



# MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO DE EMBALAGEM NUMA EMPRESA DO RAMO AUTOMÓVEL

**TIAGO MAGALHÃES CAETANO**

Outubro de 2015

# MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO DE EMBALAGEM NUMA EMPRESA DO RAMO AUTOMÓVEL

Tiago Magalhães Caetano



Mestrado em Engenharia Mecânica – Especialização em Gestão Industrial

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

2015



Este relatório satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha da Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Mecânica

Candidato: Tiago Magalhães Caetano, N° 1040835, 1040835@isep.ipp.pt

Orientação científica: João Augusto de Sousa Bastos, jab@isep.ipp.pt

Coorientação científica: Paulo António da Silva Ávila, psa@isep.ipp.pt

Empresa: Ieta S.A.

Supervisão: Rui Araújo Silva, rasilva@ieta.pt



Mestrado em Engenharia Mecânica  
Área de Especialização de Gestão Industrial

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

8 de outubro de 2015



À Sofia e à minha família...



## *Agradecimentos*

À minha família por todo o suporte, esforço e carinho com que me acompanharam ao longo do meu percurso académico permitindo que concluísse mais uma etapa.

À Sofia pelo apoio incondicional, dedicação, paciência e suporte ao longo de mais um desafio.

Ao meu orientador, Engenheiro João Bastos pela orientação e apoio na definição e desenvolvimento deste trabalho.

A toda a equipa da IETA que colaborou comigo no desenvolvimento deste estudo tornando possível a sua implementação, as metas atingidas e a superação dos desafios propostos.



## *Resumo*

Este estudo foi desenvolvido no âmbito da Unidade curricular de Dissertação / Projeto / Estágio do Mestrado em Engenharia Mecânica – Ramo de Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto, com aplicação em ambiente industrial numa empresa metalomecânica da indústria automóvel.

O projeto desenvolveu-se na secção de inspeção e embalagem de produto acabado da empresa IETA S.A., fornecedora de estruturas metálicas, com o objetivo de minimizar as reclamações recebidas por defeitos originados no processo de fabrico. A abordagem a este estudo iniciou-se pelo registo e análise de dados e conseqüente formulação e implementação de melhorias ao processo de fabrico, com recurso a metodologias e ferramentas *Lean*.

A existência de um problema relacionado com o processo de fabrico em vigor permitiu o conhecimento dos hábitos de trabalho e a apresentação de propostas de melhoria ao *layout* fabril e ao método de trabalho em vigor na secção. A análise dos problemas existentes possibilitou a identificação de oportunidades de melhoria em outras áreas do processo, revelando-se o poder das ferramentas utilizadas na análise de dados.

Este estudo de investigação revelou ser muito enriquecedor e motivador tendo proporcionado a aplicação de conteúdos científicos *Lean* em ambiente industrial ficando provada a mais-valia da sua implementação.

A aplicação das ferramentas e metodologias *Lean* estudadas permitiram efetuar uma análise cuidada dos dados conduzindo a propostas de melhoria vantajosas e compatíveis com as necessidades da empresa. As propostas apresentadas, apesar de não terem sido todas implementadas, resultaram num impacto positivo no processo de fabrico com uma eliminação expectável de 38% dos defeitos reclamados.

### *Palavras-Chave*

IETA S.A., *Lean Manufacturing*, *Layout* de instalações, Fluxo de Produção, Embalagem



## *Abstract*

*This study was developed within the course of Thesis / Project / Internship of the Master Degree in Mechanical Engineering – Industrial Management branch from the Polytechnic of Porto, School of Engineering, with application in industrial environment in a metalwork company of the automotive industry.*

*The project was developed in the final product inspection and packaging area of the company IETA S.A., tier 1 supplier of metal structures, with the goal of minimize claims of defected parts with defects caused by the manufacturing process. The approach of the study began with the record and analysis of data and consequent improvement formulation and implementation to the manufacturing process using Lean Manufacturing technics.*

*The existence of a knowing problem related with the manufacturing process allowed the knowledge of working habits and the presentation of improvement proposals to the plant layout and to the work method. The analysis of the existing problems enabled the identification of improvement opportunities in other areas of the process, revealing the power of the tools used to analyse data.*

*This investigation study reveals very enriching and motivator having proportionated the application of scientific Lean principles in an industrial environment getting tested the added value of its implementation.*

*The application of the studied Lean tools and methodologies allowed a meticulous analysis of data conducting to advantageous improvement proposals compatible with the company needs. Although they have not all been implemented, the presented proposals resulted in a positive impact in the production process with estimated elimination of 38% of claimed defects.*

### **Keywords**

*IETA S.A., Lean Manufacturing, Plant Layout, Production Flow, Packaging*



# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	2
1.3. METODOLOGIA .....	2
1.4. CALENDARIZAÇÃO .....	3
1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO .....	4
<b>2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA</b> .....	<b>7</b>
2.1. INTRODUÇÃO .....	7
2.2. HISTÓRIA DA EMPRESA .....	8
2.3. LOCALIZAÇÃO DA EMPRESA .....	11
2.4. UNIDADE FABRIL DE METAL EM CASTELO DE PAIVA .....	13
2.5. TIPOS DE PRODUTOS .....	14
2.6. PRINCIPAIS MERCADOS E CLIENTES .....	15
2.7. IETA EM NÚMEROS .....	16
2.8. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL .....	17
<b>3. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>19</b>
3.1. FILOSOFIA <i>LEAN MANUFACTURING</i> .....	19
3.1.1. <i>Modelo 3M</i> .....	20
3.1.2. <i>Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act)</i> .....	21
3.1.3. <i>Metodologia 5S</i> .....	23
3.1.4. <i>Value Stream Mapping (VSM)</i> .....	26
3.2. ANÁLISE ABC .....	29
3.3. DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	31
3.4. ESTUDO DO LAYOUT DE INSTALAÇÕES .....	32
3.5. ESTUDO DE MÉTODOS .....	35
<b>4. CASO DE ESTUDO</b> .....	<b>39</b>
4.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO .....	39
4.1.1. <i>Conformação de Tubo e Chapa</i> .....	40
4.1.1.1. <i>Conformação de Tubo</i> .....	40

4.1.1.2.	<i>Conformação de Chapa</i> .....	45
4.1.2.	<i>Soldadura</i> .....	48
4.1.3.	<i>Pintura</i> .....	51
4.1.4.	<i>Montagem e Embalagem</i> .....	57
4.2.	<b>ANÁLISE</b> .....	59
4.2.1.	<i>Apresentação dos Produtos em Estudo</i> .....	59
4.2.2.	<i>Análise dos Indicadores de Desempenho</i> .....	61
4.2.3.	<i>Descrição Detalhada do Produto</i> .....	68
4.2.3.1.	<i>Critério de seleção</i> .....	68
4.2.3.2.	<i>Descrição do Processo de Fabrico da Pegadeira AL 213778</i> .....	70
4.2.3.3.	<i>Caracterização do Estado Inicial</i> .....	73
4.2.4.	<i>Sumário da análise</i> .....	75
4.3.	<b>VISÃO</b> .....	75
4.4.	<b>PLANO DE PROPOSTAS DE MELHORIA</b> .....	76
4.4.1.	<i>Definição do tipo de planeamento</i> .....	76
4.4.2.	<i>Escolha do tipo de Layout</i> .....	77
4.5.	<b>IMPLEMENTAÇÃO</b> .....	79
4.5.1.	<i>Descrição do Layout Inicial do Posto de Inspeção e Embalagem</i> .....	79
4.5.2.	<i>1ª Proposta: Criação da célula de fabrico e dos postos de trabalho</i> .....	81
4.5.3.	<i>Conclusão da análise de dados</i> .....	86
4.5.4.	<i>Comparação de resultados</i> .....	86
4.5.5.	<i>Revisão da aprendizagem</i> .....	88
4.5.6.	<i>2ª Proposta: Reorganização do Layout da Célula de Fabrico</i> .....	89
4.5.7.	<i>Sumário da implementação</i> .....	92
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>93</b>
	<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS</b> .....	<b>95</b>
	<b>ANEXO – CARATERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS DA IETA</b> .....	<b>97</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 – Metodologia adotada.....	3
Figura 2 – Calendarização das atividades .....	4
Figura 3 – Cronograma das atividades.....	4
Figura 4 – Primeiras instalações fabris da IETA.....	8
Figura 5 – Produtos 1950 – Austin.....	8
Figura 6 – Produtos 1960 – 1970 – Mini e Triumph.....	9
Figura 7 – Produtos 1980 – Mini Moke .....	9
Figura 8 – Produtos Ikea e Decathlon .....	10
Figura 9 – Produtos IETA Interiores.....	10
Figura 10 – Produtos IETA DESIGN (adaptado de ietadesign.pt) .....	11
Figura 11 – Localização das Instalações da IETA (adaptado de ieta.pt).....	11
Figura 12 – Unidade Fabril de Castelo de Paiva .....	12
Figura 13 – Unidade fabril de Vila Nova de Gaia.....	12
Figura 14 – Fábrica de Castelo de Paiva .....	13
Figura 15 – Produtos IETA Metal 1.....	14
Figura 16 – Produtos IETA Metal 2.....	14
Figura 17 – Produtos IETA Metal 3.....	15
Figura 18 – Faturação Anual da IETA em euros (fonte: IETA).....	16
Figura 19 – Evolução do número de colaboradores da IETA (fonte: IETA) .....	16
Figura 20 – Organigrama da IETA (fonte: Manual da Qualidade da IETA) .....	17
Figura 21 – Gestão Estratégica da IETA (fonte: Manual da Qualidade da IETA).....	18
Figura 22 – Modelo 3M (fonte: <a href="http://www.missiontps.blogspot.com">www.missiontps.blogspot.com</a> ) .....	21
Figura 23 – Ciclo PDCA .....	22
Figura 24 – Ciclo PDCA e SDCA (fonte Gemba Kaizen – Improvement has no End [9]) .....	23
Figura 25 – Simbologia VSM do <i>Microsoft Visio 2013</i> .....	28
Figura 26 – Exemplo de um <i>Value Stream Map</i> (fonte: <a href="http://blog.cnccookbook.com">blog.cnccookbook.com</a> ) .....	28
Figura 27 – Exemplo de um Diagrama de Pareto .....	29
Figura 28 – Exemplo de uma curva ABC (fonte <a href="http://www.gestaoindustrial.com">www.gestaoindustrial.com</a> ).....	30
Figura 29 – Exemplo de um diagrama de Ishikawa .....	31
Figura 30 – Tipos de implantação em função das séries de fabrico (fonte: [22]) .....	33
Figura 31 – Armazém de tubo.....	40
Figura 32 – Máquina de corte de laser BLM LASERTUBE LT FIBER .....	41
Figura 33 – Exemplos de cortes na BLM LASERTUBE LT FIBER.....	41
Figura 34 – Máquina de corte automático ADIGE TC 720 .....	42

Figura 35 – Demonstração de dobragem de tubo .....	42
Figura 36 – Máquina de dobrar tubo BLM E-turn ET 32 .....	43
Figura 37 – Máquina de dobrar tubo ADDISON DB32.....	43
Figura 38 – Máquina de dobrar tubo convencional.....	43
Figura 39 – Serrote manual de corte de excedentes .....	44
Figura 40 – Prensa Mecânica de 150Ton .....	44
Figura 41 – Prensa Hidráulica Adira PHC 160 GA .....	44
Figura 42 – Armazém de chapa.....	45
Figura 43 – Puncionadora CNC Trumpf Trumatic 500.....	46
Figura 44 – Exemplo de corte efetuado com a Puncionadora Trumpf Trumatic 500 .....	46
Figura 45 – Guilhotina ADIRA GHO-0625.....	47
Figura 46 – Guilhotina ADIRA GHL-0412 .....	47
Figura 47 – Quinadoras ADIRA QH-6325 e QHR-4512.....	48
Figura 48 – Prensa mecânica de 400 Ton com abastecimento de chapa .....	48
Figura 49 – Soldadura robotizada .....	49
Figura 50 – Postos de trabalho de soldadura manual .....	50
Figura 51 – Posto de trabalho de remoção de salpicos de soldadura .....	50
Figura 52 – Layout da Linha de Pintura Electroestática .....	52
Figura 53 – Entrada do Túnel de Tratamento de Superfícies .....	53
Figura 54 – Saída do Túnel de Secagem de Humidades .....	54
Figura 55 – Linha de pintura electroestática .....	55
Figura 56 – Interior da cabine de pintura .....	55
Figura 57 – Centro de cor de abastecimento de pó .....	56
Figura 58 – Interior do forno de polimerização.....	56
Figura 59 – Exemplo de peças pintadas .....	57
Figura 60 - Posto de inspeção e embalagem de acessórios para tratores .....	57
Figura 61 – Posto de embalagem de cárteres .....	58
Figura 62 – Linha de Montagem de cadeiras para a indústria automóvel.....	58
Figura 63 – Exemplo de aplicação das pegadeiras.....	59
Figura 64 – Quantidades enviadas em 2014.....	60
Figura 65 – PPM reclamados .....	61
Figura 66 – Evolução da quantidade de peças reclamadas.....	62
Figura 67 – Caracterização de defeitos .....	63
Figura 68 – Quantidade total de defeitos reclamados 2012 -2014 .....	64
Figura 70 – Exemplos de defeitos de Recuperação NOK .....	66
Figura 71 – Exemplo de defeitos de Embalagem NOK .....	67
Figura 72 – Diagrama de Ishikawa.....	67
Figura 73 – Peças reclamadas em 2014.....	68
Figura 74 – Peças Reclamadas vs. N° Reclamações em 2014.....	69

Figura 75 – Árvore do produto AL 213778 .....	71
Figura 76 – Diagrama do Fluxo do Processo .....	72
Figura 77 – VSM do estado inicial.....	74
Figura 78 – Visão da Melhoria do Layout .....	76
Figura 79 – PDCA Implementação de melhorias.....	77
Figura 80 – Estado inicial do <i>layout</i> .....	80
Figura 81 – <i>Layout</i> inicial em <i>Autocad</i> .....	80
Figura 82 – Layout 1ª Proposta .....	82
Figura 83 – Fluxo de trabalho 1ª proposta .....	83
Figura 84 – Entrada de material .....	84
Figura 85 – Embalagem e saída de material.....	85
Figura 86 – Zona de material não-conforme .....	85
Figura 87 – Defeitos em Janeiro e Fevereiro de 2015.....	87
Figura 89 – Layout 2ª Proposta .....	90
Figura 90 – Fluxo de trabalho 2ª Proposta .....	91



## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 – Principais Mercados e Clientes .....	15
Tabela 2 – Método de seriação de materiais .....	24
Tabela 4 – Análise ABC para a quantidade de defeitos reclamados de 2012 a 2014 .....	65
Tabela 5 – Custo das reclamações.....	70
Tabela 6 – Tipos de <i>Layout</i> .....	78
Tabela 7 – Seleção do tipo de <i>Layout</i> - 1 .....	78
Tabela 8 – Seleção do tipo de <i>Layout</i> - 2 .....	79
Tabela 10 – Caraterísticas da máquina de corte de laser.....	97
Tabela 11 – Caraterísticas da máquina de corte automático de tubo .....	97
Tabela 12 – Caraterísticas das máquinas CNC de dobragem de tubo.....	98
Tabela 13 – Caraterísticas da Puncionadora de chapa CNC .....	98
Tabela 14 – Caraterísticas das guilhotinas de corte de chapa .....	98
Tabela 15 – Caraterísticas das quinadoras de chapa .....	98
Tabela 16 – Caraterísticas das prensas .....	99
Tabela 17 – Caraterísticas dos robots de soldadura .....	100
Tabela 18 – Caraterísticas dos aparelhos de soldadura manual .....	101



## *Acrónimos*

- 5S – *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*
- 3M – Muda, Mura, Muri
- 6M – Método, Máquina, Mão-de-obra, Medida, Material, Meio ambiente
- CNC – *Computer Numerical Control*
- EUA – Estados Unidos da América
- FIFO – *First In First Out*
- ISO – *International Organization for Standardization*
- KPI – *Key Performance Indicator*
- m – metro
- PDCA – *Plan Do Check Act*
- ppm – Partes por milhão
- SDCA – *Standardize Do Check Act*
- VSM – *Value Stream Mapping*



# 1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação foi desenvolvida no ano letivo 2014/2015 no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação / Projeto / Estágio do Mestrado em Engenharia Mecânica – Ramo Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

O trabalho de investigação foi realizado em ambiente industrial, numa empresa metalomecânica do ramo automóvel, com o principal objetivo de melhoria do processo de fabrico da secção de inspeção e embalagem de produto acabado.

Este capítulo faz uma breve referência à questão de investigação, aos objetivos traçados e aos resultados esperados com a implementação de melhorias baseadas na filosofia *Lean Manufacturing*.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O aumento da competitividade do mercado tem motivado as empresas a adotar e implementar melhorias com vista a dar respostas aos novos desafios e necessidades dos seus clientes. O presente estudo surgiu da necessidade de melhorar a performance da empresa através do aumento da satisfação dos clientes e da qualidade dos produtos fornecidos.

Este trabalho é focado na implementação de melhorias ao processo produtivo na secção de inspeção e embalagem com recurso a técnicas *Lean* e a métodos de otimização de *layouts* de instalações.

A filosofia *Lean Manufacturing* não é uma ferramenta que se possa adotar ou implementar mas sim uma forma de pensar e de visão sobre a melhoria contínua das organizações, tornando-o num processo longo e de envolvimento de todos os *stakeholders* da organização.

A IETA é uma empresa fornecedora de estruturas metálicas para a indústria automóvel acarretando toda a exigência e responsabilidade conhecidas desta indústria. De forma responder aos desafios prementes, a IETA tem desenvolvido ações de melhoria ao processo de fabrico e à própria organização com o objetivo de corresponder às necessidades dos diversos clientes.

Este estudo pretende avaliar ineficiências e identificar as oportunidades de melhoria na secção em estudo contribuindo assim para o sucesso da empresa através do envolvimento da organização na aprovação das propostas sugeridas e no sucesso da sua implementação.

## **1.2. OBJETIVOS**

Este estudo tem como principal objetivo a melhoria do processo de fabrico da secção de inspeção e embalagem de produto acabado, pretendendo-se identificar a causa dos problemas reclamados pelo cliente e compreender de que forma podem ser abordados e solucionados através do estudo dos seguintes pontos:

- Efetuar uma análise dos defeitos reclamados;
- Verificar a causa da sua ocorrência;
- Implementar melhorias ao processo;
- Analisar o impacto da sua implementação.

No âmbito deste estudo pretende-se estudar a aplicação de práticas *Lean* e de métodos de otimização de *layouts* em ambiente industrial bem como o seu impacto na organização e na cadeia da valor dos produtos estudados.

## **1.3. METODOLOGIA**

De forma atingir os objetivos propostos este estudo foi desenvolvido com base numa metodologia de investigação que se dividiu em quatro fases.

Numa primeira fase foi desenvolvido um trabalho de levantamento dos problemas existentes e de que forma poderiam ser solucionados.

Na segunda fase desenvolveu-se uma análise de medição e monitorização cuidada dos indicadores de desempenho, do processo produtivo, dos produtos envolvidos e do fluxo de material com a finalidade de caracterizar o seu estado inicial.

Na terceira fase foram planeadas e implementadas melhorias ao *layout* fabril introduzindo alterações à disposição do posto de trabalho e ao método de trabalho adotado.

Na quarta fase foi feita uma avaliação dos resultados obtidos e uma comparação do impacto das melhorias implementadas com vista à compreensão do benefício introduzido. Foi também dada continuidade de melhoria às alterações introduzidas.

A Figura 1 apresenta um esquema da metodologia adotada.

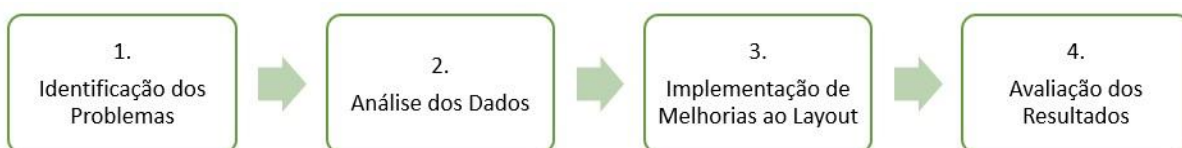


Figura 1 – Metodologia adotada

#### **1.4. CALENDARIZAÇÃO**

O planeamento e acompanhamento deste trabalho foi definido através de um cronograma de atividades necessárias. As atividades desenvolvidas foram as seguintes:

Setembro 2014 – Identificação dos problemas existentes e estudo de possíveis soluções.

Outubro e Novembro 2014 – Medição e monitorização do processo.

Dezembro 2014 – Planeamento e implementação de melhorias.

Janeiro a Abril 2015 – Avaliação dos resultados obtidos.

Mai e Junho 2015 – Planeamento de novas propostas de melhoria.

Julho a Outubro 2015 – Elaboração do relatório.

A Figura 2 e a Figura 3 apresentam a calendarização das tarefas desenvolvidas, elaborada no software *Microsoft Project 2013*.

Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Identificação dos problemas existentes e estudo de possíveis soluções	5 wks	Mon 01-09-14	Fri 03-10-14	
2	Medição e monitorização do processo	10 wks	Mon 06-10-14	Fri 12-12-14	1
3	Planeamento e implementação de melhorias	4 wks	Mon 15-12-14	Fri 09-01-15	2
4	Avaliação dos resultados obtidos	20 wks	Mon 12-01-15	Fri 29-05-15	3
5	Elaboração do relatório	20 wks	Mon 01-06-15	Fri 16-10-15	4

Figura 2 – Calendarização das atividades

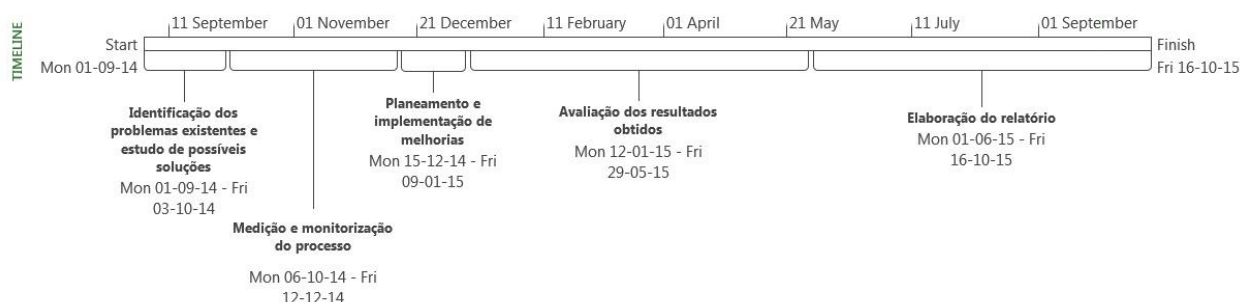


Figura 3 – Cronograma das atividades

## 1.5. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O presente relatório é composto por cinco capítulos, organizados da seguinte forma:

### 1. Introdução

Neste capítulo é efetuada uma contextualização do estudo e dos objetivos traçados, bem como a metodologia adotada e a calendarização das atividades desenvolvidas.

### 2. Apresentação da Empresa

Este capítulo é dedicado à apresentação da empresa onde foi desenvolvido este trabalho, fazendo uma breve referência à sua história, aos produtos fabricados, aos principais mercados e à sua estrutura organizacional.

### 3. Pesquisa bibliográfica

Neste capítulo são mencionadas as técnicas e ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste estudo.

#### **4. Caso de estudo**

Este capítulo apresenta uma análise do processo produtivo, dos problemas detetados e das melhorias introduzidas.

