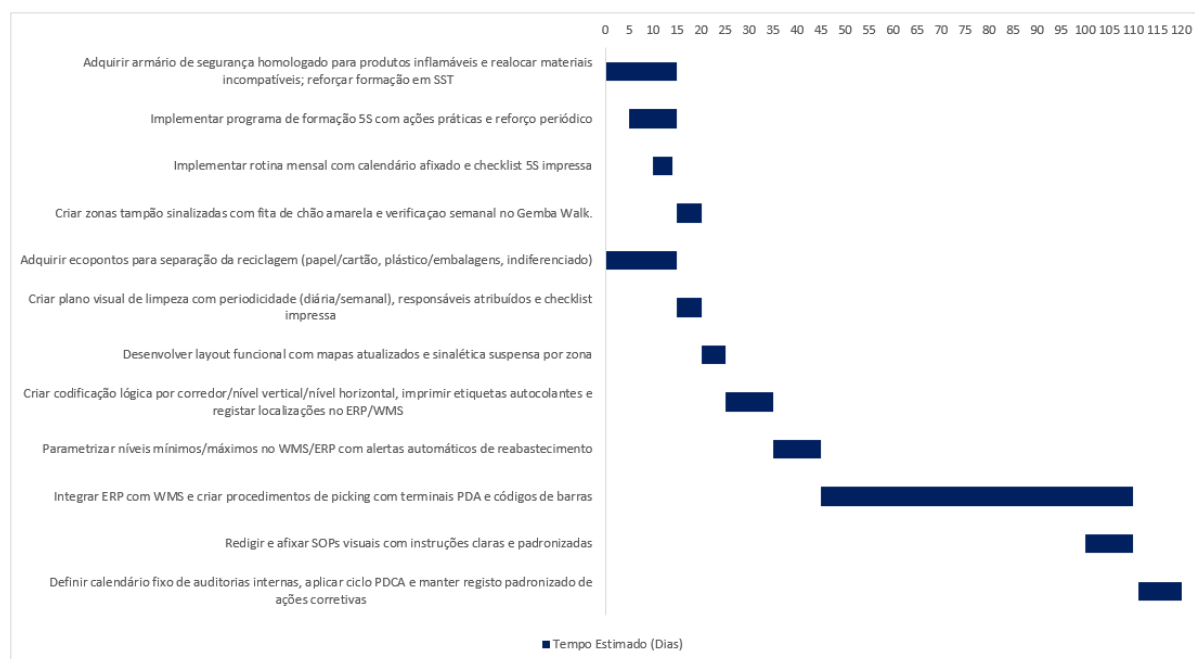
- **Validado (C)** — acção concluída com sucesso e verificada através da monitorização dos KPI;
- **A Rever (A)** — acção executada mas com desvios ou falhas identificadas, carecendo de ajustamento;
- **Cancelado** — acção que, por razões operacionais ou estratégicas, foi retirada do plano de execução.

Este sistema de classificação permite, não apenas, acompanhar a evolução em tempo real, mas também identificar de forma precoce quaisquer desvios, obstáculos ou necessidades de replaneamento. A articulação com o ciclo PDCA garante que a implementação das acções correctivas não seja pontual ou isolada, mas sim parte integrante de um processo contínuo de aprendizagem organizacional, consolidação de boas práticas e reforço da cultura de melhoria contínua.

## 5.2.2 Cronograma de Execução

Com o objectivo de garantir uma visão temporal clara e estruturada da implementação das acções correctivas, foi desenvolvido um cronograma gráfico no formato de Diagrama de *Gantt* (Figura 5.3). Este cronograma, conceptualmente introduzido na Secção 3.4.3, permite visualizar, de forma integrada, a duração estimada de cada acção, a sua sobreposição no tempo e a sequência lógica de execução, conforme previamente definido na elaboração do plano 5W2H.

Cada barra horizontal representa uma acção específica, com início e fim alinhados ao calendário global do projecto. A disposição sequencial das tarefas reflecte a priorização definida segundo critérios de criticidade (RPN), viabilidade prática e pré-requisitos operacionais para a futura integração de um sistema WMS. Desta forma, garante-se que as intervenções mais estruturantes são implementadas nas fases iniciais, criando as condições físicas e organizacionais necessárias para as acções tecnológicas subsequentes.



**Figura 5.3: Cronograma de execução das acções correctivas — Diagrama de Gantt**  
 Fonte: Elaboração própria

A representação temporal através do *Gantt* assegura uma leitura simples e imediata do progresso e da articulação entre tarefas, facilitando a gestão de recursos, o planeamento das auditorias de verificação e a comunicação com os *stakeholders* do projecto. A sua actualização contínua, em articulação com o estado PDCA de cada acção, constitui um instrumento fundamental de suporte à implementação do projecto e ao acompanhamento da melhoria contínua.

### 5.3 Procedimento Operacional Padronizado — Armazém de Ferragens

Com base nos problemas identificados e nas acções de melhoria propostas neste capítulo, foi desenvolvida uma SOP (*Standard Operating Procedure*, em literatura inglesa e em português designado Procedimento Operacional Padrão) institucional que consolida, de forma estruturada e transversal, os procedimentos logísticos essenciais para o bom funcionamento do armazém de ferragens da empresa. Esta iniciativa surge como resposta à necessidade de padronizar operações críticas como a recepção, o armazenamento, o controlo de inventário, a expedição de peças e a gestão digital de registos de movimentos, garantindo consistência, rastreabilidade e segurança ao longo de todo o fluxo interno de materiais. Uma introdução ao uso de SOP's em contextos industriais encontra-se na Secção 3.4.5.

A implementação da SOP visa reforçar a disciplina operacional, reduzir a variabilidade dos processos e estabelecer as bases operacionais para a futura digitalização e

integração com sistemas ERP/WMS. A sua estrutura contempla orientações claras sobre a execução de tarefas, responsabilidades atribuídas, requisitos técnicos mínimos e métricas de desempenho, alinhando as práticas do armazém com os princípios da melhoria contínua e da gestão *Lean*.

A SOP aplica-se a todos os colaboradores envolvidos na operação do armazém e deverá servir como documento de referência para acções de formação, auditoria e avaliação de desempenho. O seu conteúdo será revisto anualmente ou sempre que se verifiquem alterações significativas nos processos.

A sua estrutura está organizada em seis secções principais, conforme enumerado abaixo:

- **1. Objectivo** — define o propósito do procedimento;
- **2. Âmbito** — delimita o seu campo de aplicação;
- **3. Responsabilidades** — atribui funções específicas às partes envolvidas;
- **4. Definições e Abreviaturas** — clarifica os termos técnicos utilizados;
- **5. Procedimento** — subdividido em:
  - 5.1 Recepção e Inspeção de Peças,
  - 5.2 Armazenamento de Peças,
  - 5.3 Controlo de Inventário,
  - 5.4 Expedição de Peças,
  - 5.5 Segurança no Armazém,
  - 5.6 Manutenção de Registos;

Esta organização visa garantir clareza, padronização e facilidade de consulta para todos os intervenientes. O conteúdo integral da SOP pode ser consultado no **Anexo H – SOP de Gestão do Armazém de Ferragens** (disponível na página [138](#), onde se encontram descritas todas as instruções operacionais aplicáveis à gestão logística do armazém de ferragens da empresa.

## 5.4 Análise de Viabilidade Financeira do Projecto

Após a realização do diagnóstico aprofundado ao estado actual do armazém de ferragens da empresa, foi possível identificar doze problemas críticos com elevado impacto operacional, dos quais derivaram propostas de melhoria concretas e quantificadas. Esta secção tem como objectivo avaliar a viabilidade global da implementação dessas propostas, com base em critérios financeiros, técnicos e estratégicos.

### 5.4.1 Enquadramento Geral do Investimento

O conjunto das doze acções propostas representa um investimento total estimado de **10.300 €**, considerando materiais, serviços externos e horas de trabalho interno. Quando comparado com o **valor total do inventário armazenado — 62.091,59 € —** este investimento representa apenas **16,59% do valor do activo em stock**. Esta relação directa permite concluir que o esforço financeiro necessário para implementar todas as melhorias é proporcionalmente reduzido face ao montante que pretende proteger e otimizar.

### 5.4.2 Classificação do Investimento: CAPEX Operacional

As intervenções previstas no plano de acção enquadram-se na tipologia de **CAPEX operacional de curta maturação**, uma vez que representam investimentos em activos tangíveis e estruturais directamente ligados ao funcionamento e melhoria contínua do armazém. Este tipo de despesa visa otimizar os processos logísticos internos, aumentar a eficiência na gestão de materiais e reforçar os requisitos de segurança e conformidade normativa.

Entre os exemplos de CAPEX considerados incluem-se: a aquisição de *software* WMS, a introdução de dispositivos de leitura óptica (PDAs) e impressoras de etiquetas, a reorganização do *layout* físico com base na análise ABC, a instalação de sinalética vertical e horizontal, a compra de contentores de resíduos segregados e o armário homologado para o armazenamento seguro de produtos químicos.

Estas aquisições têm impacto directo e imediato na operação diária, permitindo ganhos de produtividade, rastreabilidade, segurança e controlo. Por se tratarem de investimentos de baixo a moderado custo unitário, com elevado potencial de retorno qualitativo e baixo risco financeiro, são enquadrados como **estratégicos**, mesmo em contextos de contenção orçamental. A maturação destes investimentos é curta, na medida em que os benefícios operacionais podem ser observados num horizonte temporal reduzido (inferior a 12 meses), através da redução de falhas, diminuição de desperdícios e aumento da visibilidade do inventário.

O enquadramento como CAPEX e não como OPEX e justifica-se pelo facto de estas intervenções envolverem a aquisição de bens de uso duradouro e melhorias permanentes na infra-estrutura logística da empresa, contribuindo para a valorização do activo físico e organizacional da mesma.

Importa ainda frisar que apesar de alguns destes investimentos não gerarem retorno financeiro directo ou imediato (como é o caso da sinalética e das formações), o seu valor reside na mitigação de riscos operacionais e no reforço da maturidade organizacional, alinhando-se com as melhores práticas da gestão *Lean* e com os objectivos de excelência operacional.

### 5.4.3 Critérios de Avaliação e Métricas Financeiras

A viabilidade financeira do plano foi analisada com base em três dimensões complementares:

1. **Custo de Prevenção:** Custo de evitar falhas futuras, como perdas por obsolescência, erros de separação, *stock* imobilizado ou acidentes por má organização.
2. **Proporção sobre o activo:** Custo total das acções em relação ao valor do inventário (10.300 € vs 62.091,59 €).
3. **RPN médio por proposta:** Priorização baseada na matriz FMECA, onde os problemas com maior RPN foram resolvidos com acções de custo ajustado ao risco identificado.