#### **5. Conclusões e trabalhos futuros**

Este capítulo apresenta as conclusões do trabalho desenvolvido e expõe algumas considerações sobre a continuidade do estudo realizado.



## 2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é efetuada uma apresentação da empresa onde foi desenvolvido o caso de estudo.

### 2.1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi desenvolvida na empresa IETA – Industria de Estofos e Transformação de Automóveis S.A., com principal atividade na construção de estruturas soldadas em aço para a indústria automóvel com ou sem acabamento superficial.

A IETA é uma empresa Portuguesa fornecedora de componentes e produtos quase exclusivamente para a indústria automóvel, composta por três Unidades de Negócio: Metal, Interiores e Design.

A Unidade de Metal, onde foi desenvolvido este estudo, é a mais representativa de toda a sua atividade económica e 90% dos produtos fabricados têm como destino a exportação.

## 2.2. HISTÓRIA DA EMPRESA

A IETA S.A. foi fundada em 1939 com atividade produtiva de componentes metálicos para a indústria e transformação de automóveis. A Figura 4 demonstra as primeiras instalações da IETA em Vila Nova de Gaia.

A sua atividade iniciou-se com a transformação simples de metais alargando as suas operações à conformação de chapa e tubo e construção soldada.



Figura 4 – Primeiras instalações fabris da IETA

A Figura 5 apresenta os produtos introduzidos em 1950, quando iniciou a produção das estruturas dos bancos dos automóveis Austin A55 e A60 e consolidou a sua produção de bancos para autocarros de transporte de passageiros.

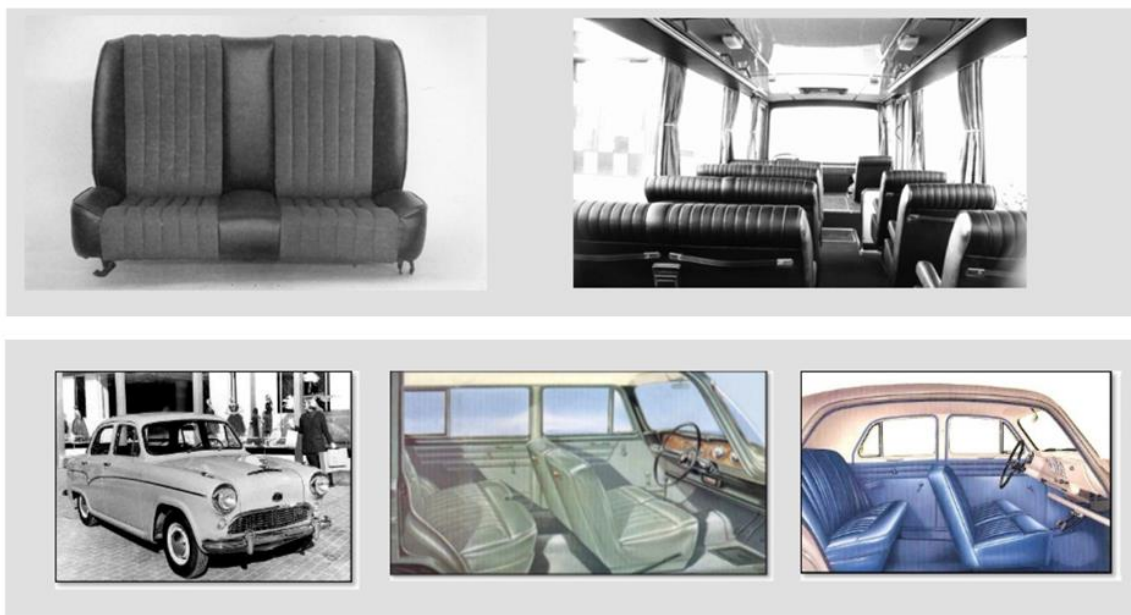


Figura 5 – Produtos 1950 – Austin

Entre 1960 e 1970 iniciou o fornecimento de estruturas de bancos para o Austin Allegro Maxi tendo fornecido o banco completo para este modelo. A gama de produtos consolidou-se posteriormente com a produção para os modelos Mini IMA, Mini Cooper e Triumph Dolomite, apresentados na Figura 6.



Figura 6 – Produtos 1960 – 1970 – Mini e Triumph

Em 1980 inicia a produção de toda a estrutura metálica, componentes, bancos e capota para o Mini Moke, apresentados na Figura 7.



Figura 7 – Produtos 1980 – Mini Moke

Posteriormente em 1990, iniciou a produção de bancos para a Toyota Hiace, componentes para tratores agrícolas e painéis de portas dos modelos Volkswagen Sharan, Seat Alhambra e Ford Galaxy.

A partir do ano 2000, com a construção de uma nova unidade fabril em Castelo de Paiva, especializou-se na produção de estruturas soldadas de bancos para automóveis e autocarros de passageiros (apresentados adiante), tendo também desenvolvido o processo produtivo de produtos para os clientes IKEA e Decathlon. A Figura 8 demonstra estes produtos.



Figura 8 – Produtos Ikea e Decathlon

Atualmente, a Unidade de Interiores situada em Vila Nova de Gaia, está vocacionada exclusivamente para o fabrico de estofos, forros e painéis interiores em couro, apresentados na Figura 9.



Figura 9 – Produtos IETA Interiores

No ano 2000, aproveitando as sinergias e o *know-how* da IETA foi criada a marca IETADESIGN, responsável pela conceção, desenvolvimento e comercialização de mobiliário urbano. Na Figura 10 é possível conhecer alguns dos produtos IETADESIGN.



Figura 10 – Produtos IETA DESIGN (adaptado de ietadesign.pt)

### 2.3. LOCALIZAÇÃO DA EMPRESA

Atualmente com sede em Castelo de Paiva e outra unidade produtiva em Vila Nova de Gaia a IETA possui certificação ISO 9001:2008 e ISO/TS 16949:2009.

A Figura 11 demonstra a localização das instalações em território nacional.



Figura 11 – Localização das Instalações da IETA (adaptado de ieta.pt)

Na fábrica e sede da empresa em Castelo de Paiva (Figura 12), com área total de 46000 m<sup>2</sup> e 12000 m<sup>2</sup> de área produtiva, é desenvolvida toda a atividade da Unidade de Negócio de Metal e a componente produtiva da IETA DESIGN.



Figura 12 – Unidade Fabril de Castelo de Paiva

Nas instalações de Vila Nova de Gaia (Figura 13), com uma área total de 5000 m<sup>2</sup> e 4000 m<sup>2</sup> de área produtiva, decorre toda a atividade da Unidade de Estofos e administrativa da IETA DESIGN.



Figura 13 – Unidade fabril de Vila Nova de Gaia

## 2.4. UNIDADE FABRIL DE METAL EM CASTELO DE PAIVA

A fábrica de Castelo de Paiva, apresentada na Figura 14, dedicada à Unidade de Negócio de Metal, é constituída por uma área produtiva (coberta) de 12000m<sup>2</sup> distribuídos, de uma forma geral, por processo de fabrico.

O *layout* fabril está dividido em quatro grandes áreas produtivas:

- Conformação de tubo e chapa;
- Soldadura:
  - Manual;
  - Robotizada.
- Pintura;
- Montagem e Embalagem.



Figura 14 – Fábrica de Castelo de Paiva

## 2.5. TIPOS DE PRODUTOS

Atualmente a IETA produz conjuntos e subconjuntos metálicos para o fornecimento de primeiras linhas da indústria agrícola e segundas linhas da indústria automóvel.

Os produtos fabricados na IETA Metal podem ser divididos em 6 grandes famílias: estruturas de bancos para automóveis, acessórios para tratores, componentes para motores de tratores, estruturas de apoio para autoclismos, caixotes de lixo urbano e mobiliário urbano, sendo fabricados quase exclusivamente em aço, em diversas qualidades e acabamentos, como aço zincado e galvanizado.

Dada a elevada exigência de padrões de qualidade da indústria automóvel, a grande maioria dos produtos requer grande atenção ao detalhe e parâmetros de trabalho perfeitamente definidos, sendo necessário, por vezes, aplicar apertados controlos de qualidade que permitam garantir os requisitos dos clientes.

A Figuras 14, 15 e 16 apresentam alguns dos produtos fabricados na Unidade de Negócio Metal.



Figura 15 – Produtos IETA Metal 1



Figura 16 – Produtos IETA Metal 2

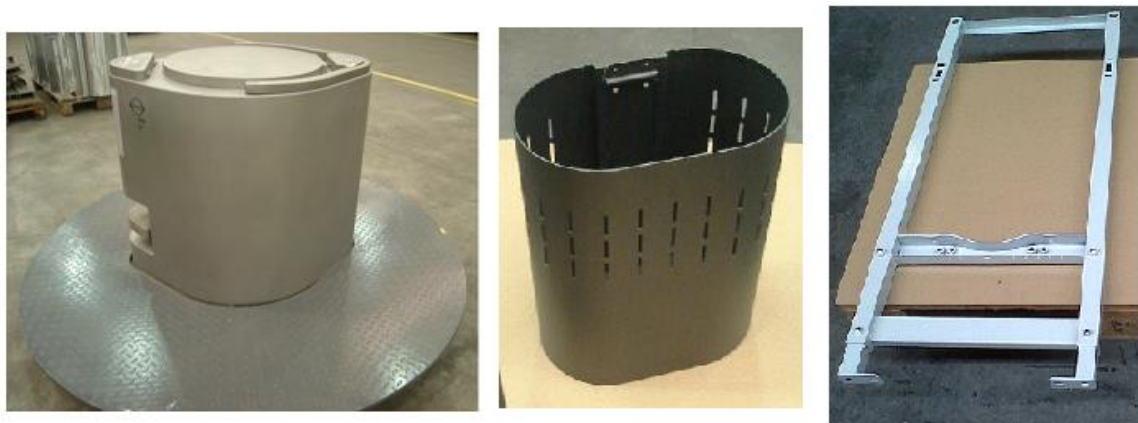


Figura 17 – Produtos IETA Metal 3

## 2.6. PRINCIPAIS MERCADOS E CLIENTES

O principal destino dos produtos da IETA é a exportação, distribuindo produtos por países dos continentes Europeu e Americano.

A Tabela 1 demonstra a relação entre mercado, cliente e aplicação dos produtos fabricados na IETA.

Tabela 1 – Principais Mercados e Clientes

<b>Mercado</b>	<b>Cliente</b>	<b>Aplicação</b>
Inglaterra	Magna Seating	Indústria Automóvel
Alemanha	John Deere AG & Turf	Indústria Agrícola
França	John Deere PS	Indústria Agrícola
Itália	Isringhausen	Indústria Automóvel
Espanha	Isringhausen	Indústria Automóvel
	Magna Seating	Indústria Automóvel
Portugal	Toyota	Indústria Automóvel
	Sopsa	Ambiente
EUA	John Deere PS	Indústria Agrícola
	Crown	Equipamento Industrial
Argentina	John Deere PS	Indústria Agrícola
México	John Deere PS	Indústria Agrícola

## 2.7. IETA EM NÚMEROS

A indústria automóvel tem sofrido, nos últimos anos, uma evolução nas vendas, correspondendo também ao histórico faturação anual da IETA.

A Figura 18 representa o total de vendas da IETA, em euros, entre os anos 2008 e 2014.

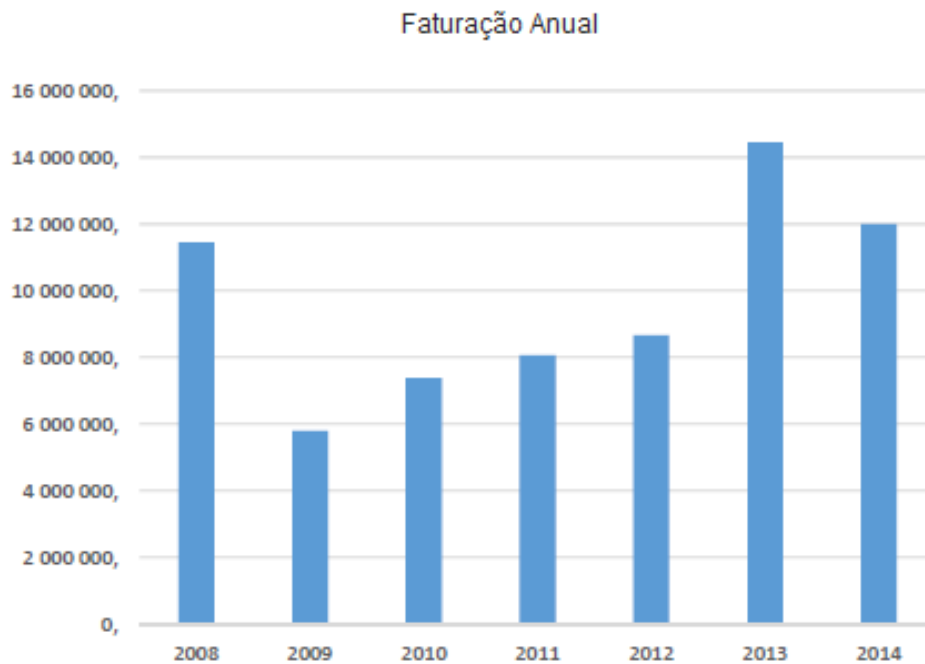


Figura 18 – Faturação Anual da IETA em euros (fonte: IETA)

Na Figura 19 é possível verificar a evolução da mão-de-obra da IETA, atualmente com 192 colaboradores.

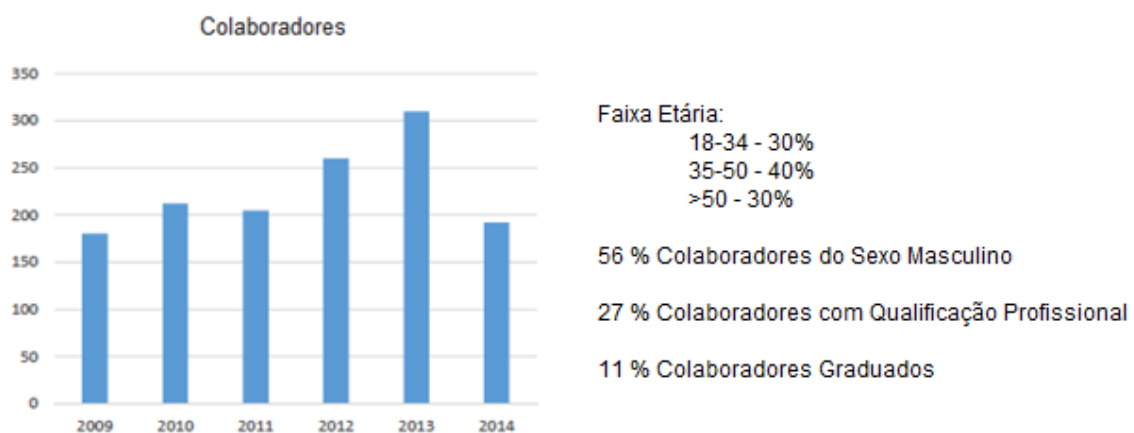


Figura 19 – Evolução do número de colaboradores da IETA (fonte: IETA)

## 2.8. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A IETA está organizada por um tipo de estrutura mista, ou seja, funcional e divisional. Funcional devido à sua especialização por função/processo resultando numa especialização técnica, e divisional devido à divisão por Unidades de Negócio e estruturas de suporte [1].

De acordo com o organigrama apresentado na Figura 20 é possível verificar que os diversos Diretores reportam diretamente à Administração da empresa, contribuindo assim para uma rápida transmissão de informação.

Cada Direção funciona de forma autónoma comunicando entre si de acordo com a Rede de Processos instaurada e abordada de seguida.

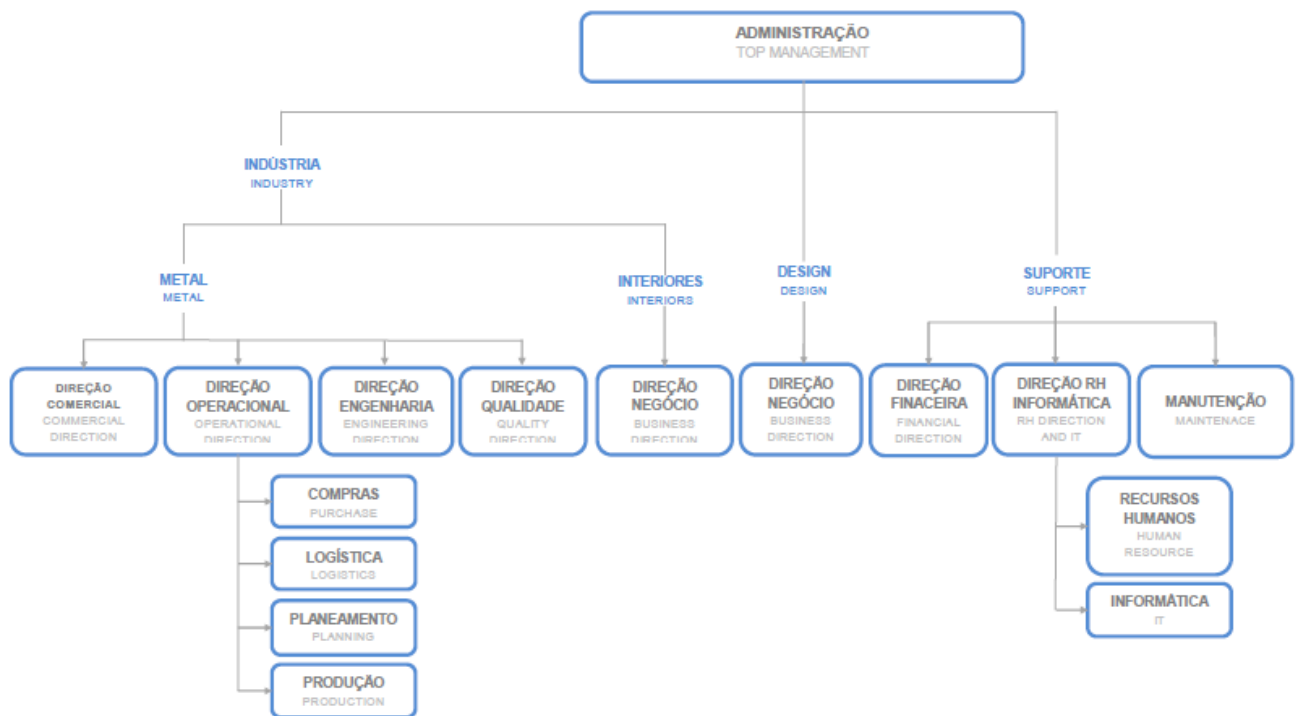


Figura 20 – Organigrama da IETA (fonte: Manual da Qualidade da IETA)

Na Figura 21 é apresentada a Rede de Processos da IETA em que consiste a sua Gestão Estratégica com o objetivo do compromisso e cumprimento dos requisitos dos clientes.

Esta relação determina o método de interação e comunicação entre funções para garantir a correta transmissão de informação entre todos os intervenientes.

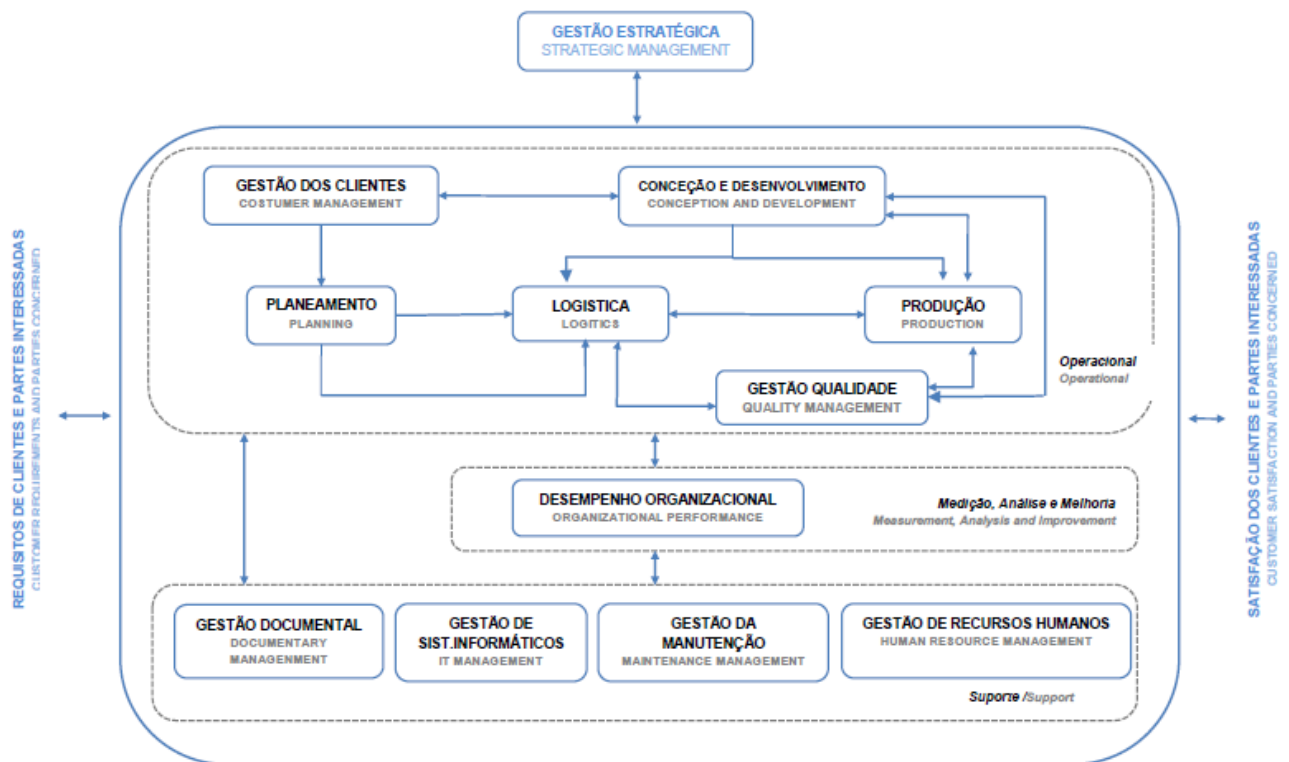


Figura 21 – Gestão Estratégica da IETA (fonte: Manual da Qualidade da IETA)

# 3. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta um estudo de referência à metodologia *Lean* utilizada neste estudo.

## 3.1. FILOSOFIA *LEAN MANUFACTURING*

*“Ao aprender a identificar desperdícios, descobrirá que há muito mais desperdícios à sua volta do que jamais imaginou...”* [2].

*Lean* é uma filosofia de negócio que procura otimizar o funcionamento das organizações, utilizando os recursos de forma mais eficiente eliminando as atividades sem valor acrescentado, com objetivo de satisfazer as necessidades dos clientes.

Esta filosofia, com origem nipónica na Toyota, procura utilizar os recursos estritamente necessários para a realização das atividades de valor acrescentado de forma a fazer cada vez mais com cada vez menos através da eficiência dos processos. Esta filosofia originária no Japão e na indústria automóvel tem sido amplamente adotada noutros países e em outros tipos de indústria, como é o caso do Reino Unido [3].

A adoção e implementação da filosofia *Lean* tem por base cinco princípios fundamentais:

- Definição de Valor com base nas especificações e expectativas dos clientes;

- Definição da Cadeia de Valor através das atividades e ações necessárias à satisfação dos clientes;
- Otimização de Fluxos organizando a cadeia de valor para eliminar qualquer parte do processo que não acrescente valor ao produto ou serviço;
- Implementação do Sistema de Produção *PULL* produzindo apenas o necessário, quando necessário e na quantidade necessária;
- Melhoria Contínua como compromisso da contínua procura e eliminação do desperdício, amplamente utilizada em diversas organizações e reconhecida como um dos principais pilares da sua estratégia competitiva [4].

### 3.1.1. MODELO 3M

Este tipo de pensamento e abordagem levaram à identificação dos três principais tipos de desperdícios existentes nas organizações. Estes, conhecidos como MODELO 3M, são definidos como todo e qualquer tipo de recurso que se gasta na execução de um produto ou serviço, para além do estritamente necessário [5]:

- MUDA – Desperdício.

Qualquer tipo de atividade que consome recursos sem acrescentar valor para o cliente, e como tal deve ser eliminado.

- MURA – Fazer as coisas de forma diferente.

Instabilidade e variabilidade. Devem ser eliminados através da adoção do sistema *PULL* fazendo apenas o necessário e quando necessário.

- MURI – Fazer muito ou pouco.

Sobrecarga de máquinas e operadores. Deve ser eliminado através da uniformização do trabalho garantindo que todos seguem os mesmos procedimentos, tornando os processos mais previsíveis e controláveis.

A Figura 22 apresenta uma representação do Modelo 3M.

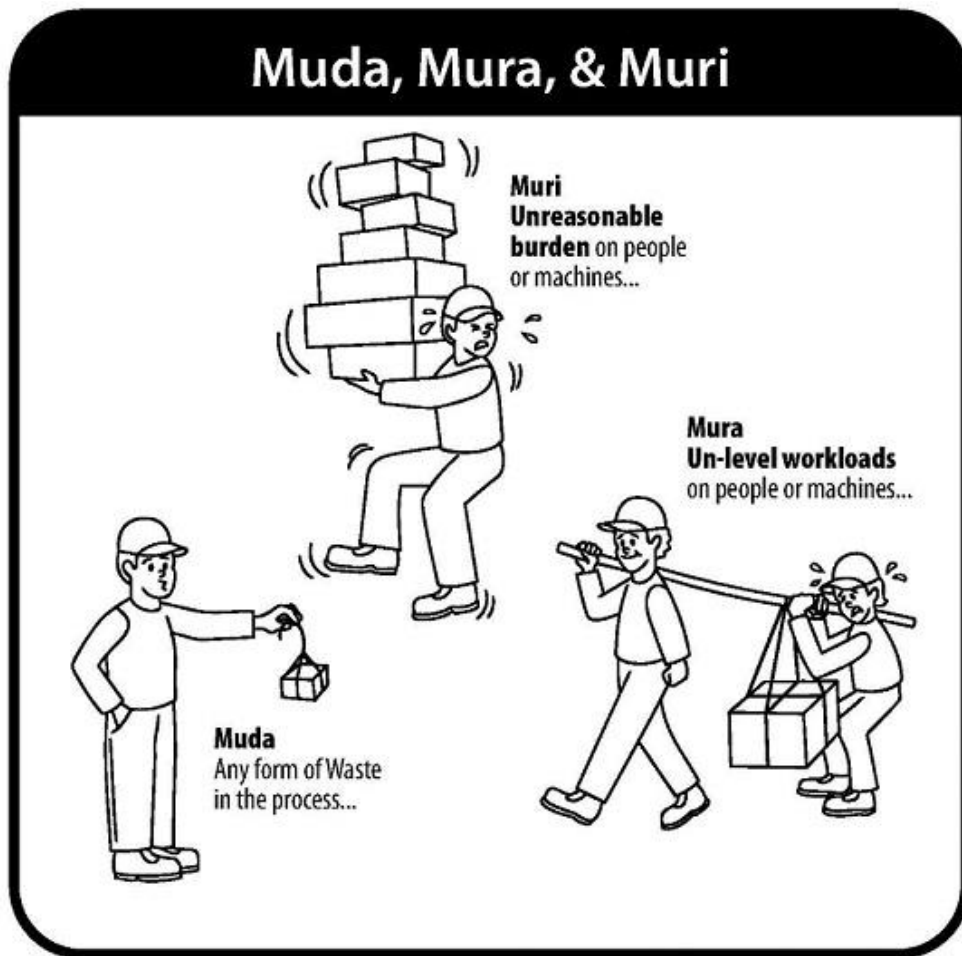


Figura 22 – Modelo 3M (fonte: [www.missiontps.blogspot.com](http://www.missiontps.blogspot.com))

### 3.1.2. CICLO PDCA (*PLAN, DO, CHECK, ACT*)

A origem deste conceito remonta à década de 1920 com Walter A. Shewart [6], mas foi em 1950 que foi desenvolvido o ciclo PDCA por William Edwards Deming. Considerado um dos Gurus da Qualidade, Deming desenvolveu um método utilizado para manter e melhorar os resultados através da identificação, observação e análise dos problemas com a finalidade de atingir os objetivos definidos.

O ciclo PDCA ou ciclo de Deming é hoje aplicado em diversas indústrias, para além da indústria automóvel, como é o exemplo da indústria de semicondutores elétricos [7].

Desde a sua criação por Shewart até aos dias de hoje, este ciclo sofreu várias alterações. Em 1993, Deming substituiu o “*Check*” por “*Study*”, Verificar por Estudar, formando o ciclo PDSA. Segundo Deming [8], a alteração deveu-se ao facto de a palavra “*Check*” induzir numa inspeção sobre uma análise, quando na terceira fase se deverá obter conhecimento do processo/produto e não só uma verificação do seu estado.

Este método, utilizado na abordagem da melhoria contínua é composto por quatro etapas, apresentadas na Figura 23 e descritas de seguida:

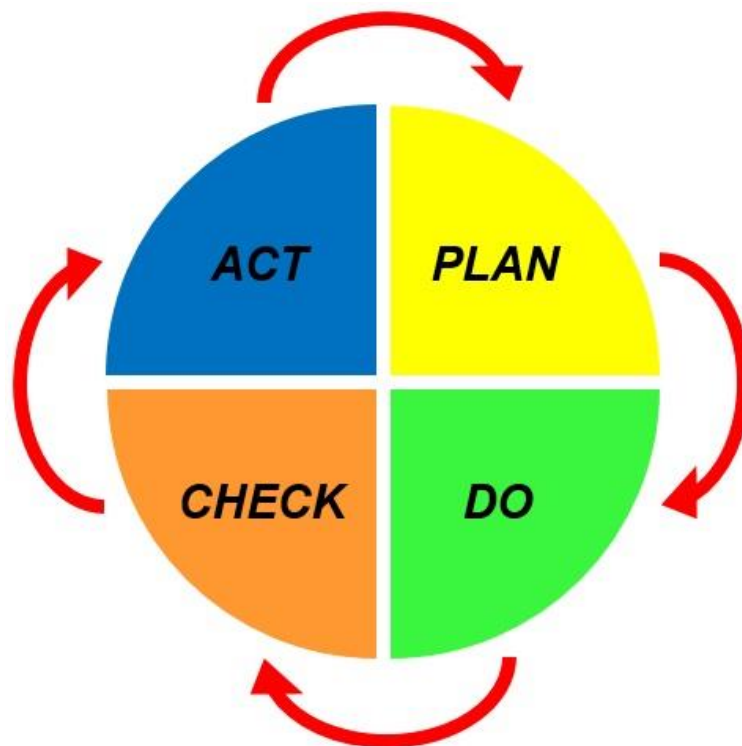


Figura 23 – Ciclo PDCA

- **PLAN / PLANEAR:** Nesta etapa é efetuada a definição do problema, possíveis causas e soluções e elaborado o plano de ação.
- **DO / FAZER:** Implementação do plano previsto e recolha de dados para análise.
- **CHECK / VERIFICAR:** Monitorizar e analisar os dados recolhidos, avaliar os processos e os resultados. Verificar se estão de acordo com o planeado na primeira etapa. Efetuar o registo e estudar as variações.
- **ACT / AGIR:** Agir de acordo com os resultados obtidos na procura da causa-raiz dos problemas e normalizar o processo. Caso não seja eficaz iniciar novo ciclo.

A fase de normalização do processo é fundamental de forma a garantir a continuidade e eficácia das ações implementadas. Qualquer alteração ao produto/processo carece de uma nova iteração do ciclo PDCA de forma a garantir a sua normalização. Nesta fase o ciclo é normalmente denominado como SDCA – *Standardize Do Check Act*.

A Figura 24 pretende demonstrar a aplicação destes ciclos de melhoria contínua.

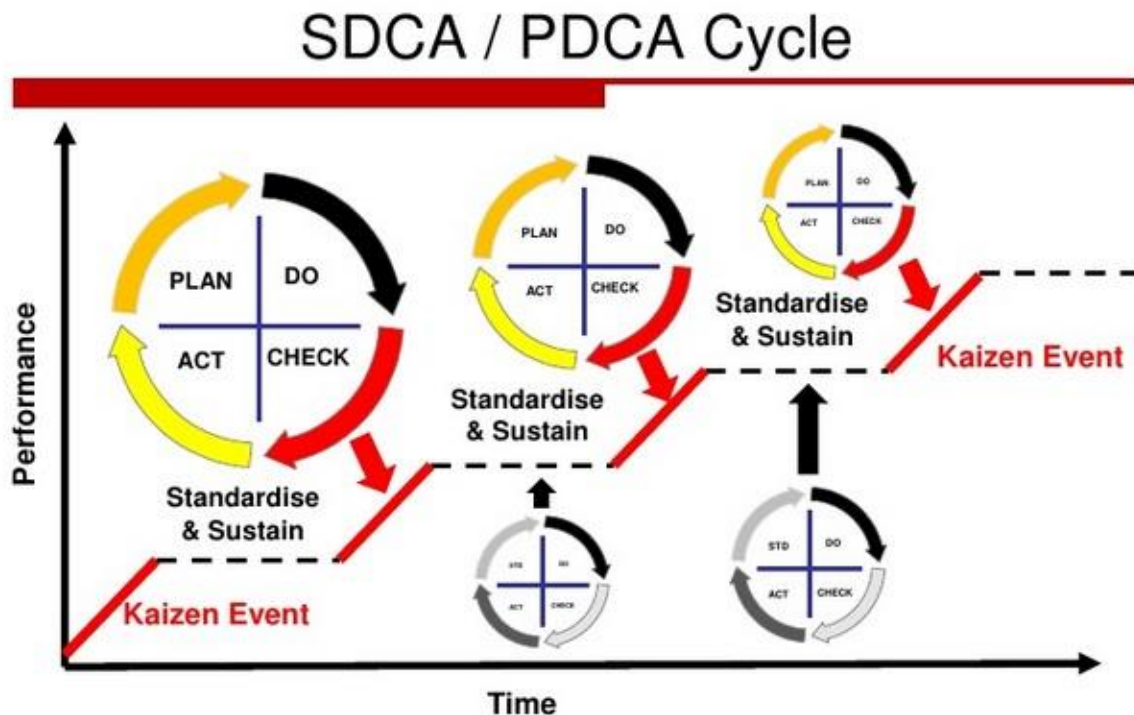


Figura 24 – Ciclo PDCA e SDCA (fonte Gemba Kaizen – Improvement has no End [9])

Esta figura ilustra de forma muito explícita que as atividades de melhoria (definidas como *Kaizen Events*) implementadas ao longo do tempo têm influência na performance dos processos e carecem de uma fase de normalização. Esta etapa irá permitir uma futura evolução do processo e nova oportunidade de melhoria – ciclo SDCA, caso contrário, o ciclo anterior não seria fechado e a melhoria deixaria de ser contínua pois estagnava no evento de melhoria em curso.

### 3.1.3. METODOLOGIA 5S

5S é uma metodologia utilizada com o objetivo de melhorar as práticas de trabalho que, segundo Loonie Wilson [10], facilitam o controlo visual e a implementação da filosofia *Lean* numa organização.

Os 5S são uma forma de determinar a abordagem de uma organização ao seu negócio e de avaliar a organização dos postos de trabalho no que diz respeito à sua gestão visual. Os 5S são um compromisso para disciplinar as pessoas para o uso de padrões [11].

O nome desta metodologia de origem japonesa tem proveniência em cinco palavras começadas por S: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, que constituem as cinco fases da implementação desta metodologia.

### ***Seiri*** (Separação ou Triagem)

A primeira fase dos 5S consiste na seleção e separação das ferramentas e materiais necessários e desnecessários à execução das tarefas no posto de trabalho. Os materiais devem ser identificados de acordo com a sua frequência de utilização de forma a perceber a sua importância e prioridade.

A Tabela 2 apresenta um modo de seriação dos materiais e ferramentas.

Tabela 2 – Método de seriação de materiais

<b><i>Categoria</i></b>	<b>Frequência de Utilização</b>	<b>Local de Arrumação</b>
<i>1</i>	Diária	Posto de trabalho
<i>2</i>	Semanal	Área de trabalho
<i>3</i>	Mensal	Armazém da área de trabalho
<i>4</i>	Anual	Armazém geral
<i>5</i>	Sem utilização	Eliminar

A análise desta tabela permite verificar que os materiais utilizados com grande frequência devem permanecer no posto de trabalho de forma a evitar interrupções com a procura de materiais e ferramentas necessárias à execução da tarefa.

Por outro lado, os materiais com pouca utilização devem ser armazenados em espaços próprios de forma a não perturbar as atividades diárias. Os materiais sem utilização devem ser eliminados ou vendidos deixando assim de perturbar atividades correntes e podendo ainda ser potenciais fontes de rendimento para a organização.

### ***Seiton*** (Arrumação)

Nesta fase devem ser arrumados todos os materiais e ferramentas necessárias à execução das tarefas de forma a estarem prontos para ser utilizados. A ideia chave é: um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar.

Os locais de arrumação e os materiais e ferramentas devem ser devidamente identificados de forma a garantir que qualquer pessoa pode utilizar o material correto e guardá-lo no local correto. Estão incluídas nesta fase as ferramentas necessárias à execução das tarefas e os materiais/componentes produzidos no posto de trabalho.

A correta definição dos locais próprios para cada material e ferramenta permite a adoção da boa prática de FIFO – *First In First Out*.

### ***Seiso*** (Limpeza)

A terceira fase considera a limpeza do posto de trabalho e dos equipamentos numa base regular com o objetivo de manter a padronização e identificar defeitos/problemas. Deste modo é possível detetar mais facilmente eventuais desvios ou anomalias ao processo através de uma boa gestão visual.

Esta fase, de autocontrolo dos operadores, implica uma autorresponsabilização das pessoas uma vez que são responsáveis por efetuar estas tarefas de forma rotineira. Assim, é possível proporcionar aos operadores um local de trabalho agradável e confortável, mas acima de tudo, limpo, higiénico e ergonómico.

### ***Seiketsu*** (Normalização)

A quarta fase de normalização implica uma constante revisão dos primeiros três S's de forma a confirmar a manutenção dos padrões estabelecidos.

### ***Shitsuke*** (Sustentabilidade e Disciplina)

O quinto S é a manutenção dos quatro S's implementados, mantendo o cumprimento dos padrões estabelecidos e trabalhando diariamente numa abordagem de melhoria contínua.

A implementação da metodologia 5S é fruto de um trabalho contínuo com vista à contínua melhoria das atividades realizadas. Deste modo, esta fase da metodologia é encarada com a de mais difícil aplicação visto que a atividade desenvolvida diariamente pode-se sobrepor às atividades de manutenção dos 5S, sendo fundamental o acompanhamento por parte das chefias e a definição de uma visão de melhoria contínua por parte dos gestores da organização.

Hoje em dia a metodologia 5S é amplamente implementada nas organizações, não só na indústria mas também nas áreas de prestação de serviços, e é considerada como um dos pontos-chave de rápida e eficaz avaliação de uma organização.

A metodologia 5S é uma base sólida para a definição da visão de melhoria contínua de uma organização, através da boa prática das atividades de organização e padronização. É um importante contributo para a segurança e ergonomia no trabalho e para a adoção do sentido de responsabilidade e envolvimento dos colaboradores convergindo numa melhoria da performance, qualidade e produtividade da empresa [11].

#### **3.1.4. VALUE STREAM MAPPING (VSM)**

*Value Stream Mapping* (VSM), que em Português significa Mapeamento da Cadeia de Valor, é uma técnica visual utilizada para documentar, analisar e introduzir melhorias no fluxo dos materiais e da informação necessários para produzir um determinado produto ou serviço para um cliente [12]. Esta técnica permite uma visualização mais abrangente do fluxo dos materiais e da informação que um produto ou serviço percorrem na sua cadeia de valor, permitindo identificar desperdício e as suas causas [13].

Apesar de recentemente ter sofrido melhorias por Mike Rother e John Shook, o VSM tem origem na Toyota, no Japão, no “diagrama de fluxo de materiais e informação” que tinha como objetivo alinhar a visão dos fornecedores com a da Toyota, promovendo a melhoria [14].

Um mapa do fluxo da cadeia de valor tem em consideração não só a atividade do produto, mas também os sistemas de gestão e informação que suportam o processo. É especialmente útil quando se procura uma redução do tempo de ciclo uma vez que se obtém conhecimento sobre o fluxo da tomada de decisão e do fluxo do processo. O mapa do fluxo reflete todas as ações (com e sem valor acrescentado) atualmente necessárias para a produção de um produto, desde a matéria-prima até aos armazéns do cliente. É o reflexo do produto desde a conceção até à entrega ao cliente.

A construção de um mapa da cadeia de valor é um trabalho de equipa e deve envolver representantes de todas as áreas da organização que estão a ser consideradas. Este processo deve facilitar e ter em consideração o conhecimento interno sobre a empresa e a

experiência em construir estes mapas. A melhor forma de construção é com papel e caneta uma vez que será alvo de inúmeras alterações.

Esta técnica é composta por quatro fases:

1. Seleção da família de produtos ou do produto específico para análise;
2. Mapeamento do estado atual do processo (atividades e operações);
3. Mapeamento do estado futuro – possíveis implementações de melhoria;
4. Planear e executar as alterações.

De forma a demonstrar questões relativas, não só a tempo de ciclo mas também custos, a construção do mapa deve ter em consideração os seguintes pontos:

1. Fluxos de materiais e informação;
2. Fornecedores e clientes;
3. Transporte de materiais;
4. Sistemas de informação;
5. *Stocks* de matéria-prima, materiais em processamento e produto acabado.

Apesar de não estar normalizada e de dever ser adaptada de acordo com as necessidades de cada organização, é apresentada na Figura 25 a simbologia utilizada no *software Microsoft Visio 2013* para a construção de um mapa do fluxo da cadeia de valor.

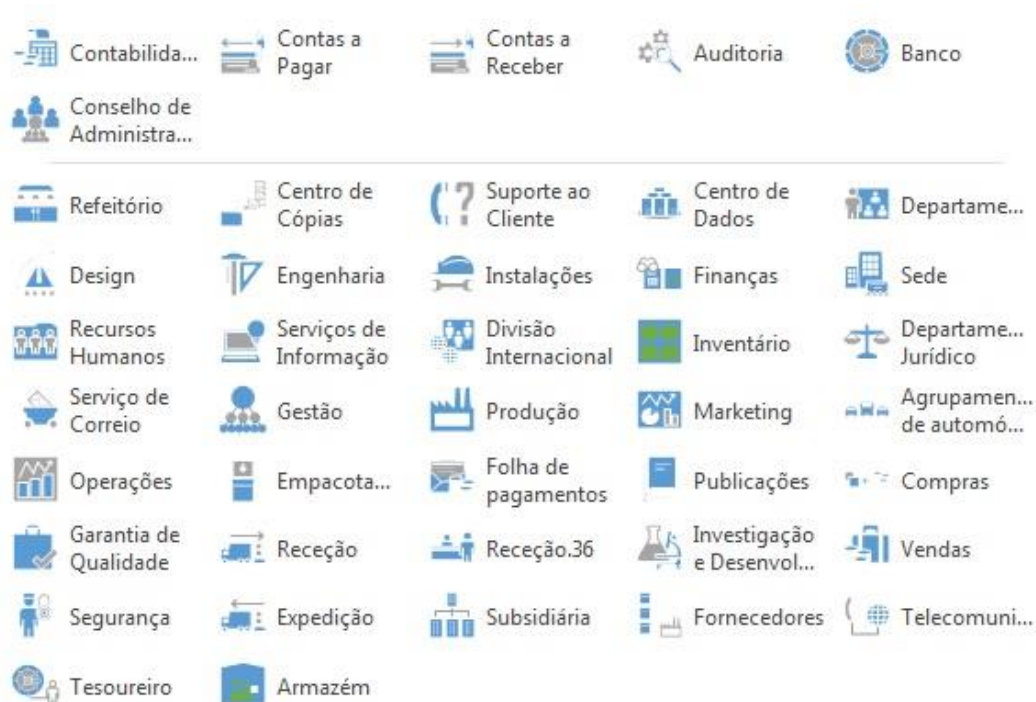


Figura 25 – Simbologia VSM do *Microsoft Visio 2013*

A informação preenchida permite obter muita informação acerca do processo e identificar os problemas e locais de ocorrência, tais como, *stock* excessivo, tempos de ciclo demasiado elevados, tempos de preparação excessivos, má qualidade, retrabalho, entre outros. A Figura 26 apresenta um exemplo de um mapa VSM.

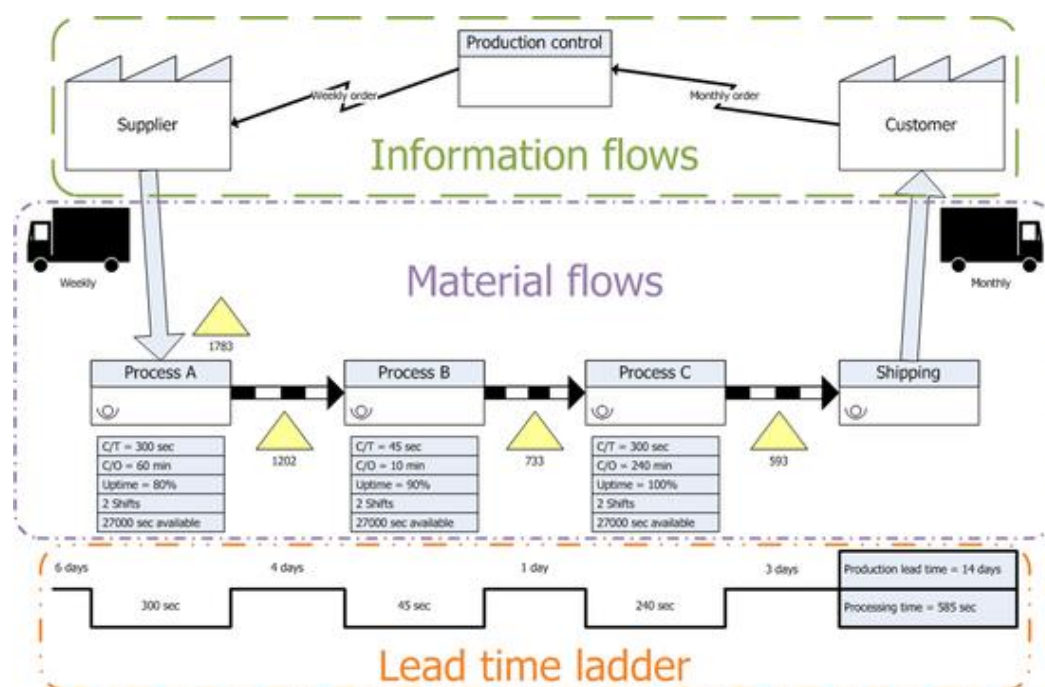


Figura 26 – Exemplo de um *Value Stream Map* (fonte: [blog.cnccookbook.com](http://blog.cnccookbook.com))

### 3.2. ANÁLISE ABC

A análise da curva ABC é baseada no teorema do economista italiano Vilfredo Pareto, que no século XIX efetuou um estudo sobre a riqueza e observou que 80% da riqueza se concentrava em 20% da população.

Este princípio, denominado por princípio de Pareto ou 80-20, foi sugerido pelo Guru da Qualidade Joseph M. Juran em homenagem ao economista, que afirma que 80% dos problemas advêm de 20% das causas.