A média dos RPNs das propostas priorizadas é superior a 240 pontos, reforçando a sua criticidade.

### 5.4.4 Relação Custo-Benefício

Do ponto de vista da **relação custo-benefício**, observa-se que várias acções com custo unitário reduzido resolvem falhas com elevado potencial de interrupção. Exemplo disso é a proposta de criação de zonas tampão sinalizadas, com custo inferior a 50 €, mas que mitiga falhas recorrentes na circulação de operadores e no depósito indevido de materiais. Na Tabela 5.2 apresenta-se uma síntese da relação entre **custo da acção** e **criticidade** (RPN) para os doze problemas diagnosticados.

**Tabela 5.2: Síntese da relação entre custo da acção e criticidade (RPN)**

| Problema Identificado                    | Custo (€) | RPN | €/RPN |
|------------------------------------------|-----------|-----|-------|
| Materiais perigosos mal armazenados      | 2.580     | 378 | 6,83  |
| Falta de WMS e rastreabilidade           | 6.250     | 336 | 18,60 |
| Controlo visual de <i>stock</i> ineficaz | 120       | 294 | 0,41  |
| Triagem de materiais obsoletos           | 100       | 294 | 0,34  |
| Codificação de localizações              | 400       | 288 | 1,39  |
| Formação 5S e cultura disciplinada       | 160       | 216 | 0,74  |
| Plano de limpeza visual                  | 130       | 216 | 0,60  |
| <i>Layout</i> físico não padronizado     | 100       | 210 | 0,48  |
| Falta de auditorias internas             | 120       | 175 | 0,69  |
| SOPs não visíveis                        | 120       | 180 | 0,67  |

(continua na página seguinte)

| Problema Identificado                 | Custo (€)     | RPN      | €/RPN       |
|---------------------------------------|---------------|----------|-------------|
| Materiais espalhados no chão          | 40            | 168      | 0,24        |
| Ausência de contentores de reciclagem | 180           | 150      | 1,20        |
| <b>Total / Média</b>                  | <b>10.300</b> | <b>—</b> | <b>1,02</b> |

Fonte: Elaboração própria

Como se observa, a maioria das acções tem um **custo por ponto RPN resolvido inferior a 1€**, o que representa um excelente rácio de priorização e investimento, sustentando a eficácia da matriz FMECA como ferramenta de auxílio para a tomada de decisão.

### 5.4.5 Conclusão: Viabilidade da Implementação

Com base na análise integrada dos custos, da gravidade dos problemas diagnosticados e do retorno operacional esperado, conclui-se que a implementação do plano de acções é viável, financeiramente sustentável e estrategicamente justificada. A proposta apresenta:

- Um **investimento total inferior a 17% do valor do inventário**, com potencial de retorno indirecto elevado;
- Uma estrutura de acções ancorada em diagnósticos reais (5S, FMECA, ABC), priorizada com base em risco (RPN) e aplicável com recursos internos;
- Um perfil de investimento classificado como **CAPEX de curta maturação**, com elevado impacto no controlo, rastreabilidade e organização do armazém;
- Um elevado **alinhamento com os princípios *Lean* e práticas de melhoria contínua**, reforçando a competitividade e a resiliência logística da empresa.

A análise realizada permite, assim, afirmar que o plano de melhoria é viável não apenas em termos económicos, mas também em termos operacionais, técnicos e estratégicos, contribuindo de forma clara para o rastreamento, controlo e fiabilidade dos artigos em *stock*, no armazém de ferragens da Organização.

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objectivo propor melhorias estruturadas e integradas para a gestão do armazém de ferragens de uma PME nacional, que actua no sector da comercialização e transformação de vidro, com vista a um melhor controlo do *stock* do armazém e à implementação de um sistema WMS, que permita efectuar a rastreabilidade dos artigos e uma melhoria na eficiência operacional. A abordagem metodológica seguiu uma lógica sistemática e progressiva, iniciando-se com o diagnóstico detalhado do estado actual (Capítulo 4) e culminando na definição de um plano de acção realista e exequível (Capítulo 5).

No Capítulo 4, foram aplicadas diversas ferramentas *Lean* e de engenharia da qualidade — incluindo a auditoria 5S, análise 5W, Diagrama de Ishikawa, matriz FMEA e FMECA e a análise ABC — que permitiram identificar e priorizar doze problemas críticos que afectam a organização física, lógica e digital do armazém. Estes problemas foram analisados de forma cruzada, permitindo compreender, não só os seus impactos logísticos, mas também as causas estruturais que os originam.

A definição do plano de acção constituiu uma etapa crucial deste trabalho, ao traduzir o diagnóstico técnico e as análises efectuadas em propostas concretas e exequíveis. A lógica subjacente à sua elaboração procurou ir além da simples ordenação por valores de RPN, integrando critérios de viabilidade prática e de preparação progressiva do sistema logístico para futuros avanços tecnológicos. Ao considerar a interdependência entre as falhas identificadas e os requisitos essenciais à digitalização e à implementação de um sistema WMS, garantiu-se uma sequência de acções coerente e estruturante.

Neste contexto, a priorização das intervenções reflectiu uma visão sistémica e estratégica, onde a eliminação de constrangimentos estruturais e a criação de condições organizacionais e físicas mínimas foram assumidas como pré-requisitos para a adopção eficaz de soluções digitais. Tal abordagem explica, por exemplo, o posicionamento diferido de determinadas acções com elevado valor de RPN, em benefício de uma lógica de implementação faseada, sustentada e com maior probabilidade de sucesso operacional a médio e longo prazo.

Conclui-se, portanto, que a implementação das propostas delineadas é não só viável, mas também estratégica, proporcionando ganhos tangíveis e duradouros em eficiência, segurança e competitividade.

Importa ainda salientar que, embora o foco principal deste projecto tenha incidido sobre o controlo de *stock* e a eficiência logística, a auditoria 5S revelou falhas críticas que

transcendem esse contexto, nomeadamente a ausência de condições adequadas para o armazenamento de produtos perigosos. A proposta de maior custo directamente relacionada com segurança operacional (2.580,00€), corresponde à aquisição de um armário de segurança para materiais inflamáveis. Apesar de não incidir directamente sobre a gestão de inventário, esta medida foi incluída pela sua elevada pontuação RPN (378) — o valor mais elevado de todos os modos de falha identificados — o que justifica plenamente a sua implementação prioritária.

Ainda que a proposta não tenha sido implementada até à data de conclusão da dissertação, por limitações internas da organização, o seu valor técnico permanece intacto. O modelo desenvolvido demonstra ser aplicável a outras PME industriais com armazéns desestruturados, oferecendo uma metodologia robusta, baseada em ferramentas *Lean*, critérios de criticidade e lógica de priorização de investimentos.

A nível pessoal e profissional, este projecto representou uma oportunidade ímpar de aplicar conhecimentos de EGI num contexto real, evidenciando a importância da articulação entre boas práticas operacionais e as soluções digitais que a nova economia centrada em dados vem trazer. O exercício de integrar cultura *Lean* com sistemas de suporte, como o WMS, constitui uma das principais aprendizagens desta dissertação: é na sinergia entre processos bem definidos e tecnologias bem aplicadas que reside o verdadeiro salto de maturidade logística.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação piloto das acções propostas, com acompanhamento sistemático dos KPIs definidos, destacando-se a importância de consolidar a mudança cultural, com envolvimento activo da gestão de topo e formação contínua dos colaboradores, sem os quais qualquer transformação organizacional será sempre incompleta.

Em suma, espera-se que esta dissertação contribua, não apenas, para a melhoria operacional do armazém de ferragens auditado, mas também para o avanço do conhecimento aplicado à gestão de armazéns industriais, reforçando a ponte entre a importância da implementação de sistemas digitais, como o WMS, e a consolidação de uma cultura *Lean*. Esta sinergia entre tecnologia e mentalidade de melhoria contínua constitui a base para alcançar a excelência operacional, promovendo práticas mais eficientes, sustentáveis e orientadas para o futuro. Ao integrar estes dois pilares — cultura organizacional *Lean* e a digitalização — estabelece-se um caminho sustentando e com bases sólidas rumo à Indústria 4.0, capaz de responder de forma ágil e competitiva aos desafios contemporâneos da logística industrial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, S. W., Hesford, J. W., & Young, S. M. (2002). Factors influencing the performance of activity based costing teams: a field study of ABC model development time in the automobile industry. *Accounting, Organizations and Society*, 27(3), 195–211. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0361-3682\(01\)00057-5](https://doi.org/10.1016/S0361-3682(01)00057-5)
- Arnold, J. R. T., Chapman, S. N., & Clive, L. M. (2007). *Introduction to Materials Management* (6<sup>a</sup> ed.) [Hardcover, 515 pages]. Prentice Hall.
- Baker, P., & Canessa, M. (2009). Warehouse design: A structured approach. *European Journal of Operational Research*, 193(2), 425–436. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.11.045](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.11.045)
- Bartholdi III, J. J., & Hackman, S. T. (2019). *Warehouse & Distribution Science* (4th) [Release 0.98.1. Revised August 16, 2019. Check for the latest version at [www.warehouse-science.com](http://www.warehouse-science.com)]. Georgia Tech.
- Benedict, J. T., & Veilleux, R. F. (1983). *Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Volume 7: Continuous Improvement* (T. Drozda, Ed.; Vol. 7). Society of Manufacturing Engineers.
- Berry, T. D., Johnson, K. L., & Porter, B. E. (2011). Chapter 18 - Speed(ing): A Quality Control Approach. Em B. E. Porter (Ed.), *Handbook of Traffic Psychology* (pp. 249–265). Academic Press. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381984-0.10018-9](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381984-0.10018-9)
- Bertolini, M., Bevilacqua, M., & Massini, R. (2006). FMECA approach to product traceability in the food industry. *Food Control*, 17(2), 137–145. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.09.013](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.09.013)
- Besterfield, D. H., Besterfield-Michna, C., Besterfield, G. H., & Besterfield-Sacre, M. (2003). *Total Quality Management* (3rd). Pearson Education.
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2016). *The Lean Toolbox: A Handbook for Lean Transformation*. Picsie Books. <https://books.google.pt/books?id=AsbPjgEACAAJ>
- Blanchard, B. S., & Fabrycky, W. J. (2010). *Systems Engineering and Analysis* (5th). Prentice Hall.
- Borgave, S., & Sapkal, S. (2020). Applications of Lean Tools for Compressor Assembly Line. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 998(1), 012059. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/998/1/012059>
- Bowles, J. B., & Peláez, C. (1995). Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 50(2), 203–213. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0951-8320\(95\)00068-D](https://doi.org/10.1016/0951-8320(95)00068-D)

- Braaksma, A. J. J., Klingenberg, W., & Veldman, J. (2012). Failure mode and effect analysis in asset maintenance: a multiple case study in the process industry. *International Journal of Production Research*, 51(4), 1055–1071. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.674648>
- Burke, R. (2013). *Project Management: Planning and Control Techniques* (5th). Wiley. <https://books.google.pt/books?id=uJgYAgAAQBAJ>
- Carvalho, J. D. (2021, julho). *Melhoria Contínua nas Organizações*. Lidel.
- Castro, R. A. d. (2016). *Lean Six Sigma - Para Qualquer Negócio* (3ª ed.) [Produção: Manuela Morais; Revisão de texto: Luís Filipe Coelho; 3ª Edição: julho 2016]. IST Press.
- Chakpitak, N., Meksamoot, K., Yodmongkol, P., & Putthinoi, S. (2015). Task process reference model on elderly's lifestyle for cluttered homes of the elderly in Northern Thailand. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, 14(4), 351. <https://doi.org/10.1504/ijesd.2015.072083>
- Chin, K.-S., Wang, Y.-M., Poon, G. K. K., & Yang, J.-B. (2009). Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis [Information product markets]. *Decision Support Systems*, 48(1), 246–256. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dss.2009.08.005>
- Costantino, N., Dotoli, M., Falagario, M., Fanti, M. P., & Mangini, A. M. (2012). A model for supply management of agile manufacturing supply chains [Advances in Optimization and Design of Supply Chains]. *International Journal of Production Economics*, 135(1), 451–457. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.08.021>
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2011). *Gestão da Produção* (7ª ed.). Lidel – Edições Técnicas, Lda.
- Dailey, K. W. (2004). *The FMEA Pocket Handbook* (1ª ed.). DW Publishing Co.
- Davenport, T. H. (1998). Putting the enterprise into the enterprise system. *Harvard Bus. Rev.*, 76(4), 121–131.
- Davis, J. W. (2009). *Lean Manufacturing Implementation Strategies that Work: A Roadmap to Quick and Lasting Success, Volume 1*. Industrial Press, Inc.
- de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481–501. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- Demeter, K., & Matyusz, Z. (2011). The impact of lean practices on inventory turnover [Leading Edge of Inventory Research]. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 154–163. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.031>
- Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis* [Seminal work introducing Deming's 14 Points for Management]. MIT Center for Advanced Engineering Study.

- Dennis, P. (2007). *Lean Production Simplified: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System* (2<sup>a</sup> ed.). Productivity Press.
- dos Reis, L. (2008). *Manual da Gestão de Stocks: Teoria e prática* (2<sup>a</sup> ed.). Editorial Presença.
- Dotoli, M., Fanti, M. P., Meloni, C., & Zhou, M. C. (2005). A multi-level approach for network design of integrated supply chains. *International Journal of Production Research*, 43(20), 4267–4287. <https://doi.org/10.1080/00207540500142316>
- Dotoli, M., Epicoco, N., Falagario, M., Costantino, N., & Turchiano, B. (2015). An integrated approach for warehouse analysis and optimization: A case study. *Computers in Industry*, 70, 56–69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compind.2014.12.004>
- Dukic, G., Česnik, V., & Tihomir, O. (2010). Order-picking Methods and Technologies for Greener Warehousing. *Strojarstvo*, 52, 23–31.
- Ebrahimi, S., Vachal, K., & Szmerekovsky, J. (2022). A Delphi-FMEA model to assess county-level speeding crash risk in North Dakota. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 16, 100688. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100688>
- ElKasrawy, N. H., Farouk, H. A., & Youssef, Y. M. (2025). Maintenance optimization based on modified FMECA: a case study applied to a spinning factory. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 16(1), 73–88. <https://doi.org/10.1007/s13198-024-02617-z>
- Emiliani, M. L. (2005). Using kaizen to improve graduate business school degree programs. *Quality Assurance in Education*, 13(1), 37–52. <https://doi.org/10.1108/09684880510578641>
- Fantin, I. (2014). *Applied Problem Solving: Method, Applications, Root Causes, Countermeasures, Poka-Yoke and A3* (1<sup>a</sup> ed.). CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Filz, M.-A., Langner, J. E. B., Herrmann, C., & Thiede, S. (2021). Data-driven failure mode and effect analysis (FMEA) to enhance maintenance planning. *Computers in Industry*, 129, 103451. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103451>
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). Implementing 5S within a Japanese context: An integrated management system. *Management Decision*, 46(4), 565–579. <https://doi.org/10.1108/00251740810865067>
- Garcia-Garcia, G., Singh, Y., & Jagtap, S. (2022). Optimising Changeover through Lean-Manufacturing Principles: A Case Study in a Food Factory. *Sustainability*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/su14148279>
- Ghatorha, K. S., Sharma, R., & Singh, G. (2021). Lean Manufacturing Through PDCA: A Case Study of a Press Manufacturing Industry. *Proceedings of the International Conference on Industrial and Manufacturing Systems (CIMS-2020)*, 167–187. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-73495-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-73495-4_12)

- Ghoushchi, S. J., Yousefi, S., & Khazaeili, M. (2019). An extended FMEA approach based on the Z-MOORA and fuzzy BWM for prioritization of failures. *Applied Soft Computing*, 81, 105505. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105505>
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2007). Research on warehouse operation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 177(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025>
- Gu, J., Goetschalckx, M., & McGinnis, L. F. (2010). Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review. *European Journal of Operational Research*, 203(3), 539–549. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.07.031>
- Guedes, A. P., Arantes, A. J. M., Martins, A. L., Póvoa, A. P. B., Luís, C. A., Dias, E. B., Dias, J. C. Q., de Menezes, J. C. R., de Carvalho, J. C., Ferreira, L. M. D. F., do Sarmeyro Carvalho, M., Oliveira, R. C., Azevedo, S. G., & Ramos, T. (2020). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento* (J. C. de Carvalho, Ed.; 3ª ed.) [Livro físico, capa mole, publicado a 13 de Outubro de 2020]. Edições Sílabo.
- Gunasekaran, A., & Sarhadi, M. (1998). Implementation of activity-based costing in manufacturing. *International journal of production economics*, 56, 231–242. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(97\)00139-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00139-4)
- Harrington, H. (1991). *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness*. McGraw-Hill Education. <https://books.google.pt/books?id=cf4xJJabZbsC>
- Hassan, S., Wang, J., Kontovas, C., & Bashir, M. (2022). Modified FMEA hazard identification for cross-country petroleum pipeline using Fuzzy Rule Base and approximate reasoning. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 74, 104616. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104616>
- Hicks, B. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation*. Productivity Press.
- Hodkiewicz, M., Klüwer, J. W., Woods, C., Smoker, T., & Low, E. (2021). An ontology for reasoning over engineering textual data stored in FMEA spreadsheet tables. *Computers in Industry*, 131, 103496. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103496>
- Hu, Y.-P., You, X.-Y., Wang, L., & Liu, H.-C. (2019). An integrated approach for failure mode and effect analysis based on uncertain linguistic GRA–TOPSIS method. *Soft Computing*, 23(18), 8801–8814. <https://doi.org/10.1007/s00500-018-3480-7>

- International Electrotechnical Commission. (2018). *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA and FMECA): IEC 60812, Ed. 3.0 (3<sup>a</sup> ed.)*. Distributed through American National Standards Institute (ANSI).
- Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control? The Japanese Way*. Prentice Hall Direct.
- Ismail, Haryati & Mohd Yusof, Zakaria. (2016). Perceptions Towards Non-Value-Adding Activities During The Construction Process. *MATEC Web Conf.*, 66, 00015. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166600015>
- Ivančan, J., & Lisjak, D. (2021). New FMEA Risks Ranking Approach Utilizing Four Fuzzy Logic Systems. *Machines*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/machines9110292>
- Jagusiak-Kocik, M. (2017). PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company - a case study. *Production Engineering Archives*, 14, 19–22. <https://doi.org/10.30657/pea.2017.14.05>
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook (5th)*. McGraw-Hill.
- Kaplan, R., & Norton, D. (2000). *The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment*. Harvard Business Review Press. <https://books.google.pt/books?id=vXKkgk30rtnYC>
- Kerzner, H. (2013). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling (11th)*. Wiley.
- Kuligovski, C., Robert, A. W., Azeredo, C. M. O., Setti, J. A. P., & Aguiar, A. (2020). 5S and 5W2H Tools Applied to Research Laboratories: Experience from Instituto Carlos Chagas - FIOCRUZ/PR for Cell Culture Practices. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-75years-2021200723>
- Kusumasari, W., Rabung, Y. Y., Ilmi, F. M., & Ellizar, E. (2022). Assessing the safety effect through Google Maps usage: FMEA approach (Case study: Indonesia). *Case Studies on Transport Policy*, 10(3), 1917–1929. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.08.006>
- Lam, H., Choy, K., & Chung, S.-H. (2010). Framework to measure the performance of warehouse operations efficiency. *IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 634–639. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2010.5549667>
- Lee, C., Lv, Y., Ng, K. K., Ho, W., & Choy, K. (2017). Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics. *International Journal of Production Research*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1394592>
- Li, M., Gu, S., Chen, G., & Zhu, Z. (2011). A RFID-based Intelligent Warehouse Management System Design and Implementation. *Proceedings - 2011 8th IEEE International Conference on e-Business Engineering, ICEBE 2011*, 178–184. <https://doi.org/10.1109/ICEBE.2011.28>
- Liker, J. (2020). *The Toyota Way, Second Edition: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer (2<sup>a</sup> ed.)*. McGraw Hill.