O diagrama de Pareto é um gráfico de barras que permite verificar a importância relativa dos vários sub-problemas, em termos de custo ou quantidade de ocorrências [15].

Esta análise tem sido utilizada na identificação e classificação de defeitos com vista à resolução de problemas incidindo os esforços nos de maior incidência [16].

A Figura 27 demonstra um exemplo de um diagrama de Pareto.

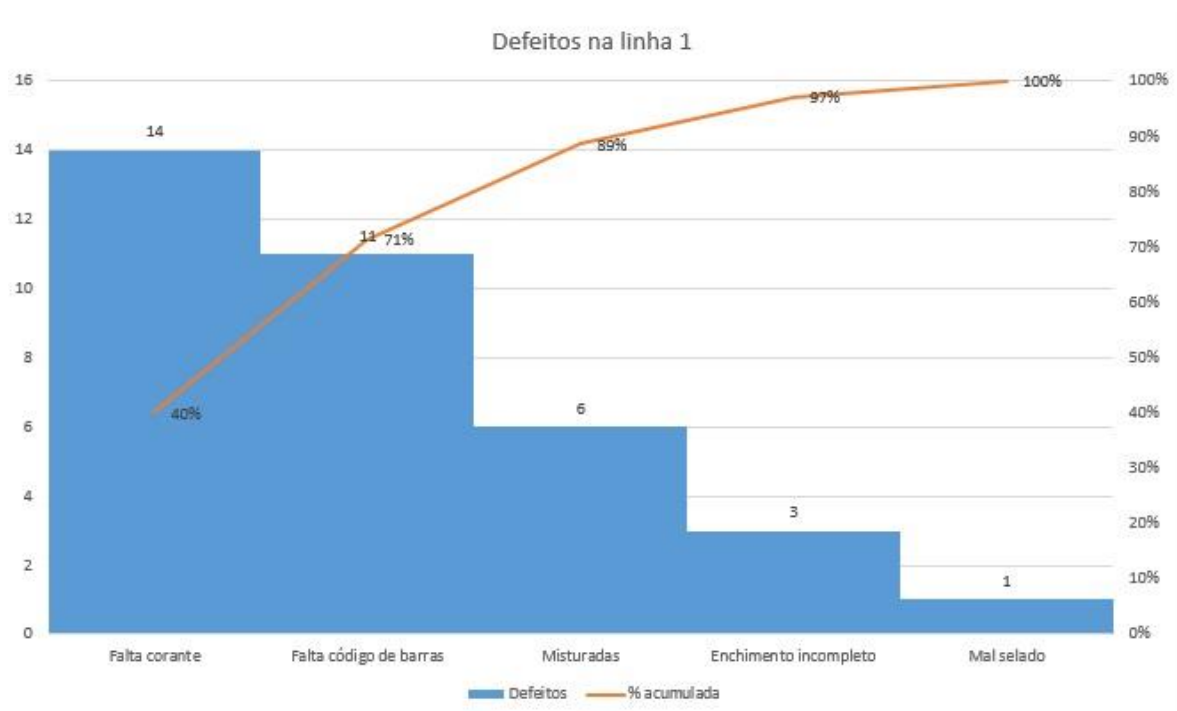


Figura 27 – Exemplo de um Diagrama de Pareto

A análise deste diagrama através da curva da percentagem acumulada é denominada de análise ABC. Este método classifica os itens de acordo com a sua importância relativa [15].

**Classe A:** Itens de maior importância, valor ou quantidade correspondendo a 20% do total de itens.

**Classe B:** Itens de importância, valor ou quantidade intermédia correspondendo a 30% do total.

**Classe C:** Itens de importância, valor ou quantidade menor correspondendo a 50% do total.

A Figura 28 apresenta um exemplo de uma curva ABC.

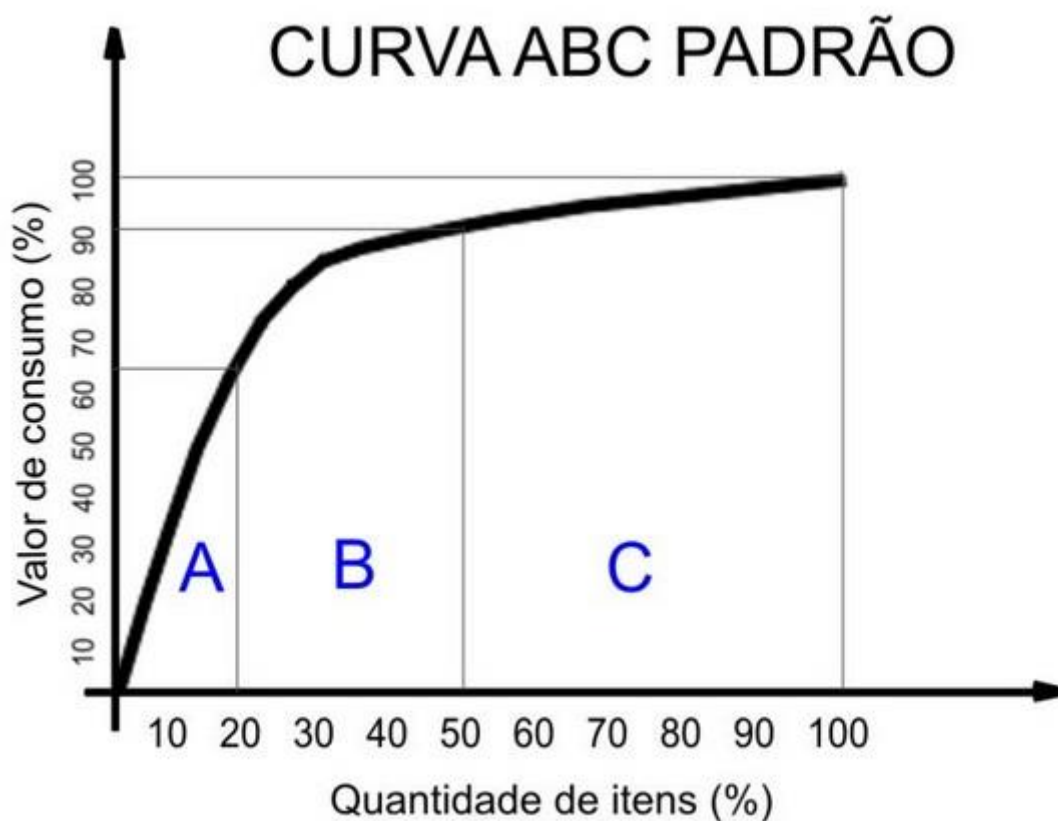


Figura 28 – Exemplo de uma curva ABC (fonte [www.gestaoindustrial.com](http://www.gestaoindustrial.com))

Os parâmetros de classificação definidos podem sofrer ligeiras variações [17]. A definição das classes é um método de orientação para a identificação dos itens de maior importância, quantidade ou valor.

Nesta análise o fundamental é definir as classes de forma a proporcionar a melhor análise possível com vista à resolução dos problemas através da eliminação das causas.

### 3.3. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa-efeito ou espinha de peixe, é uma ferramenta da Qualidade utilizada para a resolução de problemas através da procura das possíveis causas.

Esta ferramenta tem origem em 1943 por Kaoru Ishikawa e tem sido melhorada ao longo dos anos, principalmente com aplicação na indústria, no entanto, a sua aplicação é efetuada em múltiplos temas, como por exemplo na Medicina [18].

A Figura 29 demonstra um exemplo de um diagrama de Ishikawa.

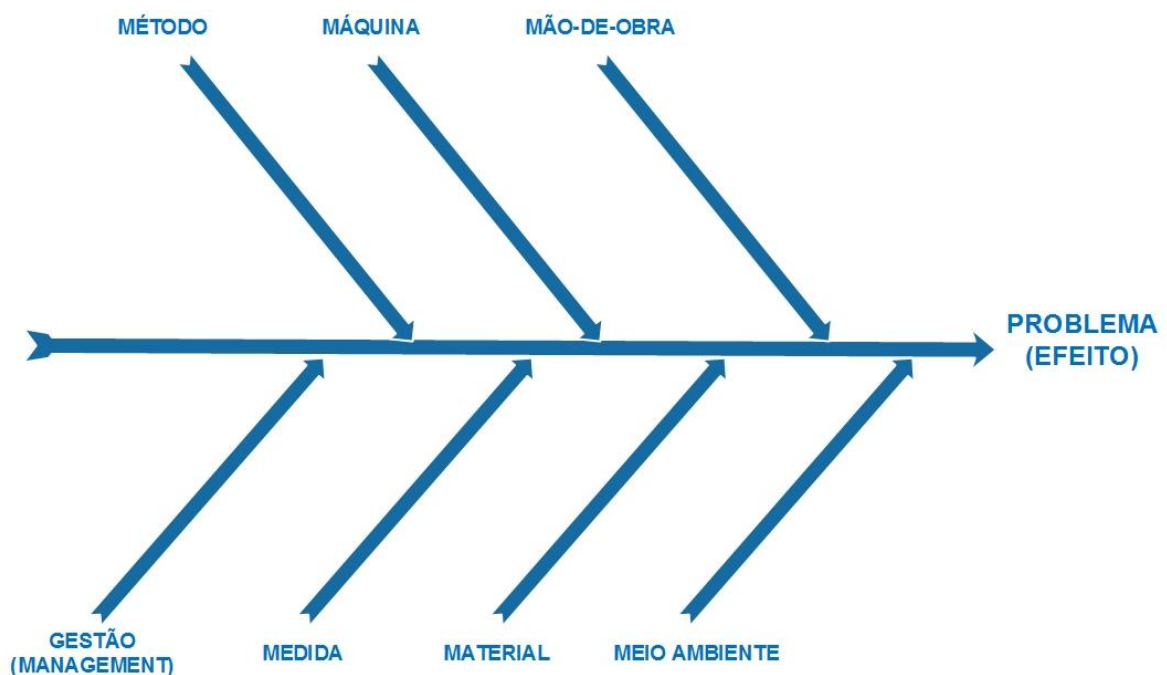


Figura 29 – Exemplo de um diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa tem como objetivo a determinação das causas de um determinado problema, ou efeito. A sua identificação pode ser efetuada em multinível permitindo detalhar o mais possível e identificar mais rapidamente a causa raiz.

Uma das formas muito utilizadas para identificar as causas de um problema é através dos 6M. Este método, já desenvolvido para os 7M, englobando a Gestão das Organizações é composto pelos seguintes itens:

- Método
- Máquina
- Mão-de-obra
- Medida
- Material
- Meio ambiente
- Gestão

Esta ferramenta da Qualidade é muito utilizada no *Lean Manufacturing* com o objetivo de identificar a origem de desperdícios, causas de defeitos de fabrico, variabilidade nos processos, nos tempos de operação e de *setup*.

### **3.4. ESTUDO DO LAYOUT DE INSTALAÇÕES**

“O *layout* das instalações é o arranjo das atividades, recursos e espaços tendo em consideração a relação existente entre eles” [19].

Os problemas sobre o *layout* / implantação mais adequada para cada organização têm sido estudados desde há vários anos [20] com o objetivo de melhorar do fluxo dos processos e do *layout* dos postos de trabalho, com vista à melhoria das operações e dos fluxos de materiais no espaço fabril.

A evolução dos sistemas informáticos e a adaptação de *softwares* de estudo nestas matérias proporcionaram um aumento das possibilidades recorrendo a algoritmos para geração de *layouts* [21].

Por norma, a abordagem dos estudos sobre o *layout* de instalações inicia-se pela análise e melhoria do espaço físico da empresa entre as várias seções produtivas e armazéns e posteriormente nos postos de trabalho de cada seção [22].

Existem diversas ferramentas que ajudam na resolução dos problemas relacionados com o *layout*, no entanto, e com foco neste estudo são apresentadas as seguintes [22]:

- **Otimização do *layout* em função dos tipos de produtos e quantidades a produzir;**

Este tipo de abordagem tem em consideração a separação dos postos de trabalho de acordo com as quantidades a produzir, a variedade de produtos e a semelhança de operações a realizar. A Figura 30 apresenta o modo de definição de *layouts* de acordo com os parâmetros mencionados.

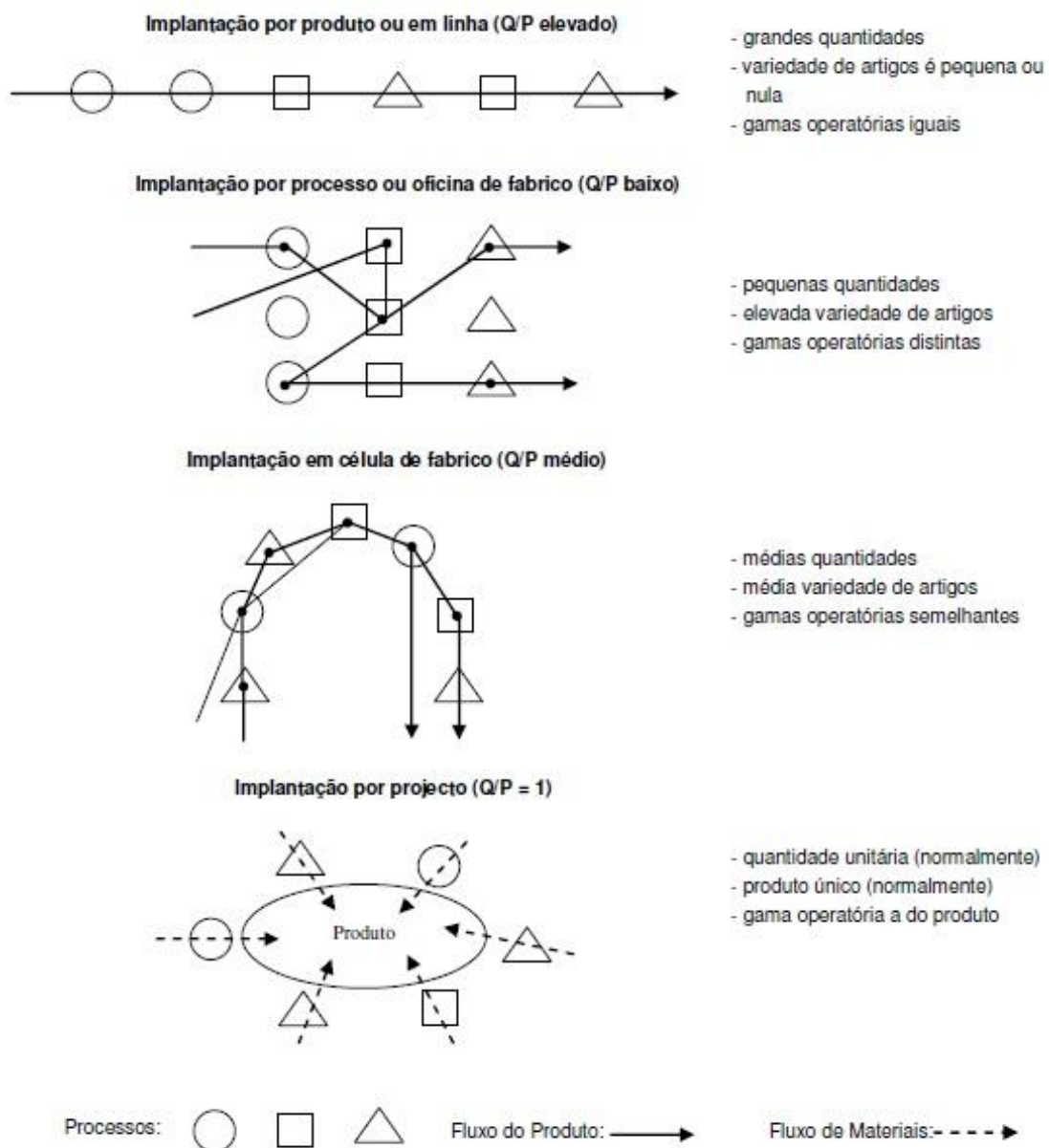


Figura 30 – Tipos de implantação em função das séries de fabrico (fonte: [22])

- **Otimização do *layout* por Processo;**

Existem várias fórmulas de cálculo para esta ferramenta, no entanto, todas têm como objetivo minimizar o custo total associado ao movimento dos produtos entre secções. Para tal são considerados, a título de exemplo, os seguintes fatores:

- Número de movimentações entre as secções;
- Número de secções;
- Custo por unidade de distância;
- Distância entre as secções.

Tendo em conta o fluxo dos materiais podem existir duas situações distintas:

**Padrão de Fluxo Constante:**

Neste caso o produto resultante de uma secção é sempre enviado para a mesma secção seguinte, minimizando custos de transporte. A receção de matérias-primas e despacho de produtos acabados é efetuado na mesma secção, optando por um *layout* em O ou em U (Figura 30) com tamanho de secção variável dependendo do volume de trabalho.

**Padrão de Fluxo Variável:**

Com fluxo de materiais muito variável não é possível prever o fluxo entre as secções, no entanto, se for conhecida a previsão da procura, é possível determinar um *layout* otimizado, tendo em conta os seguintes passos:

1. Determinar o tamanho das secções;
2. Determinar o número de deslocações entre secções;
3. Determinar o custo por unidade de distância;
4. Multiplicar o número de deslocações pelo custo;
5. Somar os custos em deslocações entre cada secção;
6. Propor *layouts* considerando os valores obtidos.

7. Definir as distâncias entre secções da proposta apresentada;
8. Calcular o custo total e optar pela opção de menor valor.

Este tipo de ferramentas permite definir o *layout* com vista à minimização de deslocações e distância entre secções que mais frequentemente desenvolvem trabalho em conjunto.

- **Otimização do *layout* por Produto;**

A otimização do *layout* com base no produto surge da necessidade de efetuar o balanceamento das linhas de produção e distribuir as atividades sequenciais por postos de trabalho.

O objetivo desta ferramenta é minimizar a quantidade de trabalho e investimentos necessários, através da minimização do número de postos de trabalho necessários para um determinado tempo de ciclo e a minimização do tempo de ciclo necessário para produzir a quantidade de peças desejada.

- **Otimização do *layout* por células de fabrico.**

O *layout* por células de fabrico aplica-se em famílias de produtos em que a gama de operações é semelhante.

Esta ferramenta, através do recurso a algoritmos (por exemplo os algoritmos de King e de Kusiak e Chow) permite a definição de células de fabrico de acordo com as operações desenvolvidas na família de produtos sendo constituídas por recursos para a produção de diferentes produtos que passam pelas mesmas operações.

### **3.5. ESTUDO DE MÉTODOS**

O estudo de métodos de trabalho é resultado da divisão de uma atividade nas suas tarefas elementares e é considerado um pilar da Engenharia Industrial dada a vasta quantidade de matérias que engloba [23]:

- Estimativa de custos;
- Controlo da produção e do inventário;
- *Layout* fabril;

- Materiais e Processos;
- Qualidade;
- Segurança.

Frederick Taylor (1856-1915) foi pioneiro no estudo de métodos e debruçou-se sobre aspetos do planeamento dos processos, produtividade, participação dos colaboradores e autocontrolo das atividades desenvolvidas. Também o casal Frank e Lillian Gilbreth, nos anos 1880's, preocuparam-se com os métodos, desenvolvendo estudos baseados na análise da prática dos trabalhadores, como as movimentações, postura corporal e o resultado do trabalho realizado, através do recurso a filmagens utilizadas para estudar o método utilizado em busca de melhorias [24].

Os principais objetivos destes estudos são o desenvolvimento do melhor método de trabalho e a sua implementação e normalização através da determinação do tempo necessário para a realização da tarefa. De forma a implementar com sucesso um novo método é fundamental dotar os operadores de formação sobre o novo método e torna-los conscientes dos benefícios e do propósito das alterações [23].

O estudo de métodos é composto por quatro fases [25]:

1. Observação;

A observação deve ser formulada com base na tarefa ou operação em estudo, o local de realização, a sequência atual, quem executa a operação e que meios utiliza.

2. Recolha e registo de dados;

Os dados devem ser recolhidos através de gráficos ou esquemas e da esquematização do *layout*. Caso seja relevante para a análise a efetuar devem ser registados os tempos de operação.

3. Análise de dados;

A análise dos dados deve ser efetuada em equipa com todos intervenientes e deve incluir uma descrição das tarefas realizadas, a sua duração, quem realizou, classificar as tarefas por ordem de importância, meios utilizados, tempo gasto, distância percorrida e

ocorrências externas verificadas. Os métodos gráficos são os mais comuns dada a facilidade da sua interpretação.

#### 4. Proposta de oportunidades de melhoria.

A partir da análise de dados é possível verificar a necessidade de proceder a algumas alterações de *layout* e à alteração do método utilizado, de modo a atingir os objetivos pretendidos.

Nos dias de hoje, os estudos de métodos mantêm o objetivo primordial de melhoria contínua ao nível das técnicas e práticas de trabalho sendo utilizados com as seguintes finalidades:

- Desenvolver o melhor método de trabalho;
- Desenvolver a consciência dos operadores para estes estudos;
- Desenvolver ferramentas económicas e eficientes;
- Contribuir para a seleção de máquinas e equipamentos;
- Formar novos operadores no método selecionado;
- Reduzir esforço e custo.



## 4. CASO DE ESTUDO

A crescente exigência dos padrões de qualidade na indústria automóvel foi também adotada pelos fabricantes de produtos de apoio ao setor agrícola, nomeadamente tratores e maquinaria de apoio à atividade profissional.

A IETA fornece produtos acessórios e componentes de motores para tratores desde a década de 90, tendo vindo, a par da existência de critérios de qualidade cada vez mais rigorosos por parte do cliente, a desenvolver ações que permitam garantir a satisfação do cliente e a sua exequibilidade dentro de portas.

Neste capítulo é abordado um problema recorrente relacionado com o método de inspeção e embalagem de acessórios de suporte montados na cabine dos tratores.

O setor agrícola, sob orientação da norma ISO/TS 16949 (indústria automóvel), apresenta elevadas exigências de qualidade dos seus produtos, sendo, neste caso particular, peças estéticas de interior e exterior, visíveis pelo utilizador do equipamento.

### **4.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO**

O processo produtivo existente na IETA, apresentado de acordo com as secções definidas no *layout* fabril é composto pelas seguintes etapas: conformação de tubo e chapa, soldadura, pintura, montagem e embalagem.

O fornecimento de matérias-primas e componentes (subcontratação) ao chão de fábrica é efetuado pelo Departamento de Logística, com responsabilidade na conservação e controlo de *stocks* para fornecimento de acordo com as necessidades produtivas.

As características dos equipamentos existentes encontram-se em anexo a este relatório.

#### **4.1.1. CONFORMAÇÃO DE TUBO E CHAPA**

A primeira fase do processo de fabrico é a conformação das matérias-primas (tubo e chapa), apresentados nos subcapítulos seguintes.

##### **4.1.1.1. CONFORMAÇÃO DE TUBO**

A primeira fase da transformação do tubo é efetuada nesta secção, nas máquinas de corte de laser ou corte automático, em que, dependendo do tipo de corte e da qualidade exigida pelo cliente se faz a distribuição das diferentes referências de peça pelas máquinas existentes.

O abastecimento destas máquinas é efetuado com recurso a um empilhador que transporta o tubo desde o armazém (Figura 31) até à área de abastecimento da máquina.



Figura 31 – Armazém de tubo

Na máquina de corte de laser BLM LASERTUBE LT FIBER são cortados tubos com cortes e formatos irregulares. Devido à sua capacidade, também são cortados nesta máquina perfis metálicos em U, L, I, entre outros. Os tipos de matéria-prima permitidos são cobre, latão, ferro, alumínio e aço inoxidável.

A Figura 32 apresenta a máquina de corte de laser existente e a Figura 33 alguns tipos de corte possíveis de realizar com este equipamento.