- Liu, H.-C., Liu, L., Bian, Q.-H., Lin, Q.-L., Dong, N., & Xu, P.-C. (2011). Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 4403–4415. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.110>
- Liu, Z., Bi, Y., & Liu, P. (2022). An evidence theory-based large group FMEA framework incorporating bounded confidence and its application in supercritical water gasification system. *Applied Soft Computing*, 129, 109580. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2022.109580>
- Lock, D. (2020). *Project Management* (10th). Taylor & Francis.
- Lummus, R. R., Vokurka, R. J., & Rodeghiero, B. (2006). Improving Quality through Value Stream Mapping: A Case Study of a Physician's Clinic. *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(8), 1063–1075. <https://doi.org/10.1080/14783360600748091>
- Luo, L., Hong, Q., & Zhong, M. (2024). The application of 5W2H management model in the construction of enterprise economic and strategic management system. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.2478/amns-2024-0776>
- Mann, D. (2017). *Creating a Lean Culture: Tools to Sustain Lean Conversions, Third Edition* (3<sup>a</sup> ed.). Productivity Press.
- Matthews, D. D. (2018). *The A3 Workbook: Unlock Your Problem-Solving Mind*. Taylor & Francis Ltd.
- Michlowicz, E. (2024). Methodology of evaluating finished goods warehouse performance through lean methods. *Archives of Transport*, 70, 43–64. <https://doi.org/10.61089/aot2024.s9sq9q75>
- Mikulak, R. J., McDermott, R., & Beauregard, M. (2022). *The Basics of FMEA* (2<sup>a</sup> ed.). Taylor; Francis Books.
- Milosevic, M., DJapan, M., D'Amato, R., Ungureanu, N., & Ruggiero, A. (2021). Sustainability of the Production Process by Applying Lean Manufacturing Through the PDCA Cycle – A Case Study in the Machinery Industry. *Advances in Manufacturing Engineering and Materials II*, 199–211. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-71956-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-71956-2_16)
- Modig, N., & Åhlström, P. (2012). *This is Lean: Resolving the Efficiency Paradox*. Rheologica Publishing.
- Moura, C. (2000). *Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA): Manual de Referência* [Baseado no SAE J1739]. Instituto da Qualidade Automotiva (IQA).
- Nash, M. A., & Poling, S. R. (2008). *Mapping the Total Value Stream: A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes*. Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9780429294631>

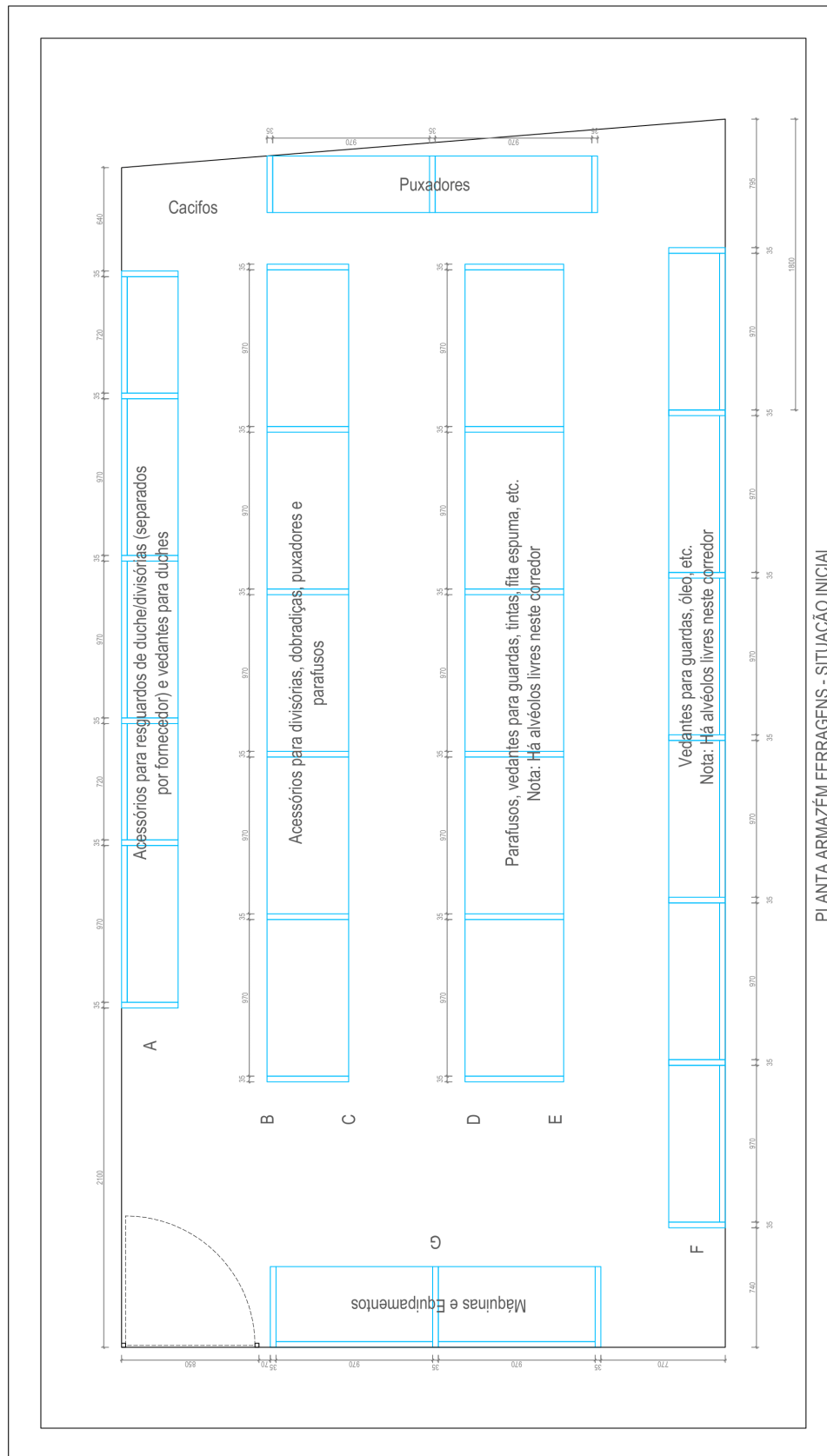
- Nettsträter, A., Geißen, T., Witthaut, M., Ebel, D., & Schoneboom, J. (2015). Logistics software systems and functions: an overview of ERP, WMS, TMS and SCM systems. *Cloud computing for logistics*, 1–11.
- Oakland, J. S., Oakland, R. J., & Turner, M. A. (2020). *Total Quality Management and Operational Excellence: Text with Cases* (5th). Routledge.
- Obara, S., & Wilburn, D. (2012). *Toyota by Toyota: Reflections from the Inside Leaders on the Techniques That Revolutionized the Industry* (1<sup>a</sup> ed.) [240 páginas, eBook]. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b11902>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (N. Bodek, Trad.) [Originally published in Japanese in 1978]. Productivity Press.
- Ouyang, L., Zhu, Y., Zheng, W., & Yan, L. (2021). An information fusion FMEA method to assess the risk of healthcare waste. *Journal of Management Science and Engineering*, 6(1), 111–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmse.2021.01.001>
- Parr, A., & Shanks, G. (2000). A model of ERP project implementation. *Journal of Information Technology*, 15(4), 289–303. <https://doi.org/10.1177/026839620001500405>
- Pereira, J., Silva, F., Bastos, J., Ferreira, L., & Matias, J. (2019). Application of the A3 Methodology for the Improvement of an Assembly Line. *Procedia Manufacturing*, 38, 745–754. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.101>
- Petersen, C. G. (1999). The impact of routing and storage policies on warehouse efficiency. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(10), 1053–1064.
- Petersen, C. G., & Aase, G. (2004). A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking. *International Journal of Production Economics*, 92(1), 11–19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.09.006>
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras* (6<sup>a</sup> Edição). Lidel.
- Poon, T., Choy, K., Chow, H., Lau, H., Chan, F., & Ho, K.-C. (2009). A RFID case-based logistics resource management system for managing order-picking operations in warehouses. *Expert Systems with Applications*, 36, 8277–8301. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.10.011>
- Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)* (6th).
- Puente, J., Pino, R., Priore, P., & de la Fuente, D. (2002). A decision support system for applying failure mode and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 19(2), 137–150. <https://doi.org/10.1108/02656710210413480>
- Rauch, E., Matt, D. T., & Linder, C. (2020). Lean management in hospitality: methods, applications and future directions. *International Journal of Services and Operations Management*, 36(3), 303–326. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2020.108115>
- Richards, G. (2011, junho). *Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimising costs in the modern warehouse*. Kogan Page Publishers.

- Rizkya, I., Syahputri, K., Sari, R. M., & Siregar, I. (2019). 5S Implementation in Welding Workshop – a Lean Tool in Waste Minimization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 505(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012018>
- Rodríguez Cornejo, V., Cervera Paz, Á., López Molina, L., & Pérez-Fernández, V. (2020). Lean Thinking to Foster the Transition from Traditional Logistics to the Physical Internet. *Sustainability*, 12(15). <https://doi.org/10.3390/su12156053>
- Rossini, M., Audino, F., Costa, F., Cifone, F. D., Kundu, K., & Portioli-Staudacher, A. (2019). Extending lean frontiers: a kaizen case study in an Italian MTO manufacturing company. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(5), 1869–1888. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03990-x>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.
- Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G., Mantel, R., & Zijm, W. (2000). Warehouse design and control: Framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 122(3), 515–533. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00020-X)
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2014). *The Handbook of Logistics and Distribution Management: Understanding the Supply Chain*. Kogan Page. <https://books.google.pt/books?id=39RZAgAAQBAJ>
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Routledge.
- Shook, J. (2008). *Managing to Learn: Using the A3 Management Process to Solve Problems, Gain Agreement, Mentor and Lead*. Lean Enterprise Institute. <https://books.google.pt/books?id=0BbxadIjK6sC>
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da Produção* (2ª ed.). Atlas.
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Butterworth-Heinemann. <https://books.google.pt/books?id=mTUaMKA-zj4C>
- Sneller, L. (2014). *A Guide to ERP: Benefits, Implementation and Trends*. Bookboon.
- Sobek II, D. K., & Smalley, A. (2010). *Entendendo o Pensamento A3: Um Componente Crítico do PDCA da Toyota*. Bookman.
- Stamatis, D. H. (1995). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution* (1995ª ed.). ASQ Press.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution* (2nd Revised and Expanded Edition). ASQ Quality Press.

- Tapping, D., & Shuker, T. (2003). *Value Stream Management for the Lean Office: Eight Steps to Planning, Mapping, & Sustaining Lean Improvements in Administrative Areas* (PAP/CDR). Productivity Press.
- Tong, Q., Ming, X., & Zhang, X. (2020). The Realization for Automated Warehouse Based on the Integration of ERP and WMS. *Proceedings of the 2020 the 7th International Conference on Automation and Logistics (ICAL)*, 76–80. <https://doi.org/10.1145/3412953.3412954>
- Vargas, A. R., Alcaraz, J. L. G., Satapathy, S., & Díaz-Reza, J. R. (2024). *The PDCA Cycle for Industrial Improvement: Applied Case Studies*. Springer Nature Switzerland.
- Vinodh, S., Arvind, K., & Somanaathan, M. (2010). Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organisation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(7), 888–900. <https://doi.org/10.1108/17410381011077973>
- Weiss, D. S., & Legrand, C. (2011). *Innovative Intelligence: The Art and Practice of Leading Sustainable Innovation in Your Organization* (1<sup>a</sup> ed.). Wiley.
- Werkema, C. (2011). *Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing* (2<sup>a</sup> ed.). CAMPUS - Grupo Elsevier.
- Wild, T. (2017). *Best Practice in Inventory Management* (3<sup>a</sup> ed.) [eBook published 2 November 2017]. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315231532>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production* [Based on the MIT International Motor Vehicle Program]. Rawson Associates.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996a). Beyond Toyota: How to root out waste and pursue perfection. *Harvard business review*, 74(5), 140–151.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996b, janeiro). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>