Figura 32 – Máquina de corte de laser BLM LASERTUBE LT FIBER



Figura 33 – Exemplos de cortes na BLM LASERTUBE LT FIBER

Na máquina de corte automático ADIGE TC 720 são cortados tubos com corte a direito, uma vez que não permite efetuar formatos de corte. Esta máquina tem capacidade para corte de tubos redondos com diâmetro máximo de 80 mm e tubos quadrados de 70 x 70 mm. O comprimento máximo admitido é de 7000 mm, no entanto o comprimento máximo de corte é de 4000 mm com 3 mm de espessura.

Na Figura 34 é apresentada a máquina de corte ADIGE TC 720.



Figura 34 – Máquina de corte automático ADIGE TC 720

O processo seguinte efetuado nesta secção é a dobragem do tubo exemplificada na Figura 35. Nessa etapa são realizadas as dobragens necessárias para cada referência de peça, sendo controladas pelo operador com um *gabarit* de controlo próprio.

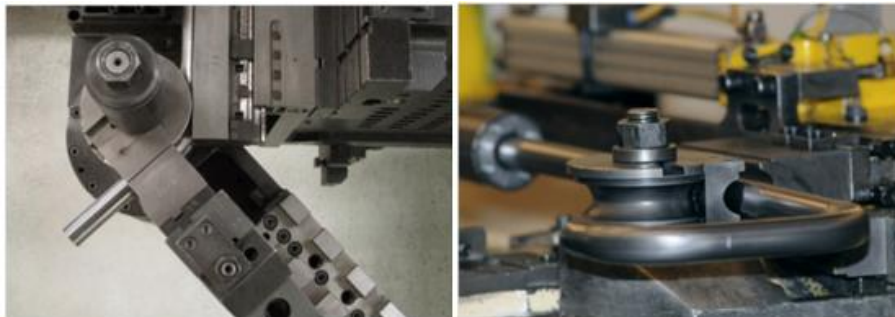


Figura 35 – Demonstração de dobragem de tubo

Para a dobragem de tubo a IETA dispõe de quatro máquinas CNC e duas máquinas convencionais.

A seleção da máquina a utilizar é efetuada de acordo com a capacidade da máquina (diâmetro e espessura do tubo e raio de curvatura) e o tipo de geometria da peça (tipo de curvatura e dimensões).

As Figuras 35, 36 e 37 apresentam algumas máquinas de dobragem de tubo.



Figura 36 – Máquina de doblar tubo BLM E-turn ET 32



Figura 37 – Máquina de doblar tubo ADDISON DB32



Figura 38 – Máquina de doblar tubo convencional

A operação de dobragem exige que o tubo possua um comprimento superior ao especificado de forma a ser agarrado pelos mordentes da máquina. Este corte de excedentes é realizado em serrotes manuais, conferindo ao tubo a dimensão final correta. Esta operação é efetuada com um serrote apresentado na Figura 39.



Figura 39 – Serrote manual de corte de excedentes

Alguns tubos são também estampados de forma a proporcionar a geometria definida no desenho do componente. Esta operação é efetuada em prensas mecânicas ou hidráulicas, apresentadas nas Figuras 39 e 40.



Figura 40 – Prensa Mecânica de 150Ton



Figura 41 – Prensa Hidráulica Adira PHC  
160 GA

#### 4.1.1.2. CONFORMAÇÃO DE CHAPA

Na secção de conformação de chapa são trabalhadas chapas de diversos materiais (aço, cobre, alumínio, aço inoxidável, etc.), conforme a especificação do cliente, iniciando assim o processo produtivo dos formatos *standard* de chapa adquiridos ao fornecedor.

O abastecimento das máquinas é efetuado por empilhador, desde o armazém de chapa apresentado na Figura 42.



Figura 42 – Armazém de chapa

As operações de conformação de chapa podem ser efetuadas em vários equipamentos, de acordo com as especificações da peça e características das máquinas disponíveis. Nesta secção estão disponíveis os equipamentos apresentados de seguida.

A Puncionadora CNC Trumpf Trumatic 500 (Figura 43) permite executar as mais variadas geometrias definidas no desenho sendo transferidas por software CAD CAM para o equipamento.



Figura 43 – Puncionadora CNC Trumpf Trumatic 500

A Figura 44 demonstra um exemplo de um corte (três chapas) realizado na Puncionadora, utilizado para executar uma peça para uma intervenção de melhoria realizada num equipamento da linha de pintura.



Figura 44 – Exemplo de corte efetuado com a Puncionadora Trumpf Trumatic 500

Para efetuar cortes retos de chapa são utilizadas guilhotinas. Estas máquinas permitem cortar os formatos de chapa com dimensões precisas para a obtenção das primeiras geometrias das peças.

As Figuras 44 e 45 demonstram as guilhotinas existentes.



Figura 45 – Guilhotina ADIRA GHO-0625



Figura 46 – Guilhotina ADIRA GHL-0412

As operações de quinagem de chapa são efetuadas em duas possíveis quinadoras, apresentadas na Figura 47.



Figura 47 – Quinadoras ADIRA QH-6325 e QHR-4512

Após estas operações é possível obter componentes finais para inclusão em peças finais ou peças para estampagem, a realizar nas prensas desta secção. É também possível obter peças de estampagem sem operações prévias nestas máquinas, sendo introduzido o *coil* de chapa diretamente na prensa, conforme a Figura 48.



Figura 48 – Prensa mecânica de 400 Ton com abastecimento de chapa

#### 4.1.2. SOLDADURA

Os materiais que abastecem esta secção são provenientes de um armazém intermédio (Armazém 39) com as peças produzidas nas secções de conformação de tubo e chapa ou do armazém de matérias-primas de materiais subcontratados (Armazém MP).

Na secção de soldadura são realizadas todas as operações de construção metálica de componentes (peças produzidas noutras secções da IETA e peças de produção subcontratada).

A secção de soldadura é composta pelos seguintes postos de trabalho e equipamentos:

- 16 Células de soldadura robotizada;
- 12 Postos de soldadura manual;
- 2 Postos de brasagem;
- 5 Postos de acabamento superficial.

Nas células de soldadura robotizada são soldadas estruturas com recurso a *jig's* de posicionamento de peças, com ou sem, sistemas anti erro. Estes garantem o correto posicionamento das peças de forma soldar os componentes sempre na posição correta.

Nestes postos de trabalho existem também *gabarit's* destinados ao controlo da soldadura por parte dos operadores.

Existem células com robots de uma ou duas cabeças, apresentados na Figura 49.

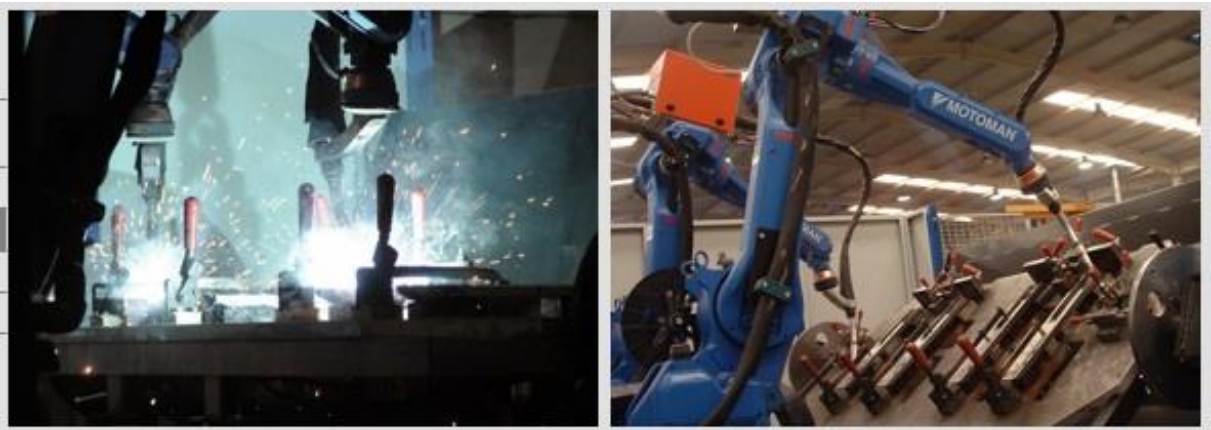


Figura 49 – Soldadura robotizada

Os postos de trabalho destinados à soldadura manual e à brasagem são postos individuais de forma a evitar a projeção de rebarbas e salpicos de soldadura para outros operadores. Nestes postos de trabalho, com recursos a *jig's* de posicionamento, ou não, são executadas

soldaduras em componentes pré-soldados por robot ou peças soldadas totalmente de forma manual.

A Figura 50 demonstra um exemplo de um posto de trabalho de soldadura manual.



Figura 50 – Postos de trabalho de soldadura manual

Existem também postos de acabamento superficial de peças soldadas. Aqui são efetuadas operações de limpeza e remoção de salpicos provenientes da soldadura. Aplicam-se neste caso, as peças aplicadas no exterior de tratores agrícolas.

A Figura 51 apresenta estes postos de trabalho.



Figura 51 – Posto de trabalho de remoção de salpicos de soldadura

#### **4.1.3. PINTURA**

O acabamento superficial é aplicado na secção de pintura. A linha instalada comporta um pré tratamento de Oxsilan e aplicação multicor por pintura electrostática.

Esta linha, com comprimento total aproximado de 190 m, permite executar a pintura em todo o tipo de peças com as dimensões máximas de 1,70 m de altura, 0,75 m de largura e 2 m de comprimento.

A linha de pintura instalada é composta pelos seguintes equipamentos:

- Túnel de Tratamento de Superfícies
- Túnel de Secagem de Humidades
- Cabine de Pintura
- Forno de Polimerização

O *layout* da Linha e Pintura é apresentado na

Figura 52.



Figura 52 – Layout da Linha de Pintura Electroestática

No Túnel de Tratamento de Superfícies é efetuada a preparação da superfície metálica para receber a aplicação da pintura, conferindo a correta adesão e proteção anticorrosiva exigida pelo cliente. Esta instalação está preparada para trabalhar com aplicação por aspersão, estando equipada com inúmeras rampas laterais com bicos aspersores próprios para a correta cobertura de toda a superfície das peças.

O Túnel de Tratamento de Superfícies é composto por 6 estágios:

1. Desengorduramento;
2. Lavagem;
3. Lavagem;
4. Lavagem com água desmineralizada;
5. Conversão Oxsilan (tanques 5 e 6);
6. Lavagem com água desmineralizada.

A Figura 53 apresenta a entrada do Túnel de Tratamento de Superfícies. Nesta linha, as peças são colocadas num transportador contínuo de velocidade regulada.



Figura 53 – Entrada do Túnel de Tratamento de Superfícies

Posteriormente a esta fase, de modo a eliminar toda a humidade existente nas peças, é realizada uma passagem pelo Túnel de Secagem de Humidades.

Este Túnel, com 19 m de comprimento, está equipado com dois queimadores a gás, que lhe permitem um *set-point* de 140°C de temperatura no seu interior. A Figura 54 apresenta a saída de peças deste túnel.



Figura 54 – Saída do Túnel de Secagem de Humidades

Com o transporte contínuo de peças para a cabine de pintura, as peças chegam a esta nova etapa a cerca de 30°C. Temperatura excessiva irá resultar em defeitos de pintura devido à pré-polimerização do pó antes do túnel de polimerização.

A cabine de pintura é composta por diversos equipamentos, de aplicação e de suporte, sendo apresentados de seguida:

- Cabine de Pintura:
  - Controlador automático de parâmetros;
  - 10 Pistolas automáticas;
  - 2 Pistolas Manuais.
- Centro de cor para abastecimento de pó;
- Filtro final de recuperação de pó.

A Figura 55 apresenta a linha de pintura instalada.



Figura 55 – Linha de pintura electrostática

Nas Figuras 55 e 56 são apresentados o interior da cabine de pintura com as pistolas de pintura automáticas e o centro de cor de abastecimento de pó ao sistema (manual e automático).



Figura 56 – Interior da cabine de pintura



Figura 57 – Centro de cor de abastecimento de pó

A última etapa do processo de pintura é a polimerização do pó aplicado. Nesta fase, as peças percorrem um comprimento de 36 m dentro do forno de polimerização sendo efetuada a cura por convecção do polímero termoendurecível.

A Figura 58 apresenta o forno de polimerização existente e a Figura 59 exemplos de peças pintadas à saída do forno de polimerização.

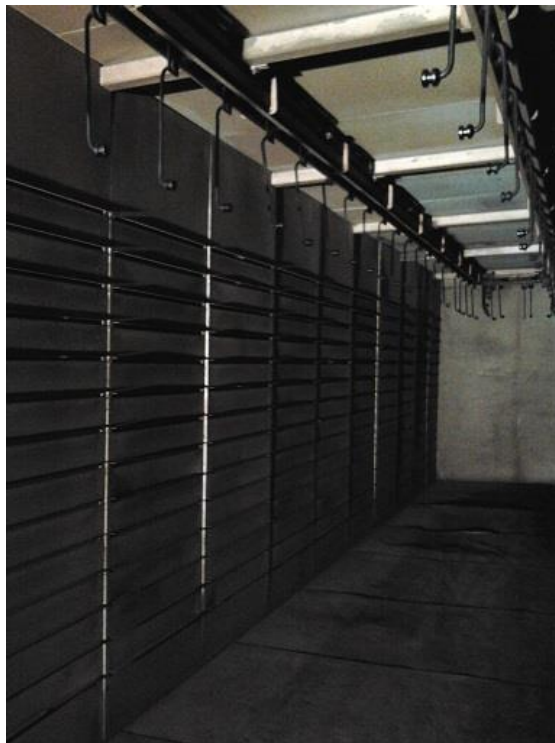


Figura 58 – Interior do forno de polimerização



Figura 59 – Exemplo de peças pintadas

#### **4.1.4. MONTAGEM E EMBALAGEM**

Na secção de montagem e embalagem de produtos acabados são efetuadas as operações de inspeção, montagem e embalagem de componentes para envio ao cliente.

Esta secção está dividida por clientes e por tipo de produtos por forma a permitir corresponder com as necessidades de recursos de cada produto, ou família de produtos, e a melhor organização dos postos de trabalho.

As Figuras 59 a 61 demonstram alguns dos postos de trabalho existentes nesta secção.



Figura 60 - Posto de inspeção e embalagem de acessórios para tratores



Figura 61 – Posto de embalagem de cárteres



Figura 62 – Linha de Montagem de cadeiras para a indústria automóvel

## 4.2. ANÁLISE

### 4.2.1. APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS EM ESTUDO

A família de produtos em análise, designada por pegadeiras, diz respeito a peças consideradas estéticas, visto serem visíveis pelo utilizador do equipamento.

A grande diversidade de referências e locais de aplicação em diferentes modelos de tratores implicam uma flexibilidade do processo produtivo, capaz de corresponder com as expectativas do cliente e com os padrões de qualidade exigidos.

A política de qualidade do cliente é de zero defeitos, o que implica um apertado controlo dos processos de fabrico e a existência de operações de controlo dedicados a esta família de peças.

A Figura 63 exemplifica a aplicação final destes produtos.



Figura 63 – Exemplo de aplicação das pegadeiras

A Figura 64 apresenta um diagrama de Pareto com a relação das referências existentes e as quantidades enviadas, em unidades, para o cliente no ano de 2014, totalizando 238.616 peças de 32 referências diferentes.

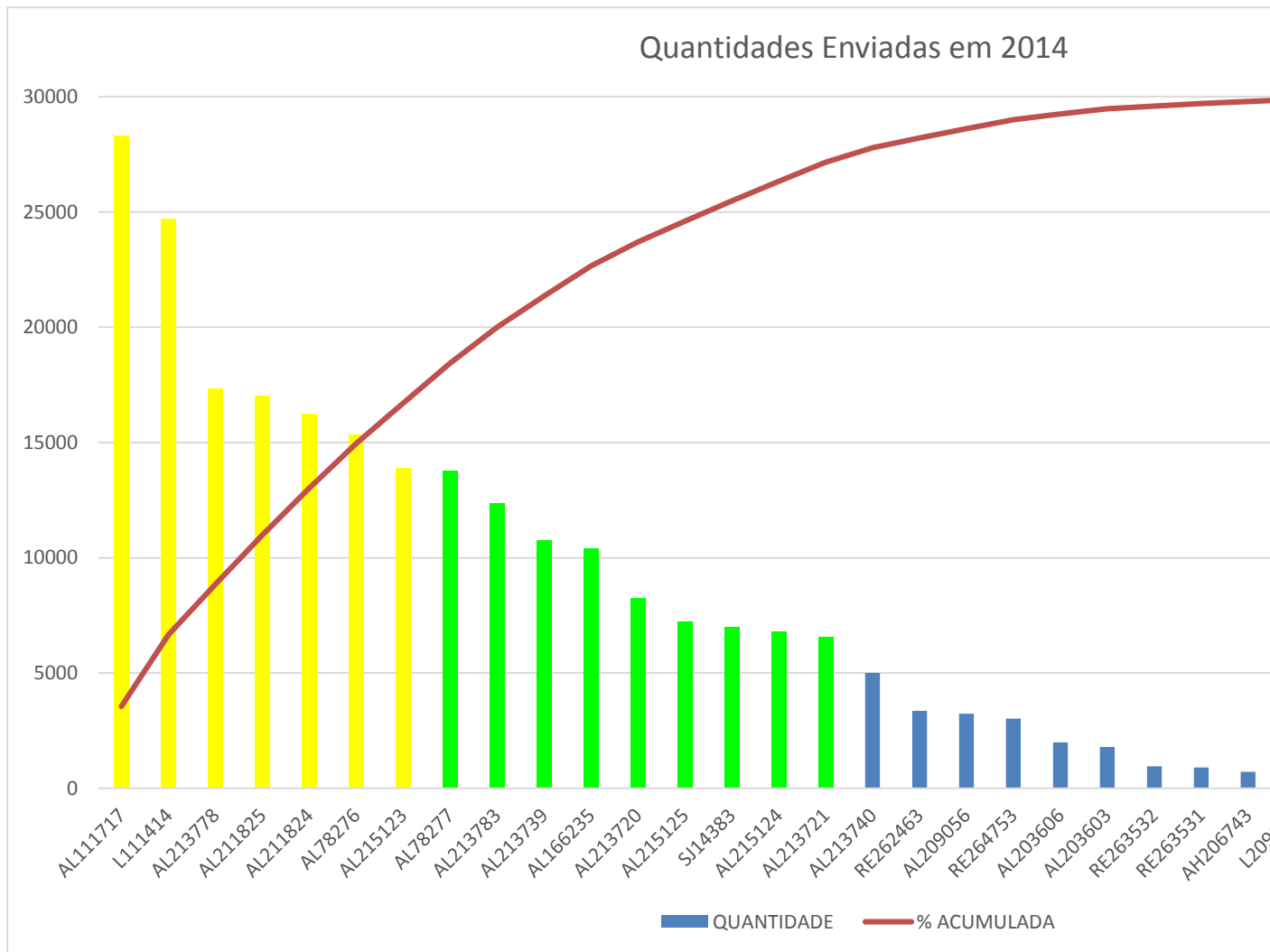


Figura 64 – Quantidades enviadas em 2014

De acordo com a Figura 64 e analisando a curva ABC são determinadas as classes das referências de acordo com a Tabela 3 – Análise ABC das quantidades fornecidas em 2014, sendo referenciadas por cores de acordo com a .

Desta forma é possível identificar as referências de acordo com a quantidade produzida/enviada para o cliente.

Tabela 3 – Análise ABC das quantidades fornecidas em 2014

<b>CLASSE</b>	<b>% ACUMULADA</b>	<b>COR</b>
A	22 %	Amarelo
B	50 %	Verde
C	100 %	Azul

#### 4.2.2. ANÁLISE DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

A análise deste estudo é efetuada com base nos indicadores de desempenho (KPI) da empresa, que resulta da quantidade de peças reclamadas pelo cliente em partes por milhão – ppm.

A evolução das reclamações registadas em base de dados do cliente do ano de 2012 até 2014 é apresentada na Figura 65.

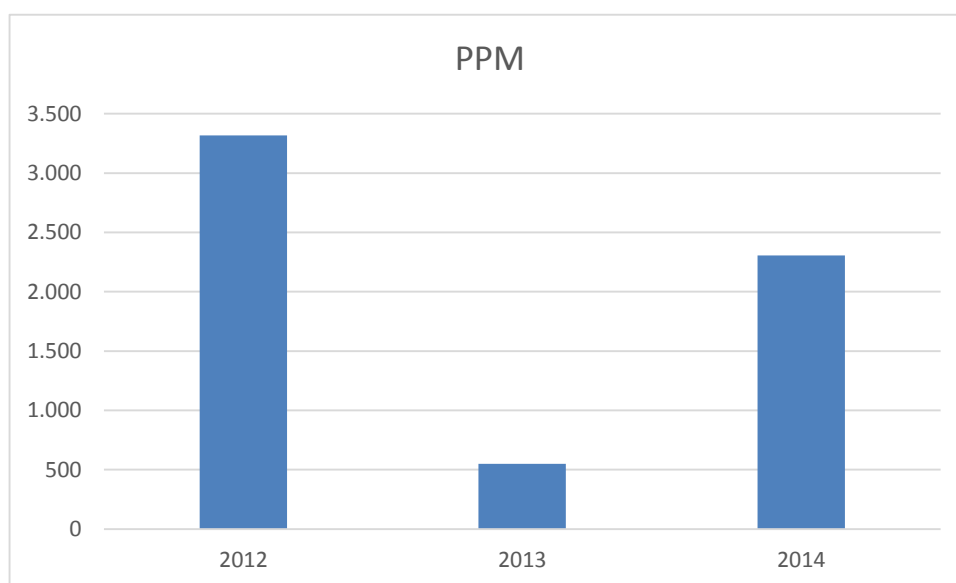


Figura 65 – PPM reclamados

Esta análise não é totalmente representativa dos defeitos reclamados, uma vez que, devido ao funcionamento interno e de gestão de reclamações por parte do cliente, nem todas as peças são reclamadas por via do portal informático.

De forma a agilizar o processo de gestão de reclamações, algum *feedback* é reportado diretamente por *email* sendo dada resposta e apresentados resultados pela mesma via.

De forma a demonstrar uma visão global da evolução da quantidade de peças reclamadas é apresentada a Figura 66 onde, graficamente, é possível verificar uma tendência decrescente durante os anos de 2012, 2013 e 2014.

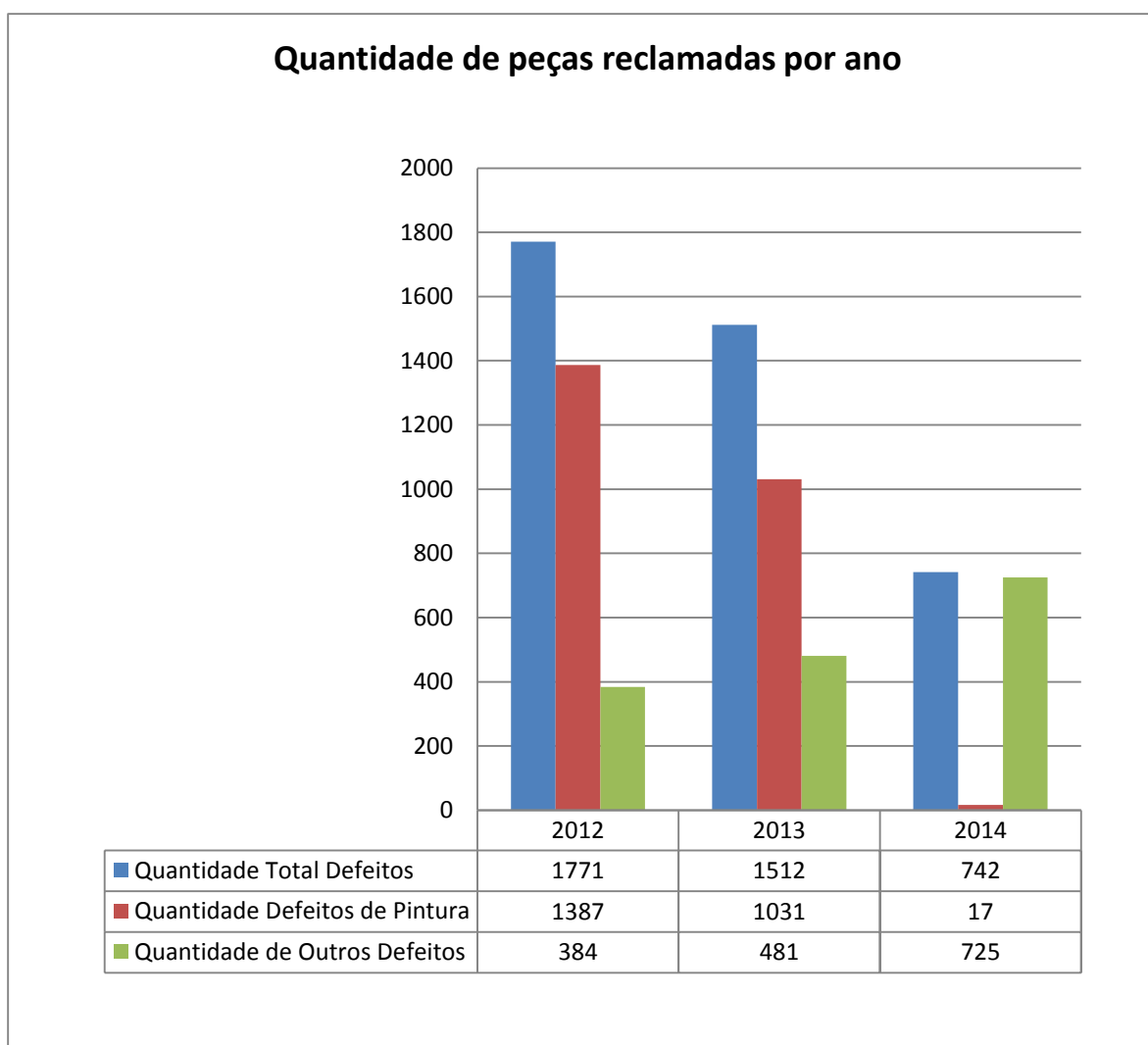


Figura 66 – Evolução da quantidade de peças reclamadas

Contudo, e face aos valores apresentados, verificou-se que, apesar do número de peças reclamadas ter reduzido significativamente, houve um aumento da quantidade de peças com defeitos não relacionados com pintura, que eram, segundo os dados históricos, a principal causa de reclamação.

A caracterização da evolução anual destes outros defeitos é apresentada na Figura 67 e a visão global dos anos 2012 a 2014 é apresentada na Figura 68.

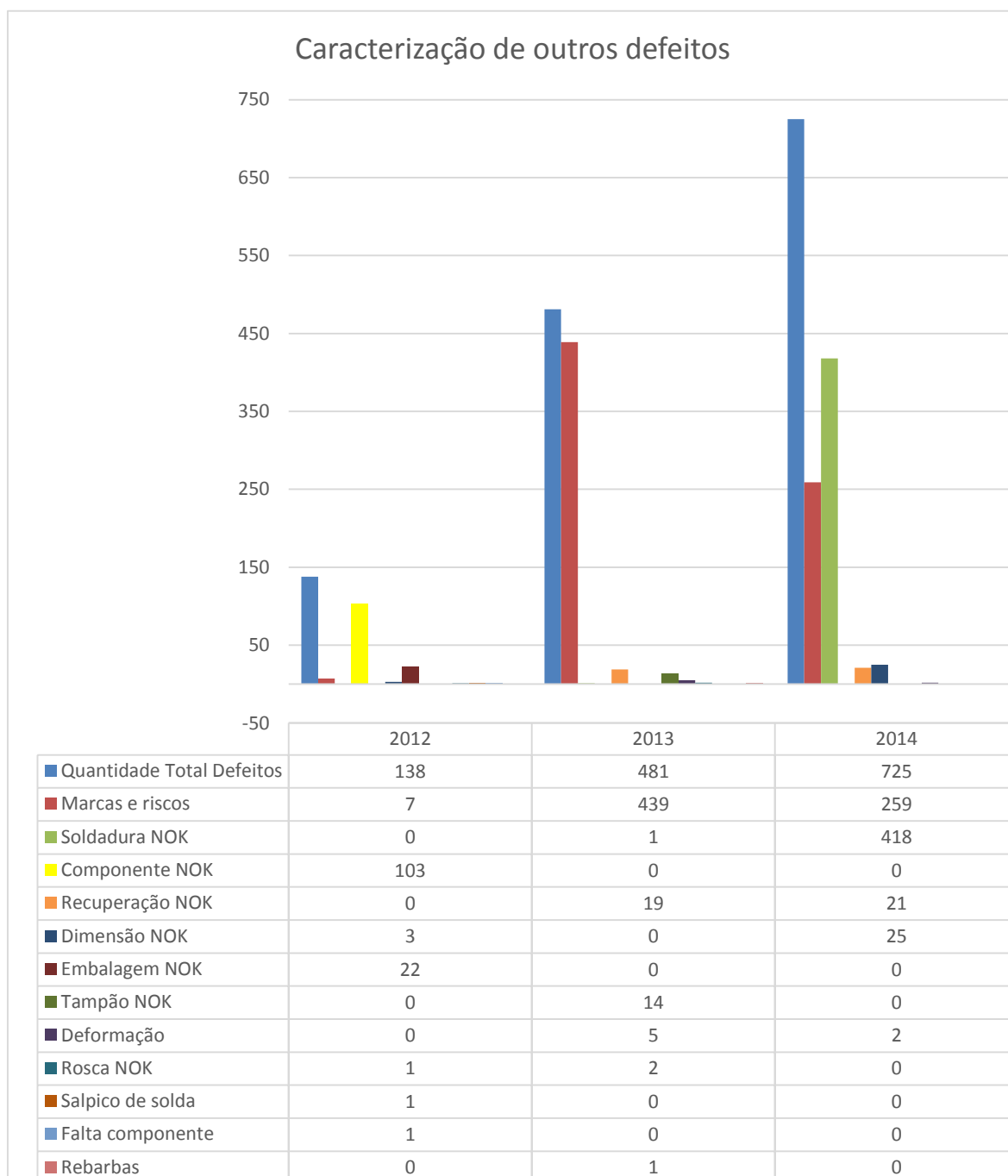


Figura 67 – Caracterização de defeitos

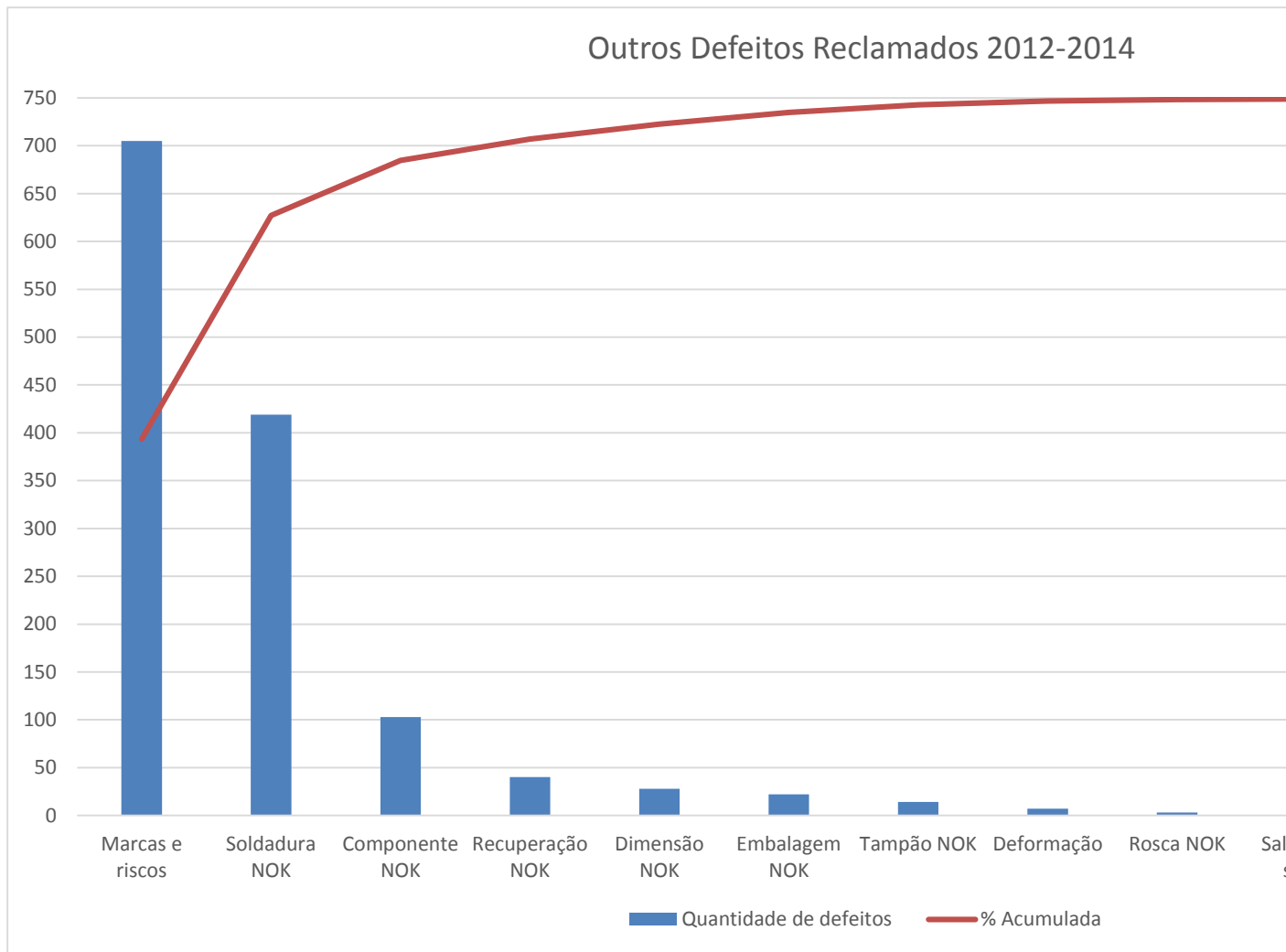


Figura 68 – Quantidade total de defeitos reclamados 2012 -2014

A Tabela 4 apresenta a análise ABC da quantidade total de defeitos reclamados de 2012 a 2014.

Tabela 4 – Análise ABC para a quantidade de defeitos reclamados de 2012 a 2014

CLASSE		TIPO DE DEFEITO	% ACUMULADA OCORRÊNCIA
A	17%	Marcas e Riscos	84%
		Soldadura NOK	
B	50%	Componente NOK	98%
		Recuperação NOK	
		Dimensão NOK	
		Embalagem NOK	
C	100%	Tampão NOK	100%
		Deformação	
		Rosca NOK	
		Salpico de solda	
		Falta componente	
		Rebarbas	

Através da análise ABC dos dados apresentados é possível verificar que o defeito Marcas e Riscos e Soldadura NOK são responsáveis por 84% da quantidade total de defeitos, ou seja, corresponde à classe A. A classe B é composta por quatro tipos de defeitos e a classe C por seis tipos.

Tendo em conta o objetivo deste estudo, os problemas relacionados com a ineficiência do processo produtivo de inspeção e embalagem estão relacionados com três principais defeitos, englobando o mais incidente: Marcas e Riscos (classe A), Recuperação NOK (classe B) e Embalagem NOK (classe B). Deste modo, estes defeitos pertencentes às classes A e B merecem ser considerados neste estudo.

Apesar de os registos de Marcas e Riscos não serem todos relacionados com a ineficiência do processo, visto grande parte serem causados durante o transporte das peças para o cliente,

são também tomados em consideração nesta análise visto poderem ser provocados por deficiente inspeção e embalagem. A Figura 69 apresenta exemplos dos defeitos registados como Marcas e Riscos.



Figura 69 – Exemplos de defeitos Marcas e Riscos

Os defeitos registados como Recuperação NOK estão relacionados com a recuperação ineficiente de peças na secção de embalagem. O tipo de recuperação realizado poder ser devido a defeitos de pintura (zonas com falta de pó ou marcas provocadas pelos bastidores de pintura) ou a defeitos prévios à pintura (marcas ou riscos na matéria-prima).

O retrabalho nesta secção é a recuperação da zona afetada com lixa e posterior retoque de *spray*. Esta operação carece de uma fase de secagem do *spray* aplicado antes da embalagem das peças.

A Figura 70 apresenta alguns destes defeitos reclamados pelo cliente.



Figura 70 – Exemplos de defeitos de Recuperação NOK

A Figura 71 demonstra exemplos de peças reclamadas devido ao defeito de Embalagem NOK. Este defeito é causado por ineficiente proteção das peças dentro do contentor, provocando riscos durante o transporte da IETA até ao cliente.



Figura 71 – Exemplo de defeitos de Embalagem NOK

De forma a compreender e identificar a origem dos defeitos gerados na secção de inspeção e embalagem é apresentado, na Figura 72, um diagrama Ishikawa de causa-efeito.

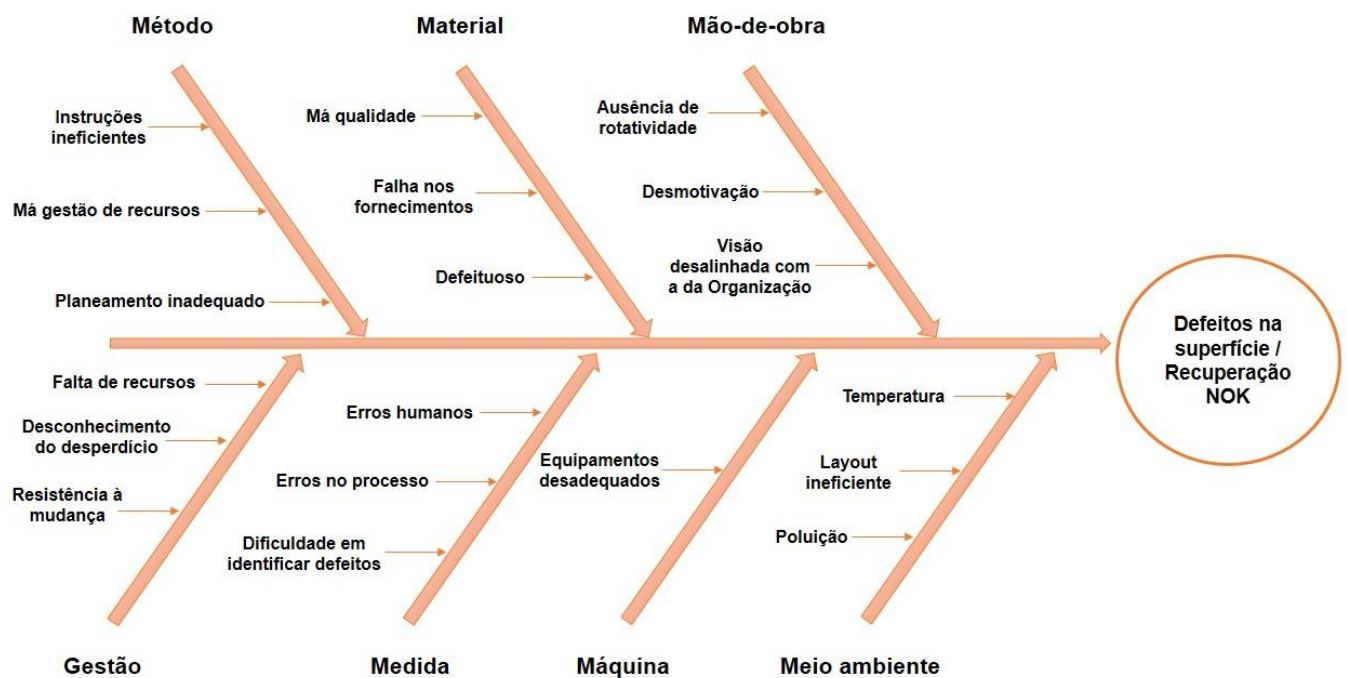


Figura 72 – Diagrama de Ishikawa

Conforme é possível verificar, um dos fatores que originam os defeitos reclamados pelo cliente é a ineficiência do *layout* atual desta secção, entre outros.

Para a análise da quantidade de peças reclamadas é utilizada a referência ao ano de 2014 visto demonstrar as referências produzidas atualmente. A Figura 73 apresenta os dados referentes a 2014, permitindo obter uma visão das peças com maior número de reclamações associadas.

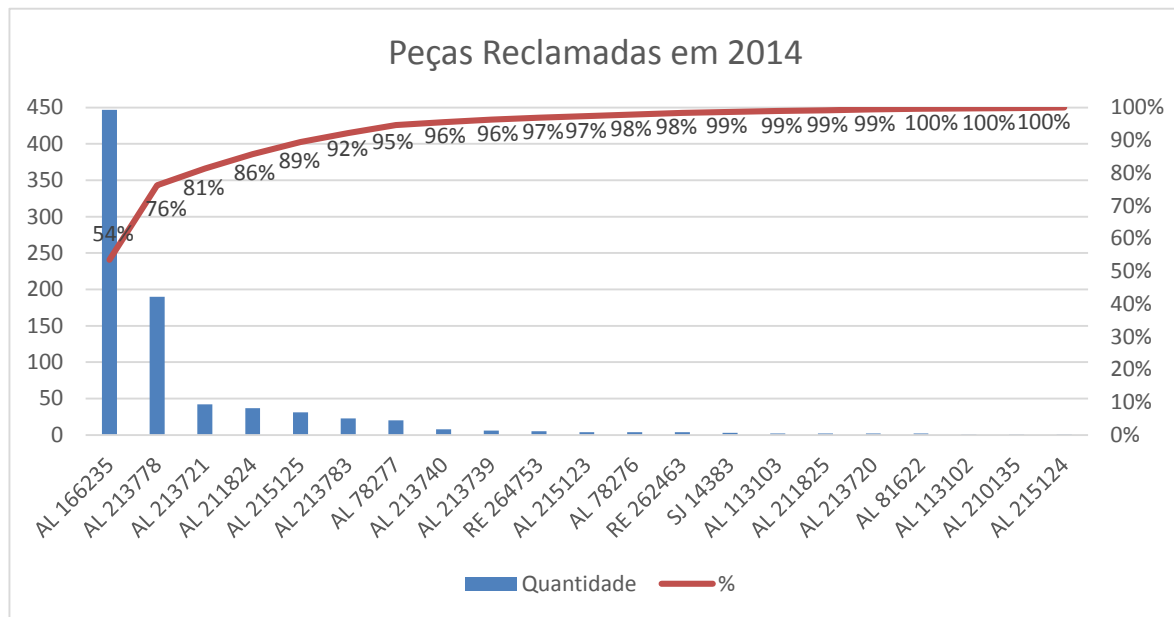


Figura 73 – Peças reclamadas em 2014

A partir da análise do gráfico apresentado é possível verificar que 80% das peças reclamadas dizem respeito a apenas 3 referências. É sobre esta gama que vai incidir este estudo com o objetivo de detalhar e melhorar este processo.

### 4.2.3. DESCRIÇÃO DETALHADA DO PRODUTO

#### 4.2.3.1. CRITÉRIO DE SELEÇÃO

A Figura 73 analisada anteriormente permite identificar as três referências mais críticas no que diz respeito a reclamações.

O impacto de não-conformidades em linhas de montagem do sector automóvel é enorme e incorre em elevados custos de paragem de linha e de substituição de componentes, que por vezes, pode não ser imediato, provocando elevados custos de não-conformidade, quer sejam

deslocações às instalações do cliente, inspeções adicionais, retrabalho ou substituição das peças enviadas.

Desta forma, e tendo este fator crucial em consideração, é apresentada na Figura 74 uma relação das quantidades de peças não-conformes e do número de reclamações do cliente. Desta forma é possível avaliar o número de vezes que o cliente apresenta reclamações e que existem interrupções das linhas de montagem por fornecimento de peças não-conforme.

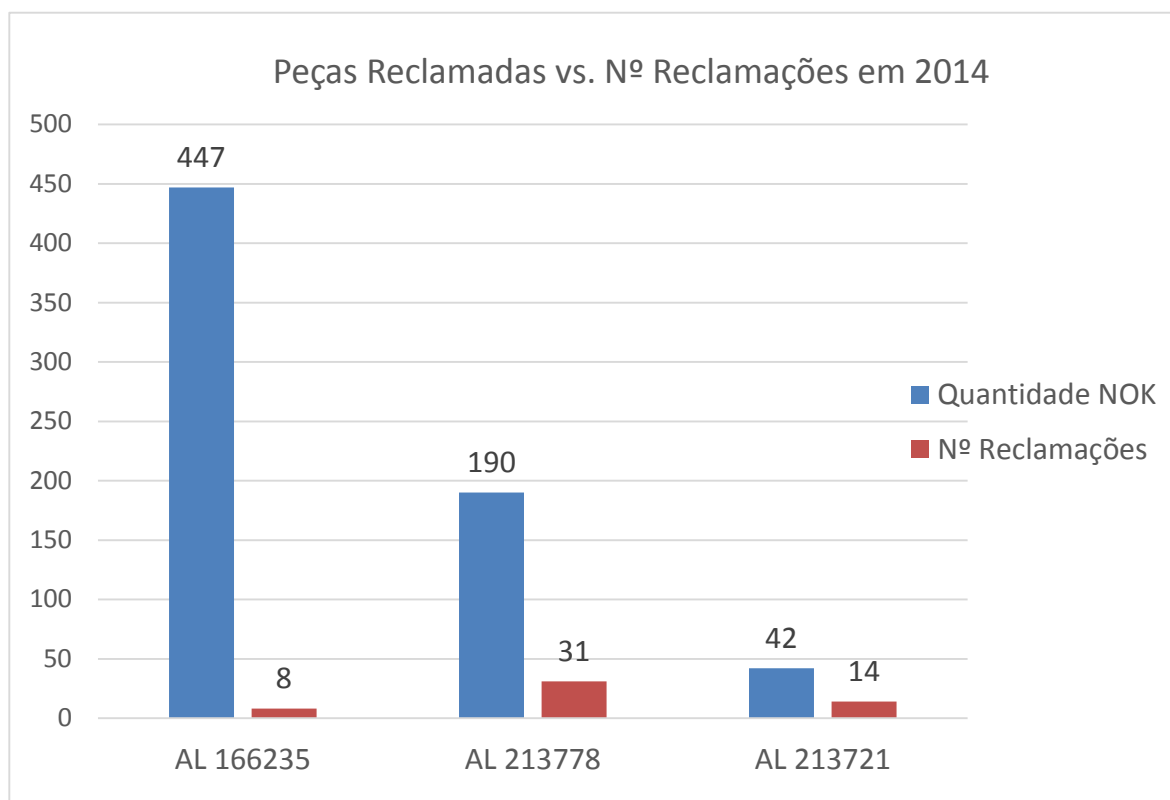


Figura 74 – Peças Reclamadas vs. Nº Reclamações em 2014

A análise deste gráfico permite verificar que a referência com maior número de peças reclamadas, AL 166235, não é a que originou maior número de reclamações. Tendo em consideração o objetivo deste estudo, a referência AL 213778 originou, num ano de fornecimento, trinta e uma interrupções na linha de montagem na fábrica do cliente.