## **ANEXOS**

## Anexo A - Planta do Armazém de Ferragens



## **Anexo B - Auditoria Interna Inicial - 5S**

# Bruno Jesus Batista Julião

## Auditoria Interna 5S - Projeto de Melhoria da Gestão e do Controlo de Stock do Armazém de Ferragens

Auditores: Equipa Interna do Projeto

Secção: Armazém de Ferragens

Data: 30/11/2024

Score 3S: 8,00

| Fase 5S                             | Nº                 | Itens a Avaliar              | Descrição                                                                                                                                         | Pontuação (0-20) |   |    |    |    | Score | Observações                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|----|----|----|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     |                    |                              |                                                                                                                                                   | 0                | 5 | 10 | 15 | 20 |       |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| SEIRI<br>(Utilização / Separação)   | 1S.1               | Materiais ou Peças           | No Armazém estão apenas arrumados materiais em conformidade?                                                                                      |                  | X |    |    |    | 5     | Há casos pontuais de material Não Conforme armazenado juntamente com material Conforme;                                                                                                                                                                      |
|                                     | 1S.2               | Máquina e Equipamentos       | No Armazém não existem máquinas e/ou equipamentos obsoletos ou desnecessários?                                                                    |                  |   |    | X  |    | 15    | A maioria das máquinas existentes estão funcionais, no entanto foram detetadas máquinas avariadas (rebarbadora, aparafusadora);                                                                                                                              |
|                                     | 1S.3               | Pavimento                    | No armazém não existem materiais ou objetos espalhados pelo chão e no meio dos corredores?                                                        |                  | X |    |    |    | 5     | Sim, foram detetados materiais espalhados pelo chão e no meio dos corredores, a limitar a circulação;                                                                                                                                                        |
|                                     | 1S.4               | Acessibilidade               | A acessibilidade a produtos/acessórios utilizados diariamente é adequada?                                                                         |                  |   | X  |    |    | 10    | Sim, excepto na acessibilidade a uma das estantes (estante do fundo do corredor c/ puxadores);                                                                                                                                                               |
|                                     | 1S.5               | Aspetto Visual               | O aspeto visual do armazém é agradável?                                                                                                           |                  | X |    |    |    | 5     | Apesar de relativamente limpo, o armazém apresenta alguma desorganização e limitações de espaço;                                                                                                                                                             |
|                                     | Pontuação Média 1S |                              |                                                                                                                                                   |                  |   |    |    |    | 8     |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| SEITON<br>(Organização / Arrumação) | 2S.1               | Arrumação                    | As ferramentas e os materiais são arrumados no sítio correto após a sua utilização?                                                               |                  | X |    |    |    | 5     | Depende, por norma o material é arrumado após a sua utilização, no entanto há falhas na arrumação do material proveniente de obra;                                                                                                                           |
|                                     | 2S.2               | Identificação                | Todos os materiais/acessórios encontram-se devidamente identificados?                                                                             |                  |   | X  |    |    | 10    | Os materiais encontram-se embalados e identificados tal como foram recepcionados do fornecedor, não estando os produtos identificados com qualquer tipo de código interno;                                                                                   |
|                                     | 2S.3               | Disposição dos Materiais     | A disposição dos materiais permite o uso e a arrumação dos materiais de uma forma simples? Cada ferragem tem a sua localização?                   |                  |   |    | X  |    | 15    | Sim, do que está implementado, cada ferragem tem a sua localização, no entanto não há registo informático dos movimentos físicos;                                                                                                                            |
|                                     | 2S.4               | Indicadores de Localização   | As prateleiras e outros espaços de arrumação estão marcados com indicadores de localização (alvéolos)?                                            |                  |   |    | X  |    | 10    | Embora as estantes estejam identificadas com uma letra (A, B, C, ...), esta identificação é meramente visual, não tendo qualquer relevância para o rastreamento das peças no armazém; Para além disso, a estante do fundo do corredor não está identificada; |
|                                     | 2S.5               | Indicadores de Categoria     | Os materiais/acessórios encontram-se arrumados por categoria?                                                                                     |                  |   |    | X  |    | 15    | Sim, há um esforço para separar os materiais por categoria, no entanto há espaço para melhoria neste aspeto;                                                                                                                                                 |
|                                     | 2S.6               | Indicadores de Quantidade    | Estão consideradas quantidades máximas e mínimas para cada produto (Kanban)?                                                                      | X                |   |    |    |    | 0     | Não, há material em stock das ferragens com maior rotatividade de stock (Análise ABC?) e por norma fazem-se encomendas apenas quando há a abertura de uma OF;                                                                                                |
|                                     | 2S.7               | Marcações no Pavimento       | São utilizadas linhas ou marcações no pavimento para delimitar os corredores, espaços de arrumação e pontos de entrada e expedição dos materiais? | X                |   |    |    |    | 0     | Não, assim como o chão não está delimitado, também não está definida uma zona de expedição e de recepção (fornecedor ou de obra) dos produtos;                                                                                                               |
|                                     | 2S.8               | Produtos Químicos            | Os produtos químicos estão devidamente identificados e são arrumados em local apropriado quando não estão a ser utilizados?                       |                  | X |    |    |    | 5     | Os produtos químicos (silicones, tintas, álcool, etc.) estão armazenados juntamente com outros artigos;                                                                                                                                                      |
|                                     | Pontuação Média 2S |                              |                                                                                                                                                   |                  |   |    |    |    | 7,5   |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| SEISO<br>(Limpeza)                  | 3S.1               | Pavimento                    | O pavimento está limpo e livre de resíduos (óleo, pó, lixo, etc.)?                                                                                |                  |   |    | X  |    | 15    | O pavimento está ligeiramente degradado, mas os corredores encontram-se limpos, apesar da desorganização;                                                                                                                                                    |
|                                     | 3S.2               | Máquinas e Equipamentos      | As máquinas e os equipamentos guardados no armazém estão limpos e encontram-se funcionais?                                                        |                  |   |    | X  |    | 15    | No geral, as máquinas encontram-se limpas, mas duas ferramentas (rebarbadora e aparafusadora) não funcionam;                                                                                                                                                 |
|                                     | 3S.3               | Contentores de Resíduos      | O armazém possui contentores para descarte de resíduos (plástico, cartão, metais, lixo)?                                                          |                  | X |    |    |    | 5     | O armazém possui apenas um caixote para o descarte do lixo geral, não existindo caixotes de lixo para a reciclagem ou para outro tipo de resíduos;                                                                                                           |
|                                     | 3S.4               | Checklist de Limpeza         | Existe alguma checklist para a limpeza do armazém? Essa informação está exposta?                                                                  | X                |   |    |    |    | 0     | Não, não há nenhuma checklist para a limpeza do armazém;                                                                                                                                                                                                     |
|                                     | 3S.5               | Responsabilidades de Limpeza | Está definido quem são os responsáveis da limpeza? Essa informação está afixada?                                                                  |                  |   | X  |    |    | 10    | Sim, há uma pessoa responsável pela limpeza, normalmente a pessoa que está no armazém, no entanto a informação não está afixada;                                                                                                                             |
|                                     | 3S.6               | Rotinas da Limpeza           | Os colaboradores limpam o espaço com frequência e o armazém encontra-se limpo.                                                                    |                  |   |    | X  |    | 15    |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                     | Pontuação Média 3S |                              |                                                                                                                                                   |                  |   |    |    |    | 10,00 |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| SEIKETSU<br>(Padronização)          | 4S.1               | Auditorias de Melhoria       | São realizadas auditorias de melhoria do armazém de forma periódica?                                                                              | X                |   |    |    |    | 0     | Nã há registos de auditorias a este armazém;                                                                                                                                                                                                                 |
|                                     | 4S.2               | Melhoria Contínua            | As ideias de melhoria propostas na última auditoria estão a ser postas em prática?                                                                | X                |   |    |    |    | 0     |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                     | 4S.3               | Procedimentos                | Os procedimentos padronizados encontram-se escritos e são claros e usados de uma forma ativa?                                                     |                  |   |    | X  |    | 15    | Os procedimentos internos encontram-se escritos no Manual de Gestão da Empresa, no entanto não estão afixados no Armazém;                                                                                                                                    |
|                                     | 4S.4               | Primeiros 3 Senso            | Os três primeiros sensores (SEIRI, SEITON e SEISO) estão a ser mantidos?                                                                          |                  |   | X  |    |    | 10    | De uma forma geral estão a ser cumpridos alguns desses procedimentos, no entanto, foram identificadas oportunidades de melhoria;                                                                                                                             |
|                                     | Pontuação Média 4S |                              |                                                                                                                                                   |                  |   |    |    |    | 6,25  |                                                                                                                                                                                                                                                              |
| SHITSUKE<br>(Autodisciplina)        | 5S.1               | Treino                       | Todos os colaboradores sabem exatamente os procedimentos e as rotinas de limpeza e arrumação do material?                                         |                  |   | X  |    |    | 10    | O armazém no geral encontra-se limpo, mas não está definido um mapa de limpezas para o espaço, nem a periodicidade das limpezas;                                                                                                                             |
|                                     | 5S.2               | Peças e Ferramentas          | As ferragens, as peças e os equipamentos estão a ser corretamente armazenadas?                                                                    |                  | X |    |    |    | 5     | Há estantes vazias e outras mal aproveitadas, pelo que se devia fazer um ajuste na disposição do layout e nos procedimentos de arrumação por categorias;                                                                                                     |
|                                     | 5S.3               | Controlo de Stock            | O Controlo de Stock (Kanban) está a ser respeitado?                                                                                               | X                |   |    |    |    | 0     | O controlo de stock é feito de forma manual e também não há quantidades de stock mínimas definidas;                                                                                                                                                          |
|                                     | 5S.4               | Procedimentos                | Os procedimentos estão/foram atualizados (no último ano) e são revistos de forma regular/periódica?                                               | X                |   |    |    |    | 0     | Os procedimentos não foram atualizados no último ano;                                                                                                                                                                                                        |
|                                     | 5S.5               | Informação Disponível        | A informação sobre os 5S e os procedimentos de arrumação e limpeza estão devidamente afixados?                                                    | X                |   |    |    |    | 0     | Não há qualquer informação afixada sobre os 5S, procedimentos de arrumação e limpeza do armazém;                                                                                                                                                             |
|                                     | Pontuação Média 5S |                              |                                                                                                                                                   |                  |   |    |    |    | 3,00  |                                                                                                                                                                                                                                                              |