Por outro lado e tendo em consideração o custo imputado destas reclamações, é apresentada a Tabela 5 onde é possível verificar o impacto financeiro das peças reclamadas. De forma a garantir a confidencialidade dos dados, foram atribuídos valores proporcionais de unidade de custo para estas três referências.

Tabela 5 – Custo das reclamações

REFERÊNCIA	QUANTIDADE RECLAMADA	UNIDADE DE CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
<b>AL 213778</b>	190	4	760
<b>AL 166235</b>	447	1	447
<b>AL 213721</b>	42	2	84

A Figura 74 e a Tabela 5 permitem verificar que, no que diz respeito à eficiência do posto de trabalho de inspeção e embalagem destes componentes, a referência AL 213778 é a de maior impacto a nível financeiro e da quantidade de paragens na linha de montagem do cliente. Deste modo, será esta a referência considerada neste estudo.

#### **4.2.3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO DA PEGADEIRA AL 213778**

A Figura 75 apresenta a árvore do produto da referência AL 213778 onde é possível conhecer todos os componentes que a incorporam ao longo das diversas operações realizadas.

A Figura 76 demonstra o diagrama de fluxo do processo deste produto. A análise deste diagrama permite identificar as entradas que, através de diversas transformações, irão dar origem a um produto acabado de valor acrescentado.

O diagrama de fluxo do processo da pegadeira AL 213778 faz referência a todo o tipo de atividades (fluxos, operações, armazenamentos e controlos) necessárias para a execução desta peça.

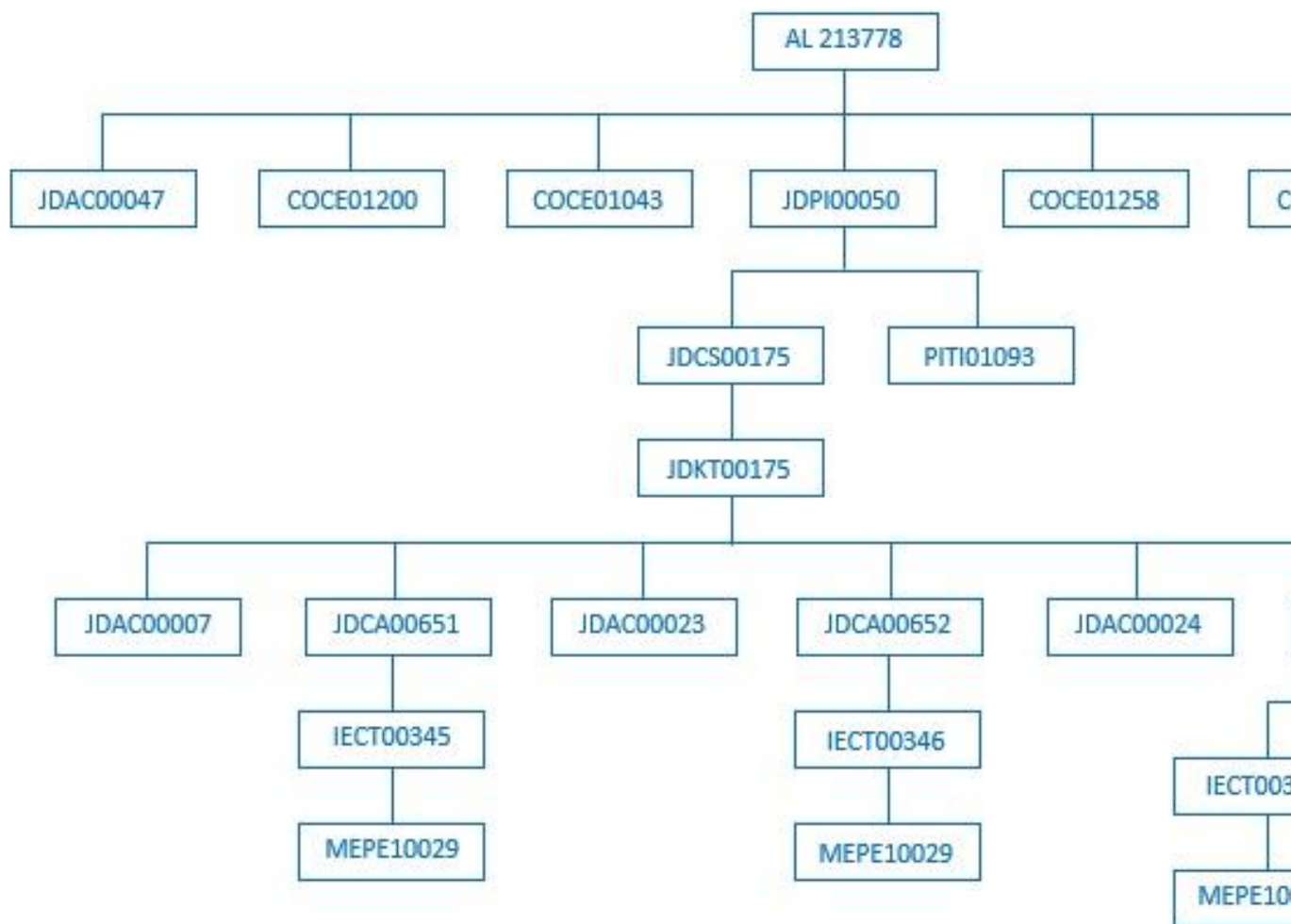


Figura 75 – Árvore do produto AL 213778

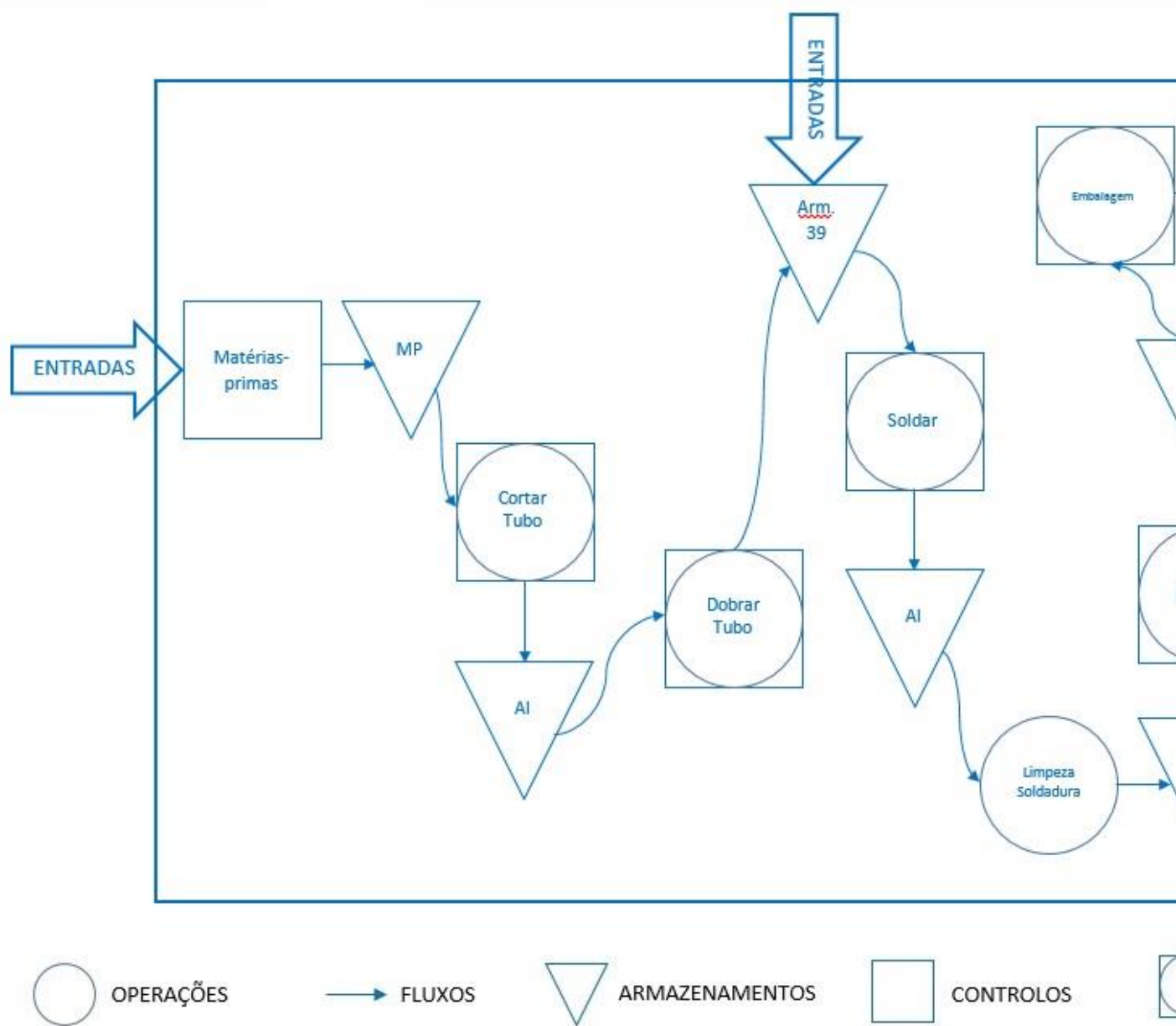


Figura 76 – Diagrama do Fluxo do Processo

#### 4.2.3.3. CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO INICIAL

De forma a enquadrar e compreender a dimensão do problema na organização, foi elaborado um mapa VSM do estado inicial do processo com recurso ao *software Microsoft Visio 2013* (Figura 77 – VSM do estado inicial).

Através da análise deste mapa é possível encontrar pontos no processo que carecem de análise e implementação de melhorias. As fases do processo que mais sobressaem são os armazenamentos intermédios. É possível verificar que, para um tempo de processamento total de aproximadamente dezoito minutos, existem sessenta e cinco horas estimadas para armazenamentos intermédios entre operações – correspondente a mais do que oito dias úteis de trabalho.

Fazendo uma referência ao objetivo deste estudo, verifica-se que a fase em estudo, inspeção e embalagem, é a última fase do fluxo da cadeia de valor. O facto de ser a última atividade, requer especial atenção uma vez que já foi acrescentado todo o valor ao produto e uma ineficiência implicaria uma enorme perda de custos. Por outro lado, esta fase do processo não acrescenta valor ao produto, e como tal, deve ser minimizada ou eliminada, conforme já foi referido na introdução aos princípios *Lean Manufacturing*.

Para além das reclamações e *feedback* do cliente, estes dois pontos focados são mais um motivo para o estudo e análise dos problemas nesta secção.

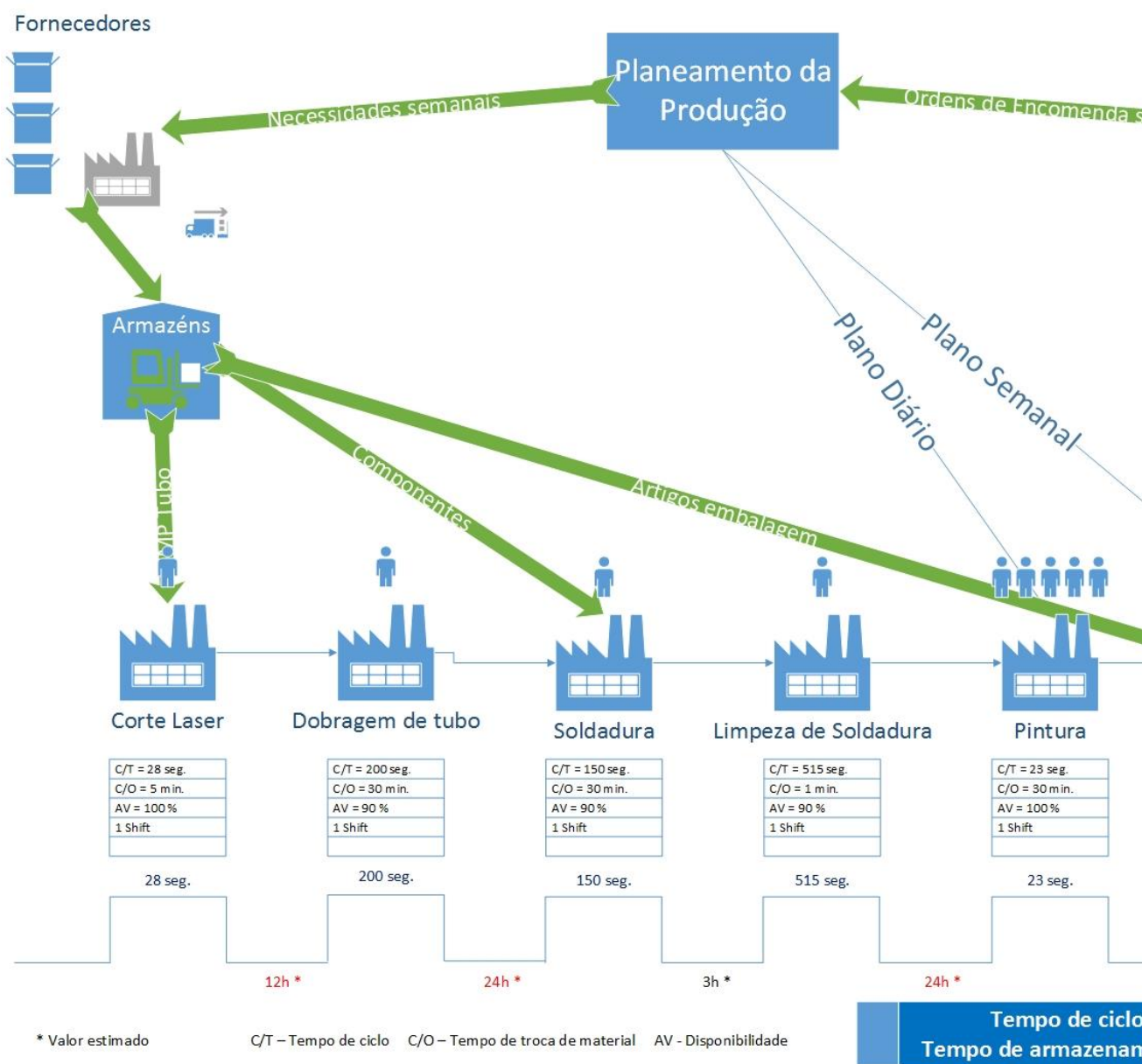


Figura 77 – VSM do estado inicial

#### **4.2.4. SUMÁRIO DA ANÁLISE**

A análise efetuada do processo permitiu identificar a performance do desempenho junto do cliente através da análise das reclamações.

Esta análise permitiu detetar os principais problemas na família de produtos de pegadeiras, identificando os tipos de defeitos reclamados pelo cliente e elaborar uma análise de causa efeito de forma a identificar as causas dos problemas.

A categorização dos defeitos por referência de acordo com a sua quantidade reclamada, importância e custo, permitiram identificar a referência com maior incidência – AL 213778.

De seguida, de forma a adaptar e enquadrar a referência neste estudo foi efetuada uma descrição detalhada do processo e uma caracterização do estado inicial.

#### **4.3. VISÃO**

Como resultado da análise realizada foi verificada a necessidade de efetuar melhorias no *layout* da secção de inspeção e embalagem de pegadeiras, com vista à minimização da ocorrência de problemas/defeitos nas peças recebidas pelo cliente.

As propostas de melhoria do *layout* têm como objetivo minimizar os problemas causadas nas linhas de montagem do cliente, através da melhoria e correção dos pontos identificados com potenciais causas no diagrama de Ishikawa - Figura 72.

A Figura 78 demonstra a visão destas propostas.



Figura 78 – Visão da Melhoria do Layout

A visão apresentada na Figura 78 demonstra o caminho a percorrer para introduzir melhorias no processo de fabrico através da melhoria do *layout* fabril, de forma a atingir os objetivos definidos de melhoria do fluxo do processo e minimização de defeitos.

No entanto, esta visão implica a existência de mudanças na organização e na forma de trabalho da secção. Assim, são identificados como pontos de mudança o fluxo do processo, o planeamento, o incremento da qualidade e a normalização das operações realizadas com vista à diminuição de defeitos.

#### **4.4. PLANO DE PROPOSTAS DE MELHORIA**

##### **4.4.1. DEFINIÇÃO DO TIPO DE PLANEAMENTO**

De forma a efetuar devidamente a implementação destas propostas de melhoria, a definição do plano de melhorias é realizado através do ciclo PDCA, onde são definidas as etapas realizadas em cada fase do ciclo.

A Figura 79 apresenta o ciclo PDCA desenhado para a implementação de melhorias ao *layout* da secção de inspeção e embalagem.



Figura 79 – PDCA Implementação de melhorias

Um dos temas desenvolvidos na fase do *PLAN* é o tipo de *layout* a adotar.

#### 4.4.2. ESCOLHA DO TIPO DE *LAYOUT*

De acordo com a bibliografia estudada sobre os tipos de *layouts* de instalações, é possível identificar a ferramenta de otimização que melhor se adequa à situação em estudo.

Das opções estudadas a que melhor se adequa é a otimização em função dos tipos de produtos e quantidades a produzir. Esta opção é a mais apropriada uma vez que tem em consideração não só os produtos e quantidades a produzir, mas também a semelhança das operações a realizar, que de acordo com o processo existente são três: inspeção, recuperação e embalagem.

As restantes ferramentas não estão tão vocacionadas para este tipo de estudo uma vez que o *layout* por processo tem como objetivo minimizar as deslocações entre secções, que não se verifica neste caso e o *layout* por produto é mais indicado para linhas de produção.

Relativamente ao *layout* por células de fabrico, não faz sentido efetuar a determinação de células uma vez que as operações realizadas são as mesmas para todas as referências, o que torna este espaço numa própria célula de fabrico para esta família de produtos.

De acordo com a ferramenta seleccionada, os tipos de *layouts* possíveis e a relação com os critérios de quantidade, variedade e semelhança de operações é apresentada na Tabela 6 – Tipos de *Layout*.

Tabela 6 – Tipos de *Layout*

TIPO DE <i>LAYOUT</i>	QUANTIDADE	VARIEDADE	SEMELHANÇA DE OPERAÇÕES
PRODUTO OU EM LINHA	+++	+	=
PROCESSO	+	+++	≠
CÉLULA DE FABRICO	++	++	=
PROJETO	+	+	=

A seleção do tipo de *layout* é efetuada com base nos três critérios pré-definidos:

**Quantidade:** conforme foi apresentado na análise ao processo a quantidade de peças é elevada, logo as opções de Processo e Projeto não se adequam a este caso. Assim, restam as possibilidades assinaladas na Tabela 7.

Tabela 7 – Seleção do tipo de *Layout* - 1

TIPO DE <i>LAYOUT</i>	QUANTIDADE	VARIEDADE	SEMELHANÇA DE OPERAÇÕES
PRODUTO OU EM LINHA	+++	+	=
PROCESSO	+	+++	≠
CÉLULA DE FABRICO	++	++	=
PROJETO	+	+	=

Conforme já foi possível apresentar, existem 32 referências de pegadeiras, o que elimina o *layout* em linha, o que faz com que a opção selecionada seja o *layout* por célula de fabrico (Tabela 8).

Tabela 8 – Seleção do tipo de *Layout* - 2

TIPO DE <i>LAYOUT</i>	QUANTIDADE	VARIEDADE	SEMELHANÇA DE OPERAÇÕES
PRODUTO OU EM LINHA	+++	+	=
PROCESSO	+	+++	≠
CÉLULA DE FABRICO	++	++	=
PROJETO	+	+	=

Desta forma, as propostas de melhoria do *layout* são fundamentadas com base na criação da célula de fabrico e a sua organização interna, correspondendo assim com as necessidades da empresa de melhorar a performance desta secção.

#### 4.5. IMPLEMENTAÇÃO

A fase de implementação das propostas está inserida na fase *DO* do ciclo PDCA.

Neste subcapítulo de implementação são apresentadas de forma detalhada as propostas de melhoria e a forma de implementação na fábrica.

##### 4.5.1. DESCRIÇÃO DO *LAYOUT* INICIAL DO POSTO DE INSPEÇÃO E EMBALAGEM

Esta etapa de descrição permite compreender de forma mais detalhada as operações realizadas e o método de trabalho desta secção com 170m<sup>2</sup>.

Como forma de enquadrar e perceber a evolução dos diferentes *layouts* é apresentada a Figura 80 onde se apresenta o estado inicial da secção e a Figura 81 o *layout* elaborado no *software Autocad*.



Figura 80 – Estado inicial do *layout*

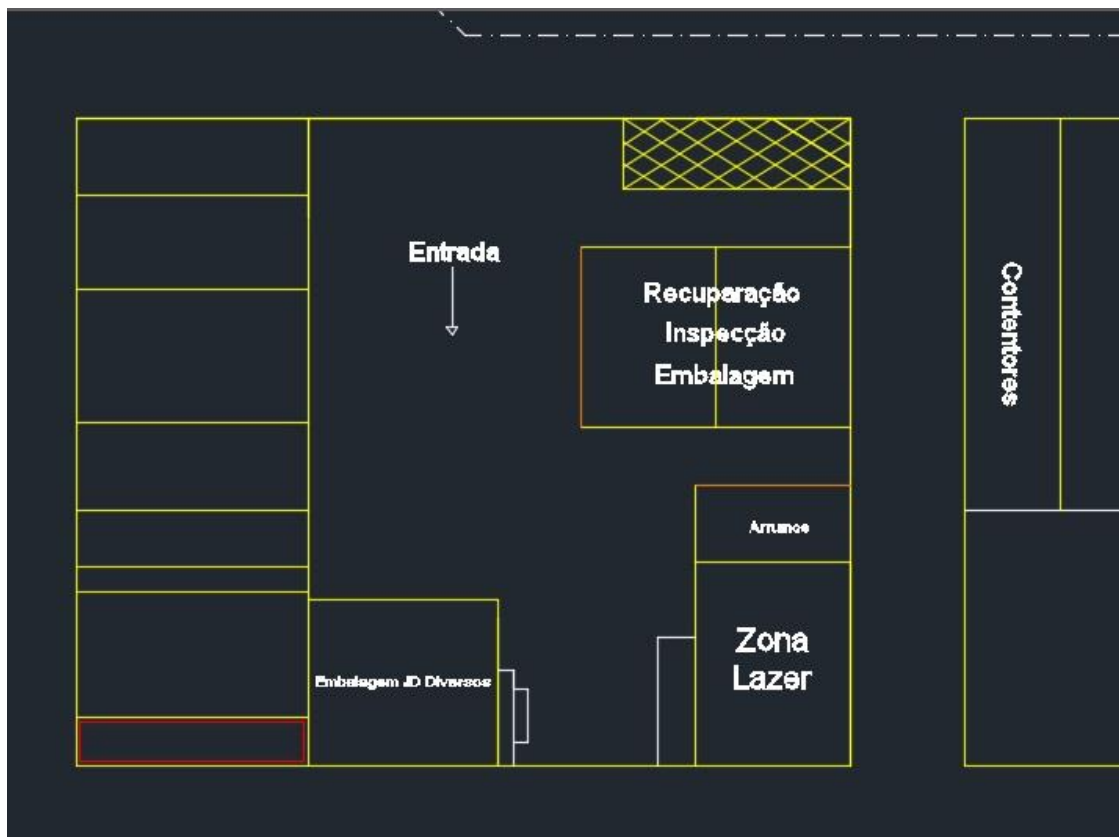


Figura 81 – *Layout* inicial em Autocad

Neste local, com dois postos de trabalho, são realizadas as seguintes operações: inspeção, recuperação e embalagem.

Assim, e de forma a obter a máxima informação sobre o processo são apresentados os problemas detetados nesta secção com dois postos de trabalho:

- Execução de três operações por duas pessoas em cada um dos postos de trabalho: inspeção, recuperação e embalagem;
- Mistura de peças conforme e peças não-conforme uma vez que estão todas no mesmo local;
- Não existe local para colocação de peças não conforme nem de peças recuperadas;
- Não existe sequenciação de tarefas, sendo desenvolvidas conforme é mais conveniente;
- O fornecimento de material é muito variável existindo mesmo interrupções;
- O planeamento da secção é semanal, no entanto, sofre diversas alterações ao longo desse período;
- Não existe rotatividade de operadores;
- O modo de acondicionamento dos carros de abastecimento provoca defeitos nas peças pois ocorrem choques entre peças.

Os problemas detetados são uma informação fundamental ao desenvolvimento de novas propostas de *layout*, no entanto, os temas relacionados com a gestão de recursos e planeamento da produção não são solucionados com melhorias ao *layout* mas através de ações de melhoria específicas dessas áreas.

#### **4.5.2. 1ª PROPOSTA: CRIAÇÃO DA CÉLULA DE FABRICO E DOS POSTOS DE TRABALHO**

As recorrentes reclamações do cliente de peças com defeitos originados nesta fase do processo, impulsionaram o estudo de possíveis alterações ao *layout* existente.

Esta implementação de melhoria consiste na separação do local onde são efetuadas as operações, ou seja, separar fisicamente os postos de trabalho de recuperação de produto não conforme dos postos de inspeção e embalagem.

A Figura 82 demonstra o *layout* em *Autocad* desta proposta.

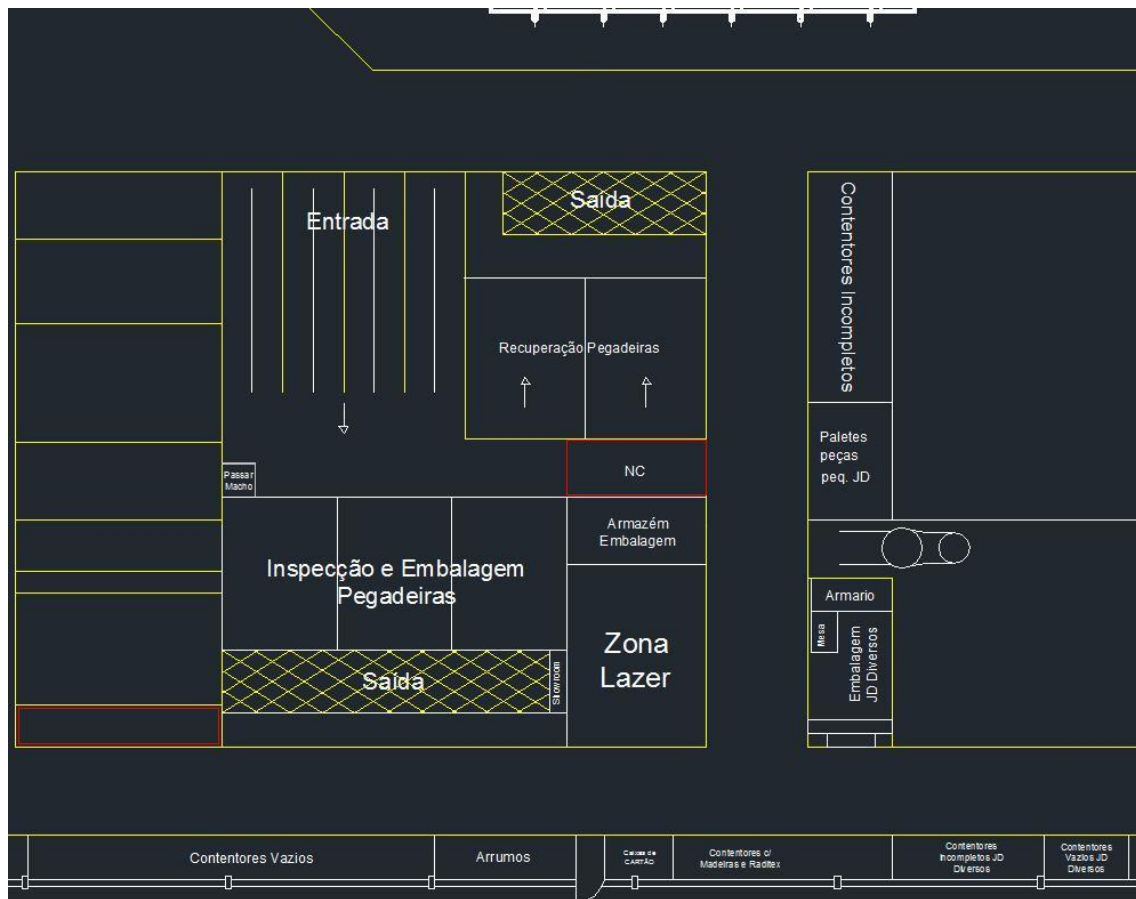


Figura 82 – Layout 1ª Proposta

Conforme é possível verificar pela análise da Figura 82 a reorganização deste espaço, como auxílio dos 5S, originou a criação de mais espaços úteis, eliminando o que não é necessário nesta secção.

As alterações e melhorias introduzidas nesta etapa são listadas de seguida.

- Aumento da área disponível para 221 m<sup>2</sup>.
- Criação de 5 postos de trabalho:
  - 3 Postos para inspeção e embalagem;

- 2 Postos para recuperação de material não-conforme.
- Instalação de uma separação física entre os postos de trabalho;
- Colocação de iluminação dedicada;
- Criação de um local para colocação de peças recuperadas;
- Criação de uma zona para colocação de peças não-conforme;
- Colocação de calhas separadoras dos carrinhos de abastecimento de peças para evitar choques entre peças.

De forma a demonstrar o fluxo de trabalho criado para esta secção, á apresentada Figura 83.

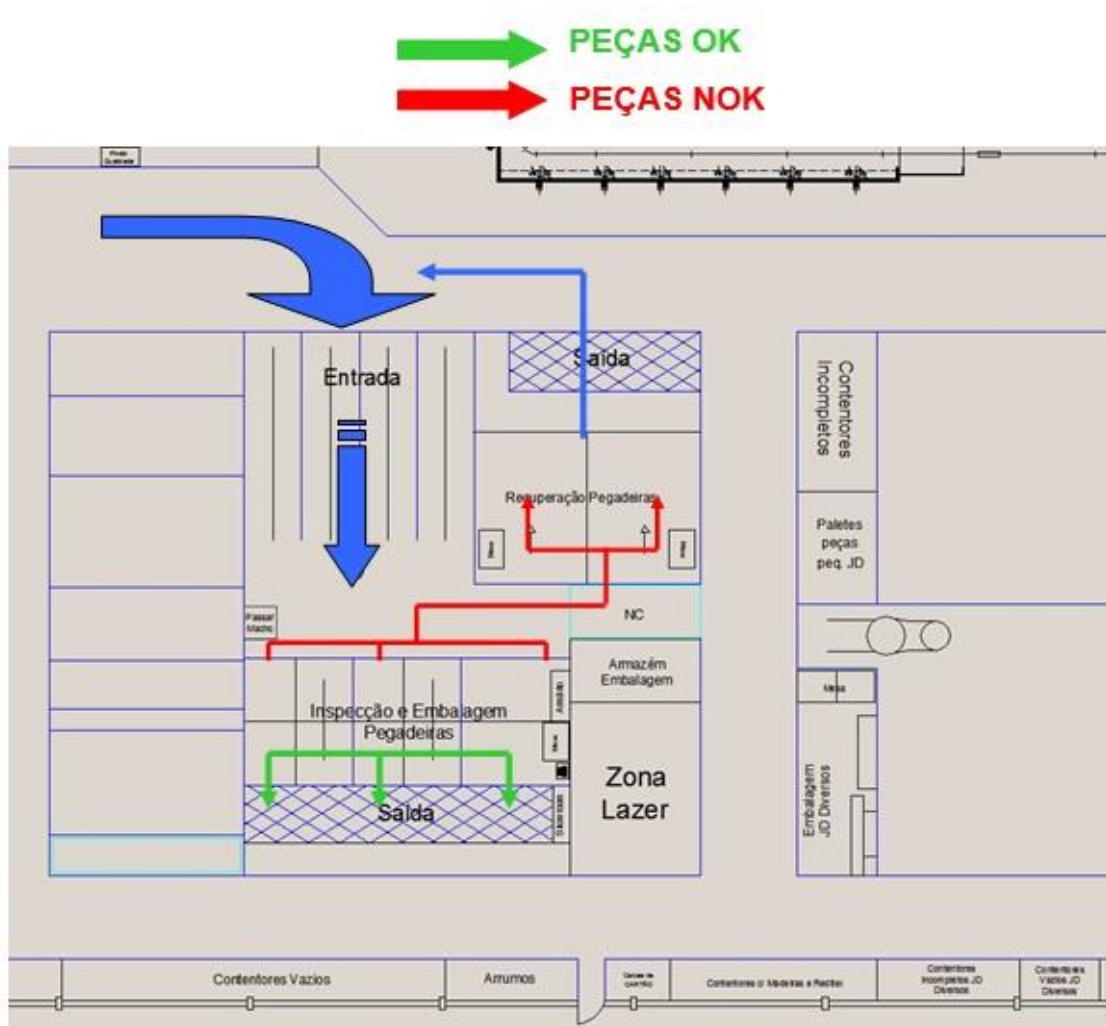


Figura 83 – Fluxo de trabalho 1ª proposta

A azul está marcada a zona de entrada de material proveniente da linha de pintura, fase imediatamente anterior.

O fluxo identificado a verde é o processo desenhado para as peças conforme (OK) e a vermelho está identificado o fluxo para as peças não-conforme (NOK). A seriação de peças OK e NOK é efetuado na área de inspeção e embalagem.

Nesta alteração os carros de abastecimento entram pelo local marcado sendo guiados pelas calhas existentes no chão, conforme a Figura 84:



Figura 84 – Entrada de material

O local de inspeção e embalagem é imediatamente a seguir à entrada de material permitindo um rápido fluxo de materiais. As peças inspecionadas e validadas como conforme são embaladas nos contentores e estes colocados na zona de saída (Figura 85).



Figura 85 – Embalagem e saída de material

Caso seja detetado algum defeito, a peça é colocada na zona não-conforme para posteriormente ser recuperada. Caso não tenha recuperação possível a peça é considerada sucata.

A Figura 86 demonstra a zona para colocação de material não-conforme.



Figura 86 – Zona de material não-conforme

Após recuperação as peças entram novamente no circuito sendo novamente inspecionadas antes da operação de embalagem.

Como seguimento da implementação desta proposta é necessário efetuar a próxima fase do ciclo PDCA, a fase *CHECK* que é composta pelos seguintes pontos:

#### 4.5.3. CONCLUSÃO DA ANÁLISE DE DADOS

Os dados analisados neste estudo são relativos ao ano de 2014, ano desta implementação. A implementação das melhorias propostas foi alvo de críticas positivas e negativas por parte dos operadores e das chefias.

As críticas positivas são relativas à otimização do espaço disponível diminuindo desperdícios e tornando a secção num local de trabalho mais claro e agradável melhorando as condições de trabalho existentes.

Como pontos negativos foram indicadas a separação dos postos de trabalho pois o hábito era efetuar todas as operações num só local. O outro ponto foi a colocação de calhas guia para os carros de transporte pois implica movimentações de carros uma vez que o planeamento da embalagem não é coerente com o da linha de pintura, secção que fornece as peças da operação anterior, obrigando a uma procura de referências.

As críticas colocadas são um *feedback* fundamental por parte das pessoas que diariamente desenvolvem o seu trabalho nesta secção sendo consideradas de elevada importância e pontos a ter em consideração na avaliação das alterações implementadas e em desenvolvimentos futuros.

#### 4.5.4. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Os dados disponíveis para analisar a implementação desta melhoria são dos meses de Janeiro e Fevereiro de 2015, onde se verificaram os seguintes defeitos reclamados pelo cliente (Figura 87):

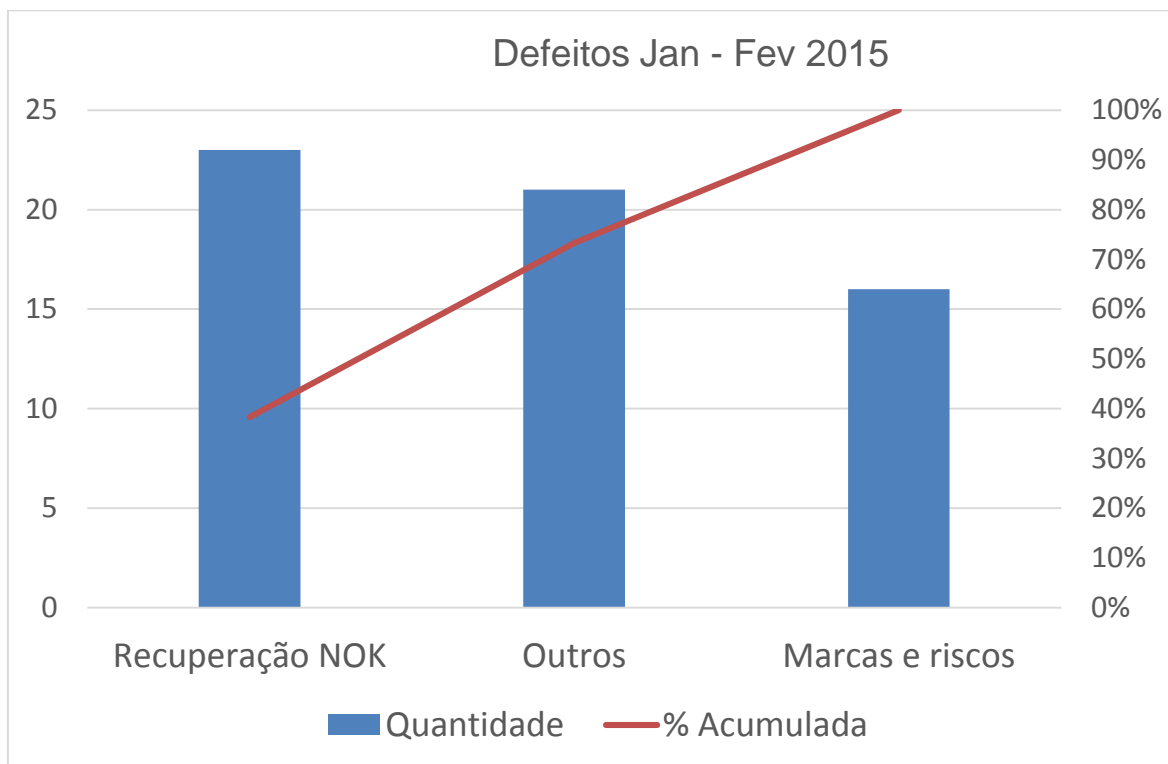


Figura 87 – Defeitos em Janeiro e Fevereiro de 2015

Como complemento deste diagrama de Pareto é apresentada a análise ABC destes dados na Tabela 9.

Tabela 9 – Análise ABC defeitos de Janeiro e Fevereiro de 2015

Classe		Defeito	% Relativa
A	33%	Recuperação NOK	38%
B	67%	Outros	35%
C	100%	Marcas e riscos	27%

Esta análise permite identificar a continuidade de ocorrência de defeitos relacionados com a secção de inspeção e embalagem de pegadeiras, e que estas representam 65% do total de defeitos reclamados.

A análise ABC demonstra que o defeito de Recuperação NOK é responsável pela classe A sendo o de maior relevância.

Efetuada uma comparação com os meses imediatamente anteriores verifica-se uma grande oscilação dos dados, no entanto, com uma redução acentuada no final do período analisado. Este ponto é positivo para este estudo e é um incentivo à continuidade do trabalho desenvolvido nesta primeira proposta. A Figura 88 apresenta este histórico.

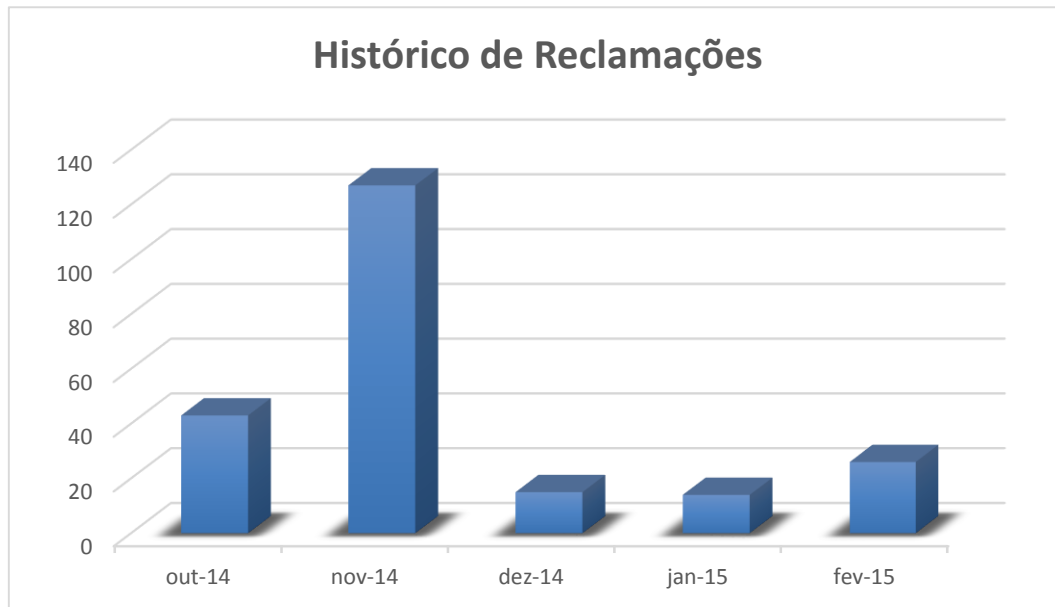


Figura 88 – Histórico de Reclamações

Como conclusão verifica-se que esta alteração de *layout* implementada não foi completamente eficaz no cumprimento dos objetivos, no entanto, considera-se um ponto de partida positivo neste estudo de *layout*.

#### 4.5.5. REVISÃO DA APRENDIZAGEM

Nesta fase *ACT* do ciclo PDCA é efetuada uma análise das possíveis mudanças à proposta e à necessidade de iniciar novo ciclo.

Os dados demonstram que ainda nem tudo foi melhorado e como tal é necessário efetuar mudanças.

Foram identificados dois principais problemas decorrentes da implementação da primeira proposta que devem ser alvo de nova melhoria com vista à resolução do problema:

- Fluxo de trabalho:

Verificou-se que a sequenciação das operações pode ser melhorada, uma vez que nem sempre é cumprido o fluxo de trabalho devido a inúmeros fatores, entre eles, o atraso dos

fornecimentos de peças, a pressão das chefias, o descuido e cansaço dos operadores. O incumprimento verifica-se na recuperação de peças, pois algumas são recuperadas na zona de inspeção e embaladas de seguida. Este fator incorre em defeitos detetados no cliente por incorreta recuperação (operação e secagem do spray).

- Rotatividade dos operadores:

Os operadores desta secção não são alvo de rotatividade por outras secções ou tarefas de forma a permitir o repouso da operação de inspeção. Esta operação visual provoca cansaço podendo incorrer em falhas que se traduzem no envio de peças não-conforme.

De acordo com esta análise, torna-se necessário iniciar um novo ciclo de implementação de melhorias.

#### **4.5.6. 2ª PROPOSTA: REORGANIZAÇÃO DO *LAYOUT* DA CÉLULA DE FABRICO**

A segunda proposta resulta do trabalho desenvolvido na fase *PLAN* do novo ciclo PDCA em que o principal objetivo é melhorar a performance dos indicadores através da definição de novas ações de melhoria para esta secção.

No sentido de melhorar o fluxo de trabalho e definir a melhor sequência de operações de forma a prevenir a ocorrência de defeitos no cliente é considerada uma abordagem diferente nesta segunda proposta de alteração. Assim, a operação de embalagem é considerada como uma operação independente das outras, ao contrário da proposta anterior.

Considerando e aproveitando os hábitos de trabalho já executados pelos operadores (uma pessoa a inspecionar e outra a embalar) as operações tomam a seguinte ordenação:

1. Inspeccionar e recuperar, se necessário;
2. Embalar.

Esta nova definição considera postos de trabalho distantes o que permite um maior foco dos operadores nas suas atividades e evita que haja a possibilidade de embalar peças não-conforme, uma vez que se encontram em locais diferentes.

A Figura 89 apresenta o *layout* proposto.

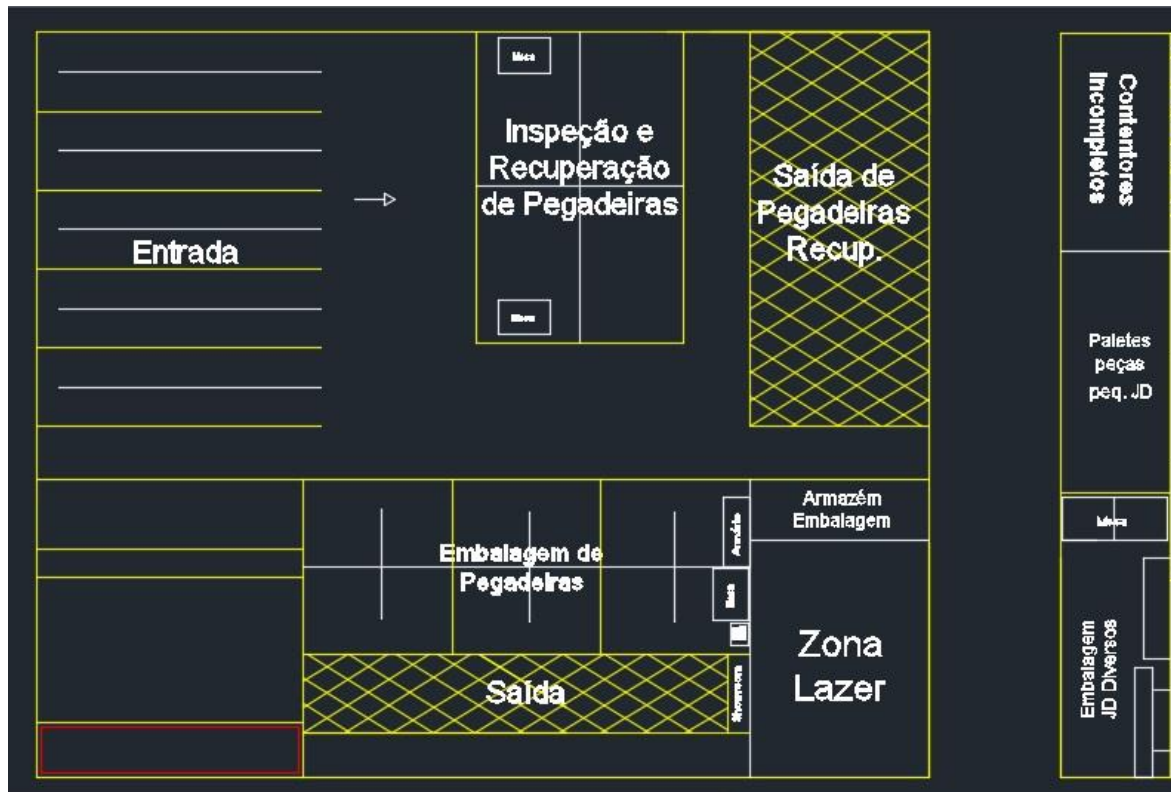


Figura 89 – Layout 2ª Proposta

As alterações propostas são as seguintes:

- Aumento da área disponível para 283 m<sup>2</sup>.
- Alteração dos postos e do fluxo de trabalho:
  - 2 Postos para inspeção e recuperação;
  - 3 Postos para embalagem.
- Criação de uma zona para armazenamento intermédio de peças recuperadas e inspeccionadas.

A Figura 90 apresenta o fluxo de trabalho criado com as alterações propostas.