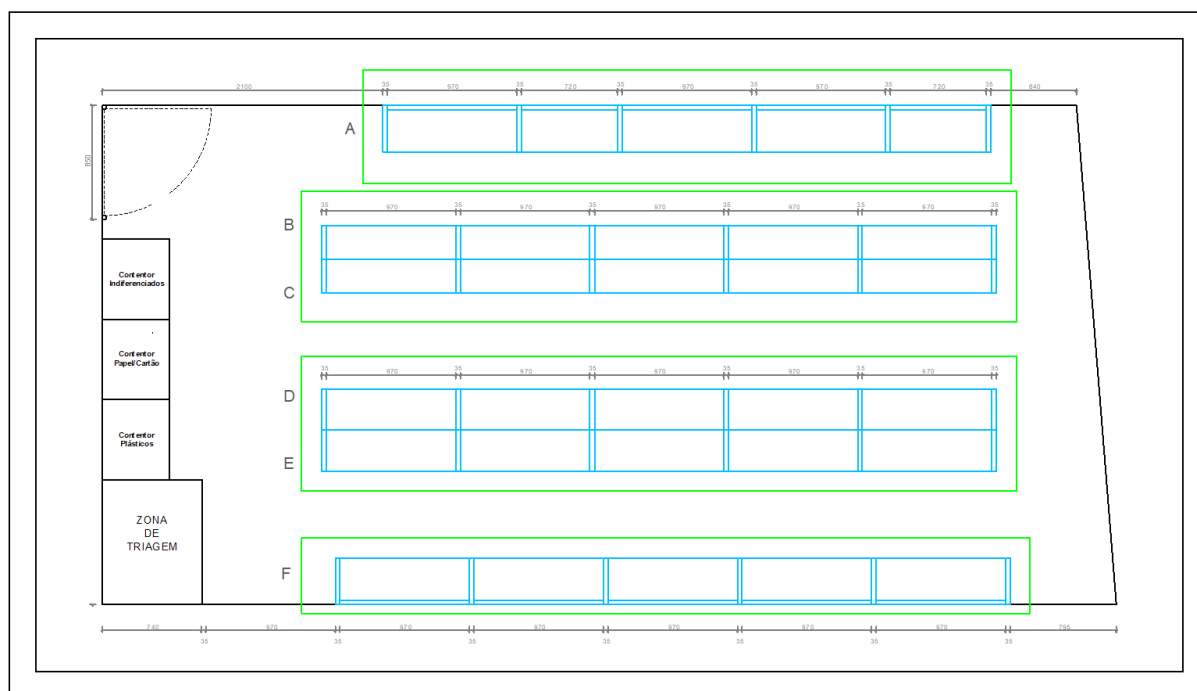
| Score | Avaliação          | Critério                                                                  |
|-------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 0     | Muito Insuficiente | Atividades não realizadas;                                                |
| 5     | Insuficiente       | Atividades pouco executadas e/ou mal implementadas;                       |
| 10    | Suficiente         | Atividades implementadas, mas com bastante potencial de melhoria;         |
| 15    | Bom                | Atividades realizadas de forma sistemática, mas com espaço para melhoria; |
| 20    | Excelente          | Atividades muito bem implementadas e realizadas de forma sistemática;     |

## Anexo C - Inventário 29.11.2024

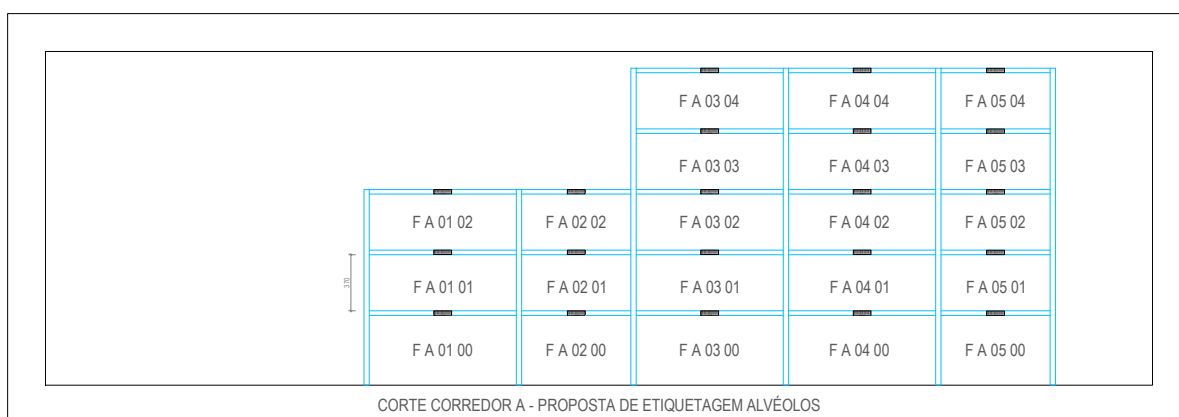
| Referência | Categoria Artigo                  | Stock | Un | Preço Unit. Stock | Valor Total Stock | Valor Acumulado | % Acumulado | Categoria ABC |
|------------|-----------------------------------|-------|----|-------------------|-------------------|-----------------|-------------|---------------|
| FIX358     | Peças de Fixação                  | 1     | UN | 11 033,20 €       | 11 033,20 €       | 11 033,20 €     | 17,77%      | A             |
| FIX356     | Peças de Fixação                  | 120   | UN | 20,40 €           | 2 448,00 €        | 13 481,20 €     | 21,71%      | A             |
| ACP069     | Acessórios e Consumíveis Produção | 74    | UN | 28,08 €           | 2 077,92 €        | 15 559,12 €     | 25,06%      | A             |
| FIX004     | Peças de Fixação                  | 40    | UN | 31,36 €           | 1 254,52 €        | 16 813,64 €     | 27,08%      | A             |
| FIX049     | Peças de Fixação                  | 14    | UN | 83,00 €           | 1 162,00 €        | 17 975,64 €     | 28,95%      | A             |
| ACP055     | Acessórios e Consumíveis Produção | 80    | UN | 11,68 €           | 934,40 €          | 18 910,04 €     | 30,46%      | A             |
| ACP020     | Acessórios e Consumíveis Produção | 4750  | UN | 0,19 €            | 902,50 €          | 19 812,54 €     | 31,91%      | A             |
| FIX005     | Peças de Fixação                  | 31    | UN | 28,00 €           | 868,00 €          | 20 680,54 €     | 33,31%      | A             |
| FIX208     | Peças de Fixação                  | 50    | UN | 16,07 €           | 803,35 €          | 21 483,89 €     | 34,60%      | A             |
| DOB064     | Dobradiças e Puxadores            | 8     | UN | 95,41 €           | 763,28 €          | 22 247,17 €     | 35,83%      | A             |
| FIX011     | Peças de Fixação                  | 3     | UN | 233,33 €          | 700,00 €          | 22 947,17 €     | 36,96%      | A             |
| FIX002     | Peças de Fixação                  | 42    | UN | 15,79 €           | 663,31 €          | 23 610,48 €     | 38,03%      | A             |
| FIX006     | Peças de Fixação                  | 14    | UN | 45,58 €           | 638,12 €          | 24 248,60 €     | 39,05%      | A             |
| FIX064     | Peças de Fixação                  | 3     | UN | 209,50 €          | 628,50 €          | 24 877,10 €     | 40,07%      | A             |
| ACP013     | Acessórios e Consumíveis Produção | 406   | ML | 1,54 €            | 626,86 €          | 25 503,96 €     | 41,07%      | A             |
| DOB034     | Dobradiças e Puxadores            | 36    | UN | 15,90 €           | 572,40 €          | 26 076,36 €     | 42,00%      | A             |
| ACP017     | Acessórios e Consumíveis Produção | 1030  | UN | 0,55 €            | 568,56 €          | 26 644,92 €     | 42,91%      | A             |
| FIX357     | Peças de Fixação                  | 28    | UN | 19,31 €           | 540,54 €          | 27 185,46 €     | 43,78%      | A             |
| ACP015     | Acessórios e Consumíveis Produção | 351   | ML | 1,52 €            | 532,12 €          | 27 717,58 €     | 44,64%      | A             |
| FIX097     | Peças de Fixação                  | 42    | UN | 12,50 €           | 525,00 €          | 28 242,58 €     | 45,49%      | A             |
| FIX010     | Peças de Fixação                  | 8     | UN | 62,07 €           | 496,52 €          | 28 739,10 €     | 46,29%      | A             |
| FIX134     | Peças de Fixação                  | 32    | UN | 15,39 €           | 492,48 €          | 29 231,58 €     | 47,08%      | A             |
| FIX355     | Peças de Fixação                  | 31    | UN | 15,00 €           | 465,00 €          | 29 696,58 €     | 47,83%      | A             |
| FIX317     | Peças de Fixação                  | 39    | UN | 10,00 €           | 390,00 €          | 30 086,58 €     | 48,46%      | A             |
| FIX043     | Peças de Fixação                  | 1     | UN | 380,00 €          | 380,00 €          | 30 466,58 €     | 49,07%      | A             |
| ACP018     | Acessórios e Consumíveis Produção | 1896  | UN | 0,20 €            | 373,51 €          | 30 840,09 €     | 49,67%      | A             |
| FIX051     | Peças de Fixação                  | 5     | UN | 72,26 €           | 361,30 €          | 31 201,39 €     | 50,25%      | A             |
| FIX354     | Peças de Fixação                  | 21    | UN | 16,96 €           | 356,20 €          | 31 557,59 €     | 50,82%      | A             |
| DOB004     | Dobradiças e Puxadores            | 5     | UN | 69,97 €           | 349,86 €          | 31 907,45 €     | 51,39%      | A             |
| ACP049     | Acessórios e Consumíveis Produção | 5     | UN | 60,38 €           | 301,92 €          | 32 209,37 €     | 51,87%      | A             |
| FIX341     | Peças de Fixação                  | 2     | UN | 150,15 €          | 300,30 €          | 32 509,67 €     | 52,36%      | A             |
| DOB014     | Dobradiças e Puxadores            | 15    | UN | 18,30 €           | 274,50 €          | 32 784,17 €     | 52,80%      | A             |
| DOB088     | Dobradiças e Puxadores            | 41    | UN | 6,60 €            | 270,72 €          | 33 054,89 €     | 53,24%      | A             |
| FIX280     | Peças de Fixação                  | 5     | UN | 53,35 €           | 266,75 €          | 33 321,64 €     | 53,67%      | A             |
| DOB012     | Dobradiças e Puxadores            | 14    | UN | 18,90 €           | 264,60 €          | 33 586,24 €     | 54,09%      | A             |
| ACP012     | Acessórios e Consumíveis Produção | 840   | UN | 0,31 €            | 262,08 €          | 33 848,32 €     | 54,51%      | A             |
| FIX041     | Peças de Fixação                  | 2     | UN | 130,00 €          | 260,00 €          | 34 108,32 €     | 54,93%      | A             |
| DOB011     | Dobradiças e Puxadores            | 11    | UN | 23,40 €           | 257,40 €          | 34 365,72 €     | 55,35%      | A             |
| FIX294     | Peças de Fixação                  | 21    | UN | 12,10 €           | 254,10 €          | 34 619,82 €     | 55,76%      | A             |
| FIX001     | Peças de Fixação                  | 12    | UN | 20,00 €           | 240,00 €          | 34 859,82 €     | 56,14%      | A             |
| ACP060     | Acessórios e Consumíveis Produção | 20    | ML | 12,00 €           | 240,00 €          | 35 099,82 €     | 56,53%      | A             |
| ACP046     | Acessórios e Consumíveis Produção | 2     | UN | 117,86 €          | 235,72 €          | 35 335,54 €     | 56,91%      | A             |
| DOB032     | Dobradiças e Puxadores            | 14    | UN | 16,07 €           | 224,99 €          | 35 560,54 €     | 57,27%      | A             |
| FIX233     | Peças de Fixação                  | 6     | UN | 36,20 €           | 217,20 €          | 35 777,74 €     | 57,62%      | A             |
| FIX057     | Peças de Fixação                  | 12    | UN | 17,90 €           | 214,80 €          | 35 992,54 €     | 57,97%      | A             |
| ACP007     | Acessórios e Consumíveis Produção | 130   | KG | 1,60 €            | 208,00 €          | 36 200,54 €     | 58,30%      | A             |
| FIX038     | Peças de Fixação                  | 3     | UN | 69,33 €           | 208,00 €          | 36 408,54 €     | 58,64%      | A             |
| FIX316     | Peças de Fixação                  | 70    | UN | 2,93 €            | 204,75 €          | 36 613,29 €     | 58,97%      | A             |
| FIX292     | Peças de Fixação                  | 3     | UN | 67,50 €           | 202,50 €          | 36 815,79 €     | 59,29%      | A             |
| FIX340     | Peças de Fixação                  | 2     | UN | 101,25 €          | 202,50 €          | 37 018,29 €     | 59,62%      | A             |
| DOB086     | Dobradiças e Puxadores            | 2     | UN | 100,00 €          | 200,00 €          | 37 218,29 €     | 59,94%      | A             |
| FIX315     | Peças de Fixação                  | 20    | UN | 9,85 €            | 197,00 €          | 37 415,29 €     | 60,26%      | A             |
| DOB016     | Dobradiças e Puxadores            | 4     | UN | 49,00 €           | 196,00 €          | 37 611,29 €     | 60,57%      | A             |
| FIX180     | Peças de Fixação                  | 40    | UN | 4,89 €            | 195,76 €          | 37 807,05 €     | 60,89%      | A             |
| ACP054     | Acessórios e Consumíveis Produção | 85    | UN | 2,27 €            | 192,53 €          | 37 999,57 €     | 61,20%      | A             |
| FIX223     | Peças de Fixação                  | 12    | UN | 15,96 €           | 191,52 €          | 38 191,09 €     | 61,51%      | A             |
| FIX253     | Peças de Fixação                  | 4     | UN | 47,88 €           | 191,52 €          | 38 382,61 €     | 61,82%      | A             |
| ACP048     | Acessórios e Consumíveis Produção | 3     | UN | 63,29 €           | 189,88 €          | 38 572,49 €     | 62,12%      | A             |
| ACP075     | Acessórios e Consumíveis Produção | 55    | UN | 3,41 €            | 187,33 €          | 38 759,82 €     | 62,42%      | A             |
| ACP047     | Acessórios e Consumíveis Produção | 2     | UN | 92,39 €           | 184,79 €          | 38 944,61 €     | 62,72%      | A             |
| FIX250     | Peças de Fixação                  | 1     | UN | 178,80 €          | 178,80 €          | 39 123,41 €     | 63,01%      | A             |
| FIX310     | Peças de Fixação                  | 17    | UN | 10,50 €           | 178,50 €          | 39 301,91 €     | 63,30%      | A             |
| FIX228     | Peças de Fixação                  | 7     | UN | 24,87 €           | 174,12 €          | 39 476,02 €     | 63,58%      | A             |
| FIX090     | Peças de Fixação                  | 23    | UN | 7,26 €            | 167,05 €          | 39 643,07 €     | 63,85%      | A             |
| DOB038     | Dobradiças e Puxadores            | 2     | UN | 83,11 €           | 166,22 €          | 39 809,29 €     | 64,11%      | A             |
| FIX048     | Peças de Fixação                  | 2     | UN | 82,50 €           | 165,00 €          | 39 974,29 €     | 64,38%      | A             |
| FIX063     | Peças de Fixação                  | 1     | UN | 165,00 €          | 165,00 €          | 40 139,29 €     | 64,65%      | A             |
| FIX295     | Peças de Fixação                  | 31    | UN | 5,32 €            | 164,92 €          | 40 304,21 €     | 64,91%      | A             |
| DOB037     | Dobradiças e Puxadores            | 14    | UN | 11,70 €           | 163,80 €          | 40 468,01 €     | 65,17%      | A             |

Anexo D - Matriz A3 do Projeto de Melhoria

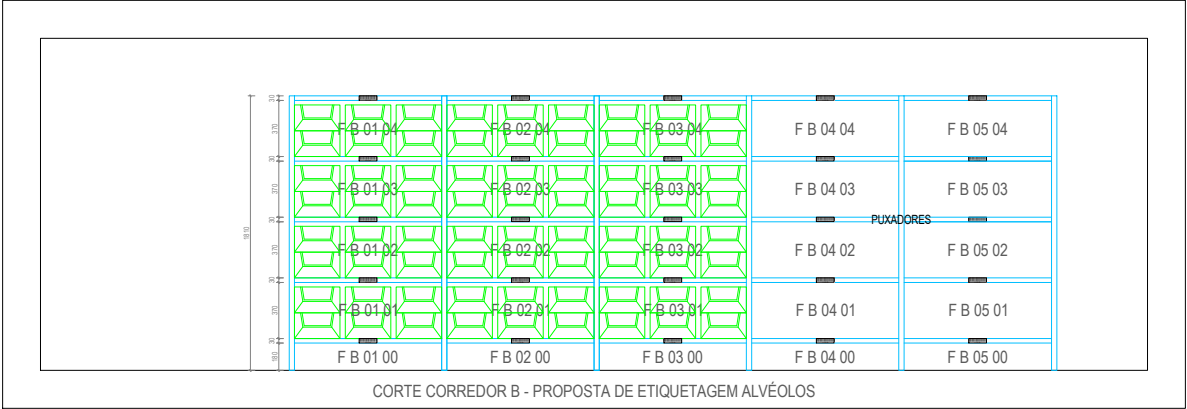
| Coordenadores do Projeto:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  | Seção: Armazém de Ferragens                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                          |                                                                       |                                                       |                                                                               |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|--|
| Equipa do Projeto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                          |                                                                       |                                                       |                                                                               |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |
| Descrição do Problema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  | Situação Futura (To-Be)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                          |                                                                       |                                                       |                                                                               |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>A gestão do stock do armazém de ferragens continua a apresentar falhas relevantes, apesar do registo de movimentos no ERP.</li><li>Existem frequentemente peças em armazém que não estão registadas no sistema, e quantidades incorretas nos dados contabilísticos.</li><li>Existem discrepâncias entre stock físico e digital geram perda de confiança por parte da equipa comercial.</li><li>A falta de fiabilidade dos dados compromete o escoamento dos produtos, originando duplicação de encomendas e aumento de stock parado.</li><li>Este cenário resulta em desperdício de tempo, aumento de custos e ineficiências operacionais.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | <ul style="list-style-type: none"><li>O armazém será reorganizado com um sistema padronizado de localização por abajuro, facilitando a armaturação e rastreabilidade de todos os artigos.</li><li>Cada produto será identificado através de códigos alfanuméricos ou QR Code, garantindo visibilidade desde a receção até à expedição.</li><li>Serão criadas as condições técnicas e operacionais para a futura integração de um sistema WMS, com base na estruturação do ERP, identificação, triagem e controlo visual.</li><li>Será implementado um processo formal de picking, com checklist por Ordem de Fabrico (OF), reduzindo assim falhas de expedição.</li><li>A gestão de stock será apoiada por práticas Lean, com rotinas normalizadas de armaturação e triagem (SS), triagem periódica e sinalização visual padronizada.</li><li>A Classificação ABC será utilizada para otimizar o layout e controlar o stock obsoleto, priorizando os artigos de maior impacto logístico e financeiro.</li></ul> |                                                                                                                                          |                                                                       |                                                       |                                                                               |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |
| Descrição da Situação Atual (AS-IS)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  | Plano de Ação (SW+2H)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                          |                                                                       |                                                       |                                                                               |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |
| Problemas Identificados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  | O Quê? (What?)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Porquê? (Why?)                                                                                                                           | Quando? (When?)                                                       | Onde? (Where?)                                        | Quem? (Who?)                                                                  | Como? (How?)                                                                                                                           | Quanto? (How Much?)                                                                                                                                           | RPN     | PDCA |  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Armazenamento desorganizado de materiais incompatíveis (ex. químicos com outros produtos)</li><li>Gestão de inventário não suportada por WMS nem por KPIs, limitando rastreabilidade e decisão.</li><li>Análise de triagem e descarte regular de materiais não conformes ou obsoletos.</li><li>Análise de mecanismos de controlo visual de stock, como sinais mínimos/máximos definidos ou cartões Kanban, comprometendo a resposta rápida de materiais.</li><li>Sistema de localização e identificação de materiais insuficiente – códigos alfanuméricos sem lógica funcional.</li><li>Falta de planos de limpeza operacional, com tarefas atribuídas e listas de verificação.</li><li>Falta de cultura de disciplina operacional: falta adeção aos SS, baixa formação e envolvimento dos colaboradores.</li><li>Análise de organização física padronizada (movimentos no pavimento, sinalética, mapas).</li><li>Falta de normalização e de visibilidade de procedimentos no local de trabalho.</li><li>Inexistência de auditorias sistemáticas e planeamento de melhoria contínua.</li><li>Presença de materiais acumulados no chão ou acumulados em zonas mortas, sem utilização real.</li><li>Inexistência de contentores apropriados para resíduos comuns e recicláveis.</li></ul> |  | Risco de contaminação e segurança                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Falta de segregação e análise de risco                                                                                                   | Durante recepção e armazenamento.                                     | Passagens de estantes comuns e zonas de stock         | Departamento de Qualidade e Operadores de Armazém                             | Adaptar unidades de armazenagem homologadas para produtos inflamáveis e realizar materiais incompatíveis, reduzir formação em SS?      | Armazém de ferragens (2.500,00 €) + 2h operador reorganização (10 €/h + 20 €/h) = 100,00 €<br>Formação SS (20 €/h + 40 €/h) + sinalética (200 €) = 2.500,00 € | 170,00€ | 170  |  |
| Falhas de rastreabilidade e controlo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  | Falhas de rastreabilidade real                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Falta de integração digital e ausência de métricas                                                                                       | Durante todas as operações de inventário                              | ERP, ficheiros paralelos e zonas de armazenamento     | Departamento de Qualidade, Compra e Serviço Externo para implementação do WMS | Integrar ERP com WMS e criar procedimentos de picking com terminais PDA e códigos de barras                                            | Serviço Externo WMS (2000 €/h) + 2 terminais PDA (2 x 500 € = 1000 €) + impressora etiquetas (200 €). Total estimado: 3200 €                                  | 336,00€ | 336  |  |
| Acumulação de itens sem utilidade real                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  | Acumulação de itens sem utilidade real                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Falta de política e rotina formal de triagem e obsolescência                                                                             | Durante reorganização ou após receção de materiais                    | Zonas de stock, zonas mortas e receção                | Departamento de Qualidade e Operadores de Armazém                             | Implementar rotina manual com calendário afixado e checklist SS impressa                                                               | 4h de Qualidade (1 colaborador a 15 €/h = 60 €) + 4h de Operador de Armazém (10 €/h = 40 €). Total: 100 €                                                     | 294,00€ | 294  |  |
| Repetição de descumprimento e risco de ruturas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  | Repetição de descumprimento e risco de ruturas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Inexistência de um sistema visual como Kanban ou definição de níveis mínimos/máximos no ERP                                              | Durante requisições e planeamento de produção                         | ERP (parametrização digital)                          | Departamento de Compra e de Produção                                          | Parametrizar níveis mínimos/máximos no WMS/ERP com alertas automáticos de reabastecimento                                              | 8h Colaborador de Serviço de Compra (15 €/h) = 120 €                                                                                                          | 294,00€ | 294  |  |
| Dificuldade de localização e erro no guião                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  | Dificuldade de localização e erro no guião                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Ausência de lógica funcional e integração com ERP                                                                                        | Durante armazenamento e recontagem                                    | Estantes, etiquetas físicas e base de dados           | Administração, Departamento de Qualidade e TI                                 | Crear codificação lógica por cores/nível vertical/horiz. horizontal, imprimir etiquetas automáticas e regular localizações no ERP/WMS. | Papel autocante (20 €/h + 30h de Qualidade (15 €/h + 300 €/h + 8h de Operador (10 €/h + 80 €). Total: 400 €                                                   | 288,00€ | 288  |  |
| Inexistência de procedimento padronizado com responsáveis e periodicidade                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  | Área operacional (plata todo o armazém)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Devem ocorrer de forma cíclica e regular                                                                                                 | Durante armaturação ou após planeamento                               | Chão do armazém e zonas operacionais                  | Departamento de Qualidade e Operadores de Armazém                             | Desenvolver layout funcional com mapas atualizados e sinalética suspensa por zona                                                      | Impressão de 1 checklist planificada (10 €/h + 8h Colaborador Qualidade (15 €/h + 120 €) = Total: 210 €                                                       | 216,00€ | 216  |  |
| Procedimentos não afixados nem padronizados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  | Procedimentos não afixados nem padronizados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Trimestralmente ou em ciclo planeado                                                                                                     | Todas as áreas funcionais                                             | Administração e Departamento de Qualidade             | Administração e Departamento de Qualidade                                     | Definir calendário fixo de auditorias internas, aplicar ciclo PDCA e manter registo padronizado de ações corretivas                    | 8h de Qualidade (15 €/h = 90 €) + Total: 120 €                                                                                                                | 180,00€ | 180  |  |
| Falta de política de sinalização para reorganização de resíduos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  | Falta de política de sinalização para reorganização de resíduos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Após consumo de materiais ou manuseamento                                                                                                | Zonas de descarte e áreas comuns                                      | Departamento de Qualidade, TI e Operadores de Armazém | Operadores de Armazém                                                         | Crear zonas temporais sinalizadas com fita de chão amarelo e verificações semanais no Gemba Walk.                                      | 8h de Operador de Armazém (10 €/h + 20 €/h). Total: 80 €                                                                                                      | 180,00€ | 180  |  |
| Meta/Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | Avaliação dos Indicadores de Desempenho (KPI)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                          |                                                                       |                                                       |                                                                               |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |
| Meta/Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | RPI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Descrição                                                                                                                                | Fórmula / Método de Cálculo                                           |                                                       | Frequência de Medição                                                         |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>Reduzir a frequência de erros de picking e a necessidade de reorganização de materiais.</li><li>Implementar práticas Lean (5S, controlo visual, triagem periódica) para normalizar os processos de armaturação, separação e limpeza.</li><li>Estabelecer as condições operacionais para a futura integração de um sistema WMS, com base em melhorias progressivas na organização, controlo e padronização.</li><li>Reduzir desperdícios operacionais e preparar um processo de picking mais estruturado, eficaz e passível de monitorização.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  | Previsão do Stock                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Mede a correspondência entre o stock registado no ERP e o stock físico real. Indica a fiabilidade do sistema de inventário.              | (NP de itens com stock correto / NP total de itens verificados) x 100 |                                                       | Mensal ou por amostragem                                                      |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |
| % de Ruturas de Stock por Mês                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | % de Ruturas de Stock por Mês                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Indica a percentagem de pedidos em que não há stock disponível. Reflete a eficácia da reposição e controlo visual de stock.              | (NP de pedidos com ruturas / NP total de pedidos no mês) x 100        |                                                       | Mensal                                                                        |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |
| Análise das Causas e confirmação das Causas Raiz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  | Tempo Médio de Picking                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Tempo médio necessário para localizar e recolher os artigos de um pedido. Reflete a eficiência do layout e organização.                  | Tempo total de picking / NP de pedidos cronometrados                  |                                                       | Mensal ou semanal                                                             |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |
| Taxa de Adeção às Práticas 5S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | Taxa de Adeção às Práticas 5S                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Mede o grau de conformidade com as práticas 5S por zona, avaliado em auditoria. Indica o nível de disciplina e padronização operacional. | (Pontuação obtida na auditoria 5S / Pontuação máxima possível) x 100  |                                                       | Mensal ou trimestral                                                          |                                                                                                                                        |                                                                                                                                                               |         |      |  |



## Anexo F - Proposta Etiquetagem (Corredor A)



Anexo G - Proposta Etiquetagem (Corredor B)



## **Anexo H - SOP de Gestão do Armazém de Ferragens**

---

|                                                                                                                    |                       |                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| <b>N.º do Documento:</b> SOP-CRX-001                                                                               | <b>Página:</b> 1 de 3 | <b>N.º da Revisão:</b> 0       |
| <b>Data de Entrada em Vigor:</b><br>01/09/2025                                                                     | <b>Substitui:</b> N/D | <b>Data de Revisão:</b><br>N/D |
| <b>Departamentos envolvidos:</b> Administração, Departamento de Qualidade, Compras, TI, RH e Operadores de Armazém |                       |                                |

## PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRONIZADO CRX – SOP DE GESTÃO DE ARMAZÉM

### 1. Objectivo

Estabelecer um conjunto de procedimentos operacionais padronizados que assegurem a recepção, o armazenamento, o controlo e a rastreabilidade dos materiais presentes no armazém de ferragens da empresa, garantindo segurança, conformidade e eficiência ao longo de todo o fluxo logístico interno.

### 2. Âmbito

Este procedimento aplica-se a todas as actividades relacionadas com a gestão de materiais no armazém de ferragens, desde a recepção e inspecção à expedição, incluindo o armazenamento, controlo de inventário, segurança, higiene e gestão de registos operacionais.

### 3. Responsabilidades

Compete ao Responsável de Armazém, ao Departamento de Qualidade e aos restantes envolvidos garantir a execução rigorosa dos procedimentos aqui descritos. A gestão deve assegurar que:

- Todos os colaboradores são formados neste procedimento;
- As revisões periódicas são realizadas e documentadas;
- Os desvios são identificados, justificados e alvo de acções correctivas.

### 4. Definições e Abreviaturas

- **ABC** – Classificação de materiais com base na sua criticidade e valor económico acumulado (Análise ABC);
- **EPI** – Equipamento de Protecção Individual;

- 
- **ERP** – Sistema de Planeamento de Recursos Empresariais (*Enterprise Resource Planning* (ERP), em literatura inglesa);
  - **KPI** – Indicador-Chave de Desempenho (*Key Performance Indicator* (KPI), em literatura inglesa);
  - **OF** – Ordem de Fabrico;
  - **SOP** – Procedimento Operacional Padronizado (*Standard Operating Procedure* (SOP), em literatura inglesa);
  - **SST** – Segurança e Saúde no Trabalho;
  - **WMS** – Sistema de Gestão de Armazém (*Warehouse Management System* (WMS), em literatura inglesa);

## **5. Procedimento**

### **5.1. Recepção e Inspeção de Peças**

- Verificar a conformidade dos materiais recebidos com a guia de remessa e proceder à inspeção visual (dimensões, danos, quantidades, referência).
- Segregar materiais perigosos em local apropriado, conforme protocolo de Segurança e Saúde no Trabalho (SST).
- Registar a entrada no ERP, incluindo observações sobre não conformidades, se aplicável.

### **5.2. Armazenamento de Peças**

- Aplicar etiquetas com código de barras em todas as embalagens/materiais.
- Alocar os materiais em alvéolos definidos por categoria e classe ABC, respeitando a lógica funcional do *layout* do armazém.
- Registar no ERP/WMS o movimento de armazenagem e indicar a localização do artigo com o respectivo código alfanumérico do alvéolo (corredor–nível–posição).

### **5.3. Controlo de Inventário**

- Realizar contagens físicas por amostragem semanal e auditoria total trimestral.
- Analisar divergências e aplicar acção correctiva sempre que o desvio exceda 5%.
- Utilizar relatórios de precisão de *stock* como indicador mensal de desempenho (KPI).

---

#### **5.4. Expedição de Peças**

- Efectuar *picking* com base em Ordens de Fabrico (OF) e listas de separação previamente validadas.
- Confirmar quantidades, embalar e etiquetar cada unidade conforme destino final.
- Registar a saída de material no ERP em tempo real, assegurando rastreabilidade.

#### **5.5. Segurança no Armazém**

- Exigir o uso de Equipamento de Protecção Individual (EPI) em todas as áreas operacionais.
- Manter zonas tampão devidamente sinalizadas com fita de pavimento amarela.
- Afixar mapas actualizados de *layout* e disponibilizar contentores para separação e reciclagem de resíduos.

#### **5.6. Manutenção de Registos**

- Arquivar todos os registos de recepção, expedição, inventário e auditoria por um período mínimo de 12 meses.
- Rever este procedimento anualmente ou sempre que haja alterações relevantes nos processos.
- Assegurar que novos colaboradores sejam formados com base neste documento, no momento da sua integração na equipa.



**Instituto Superior  
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra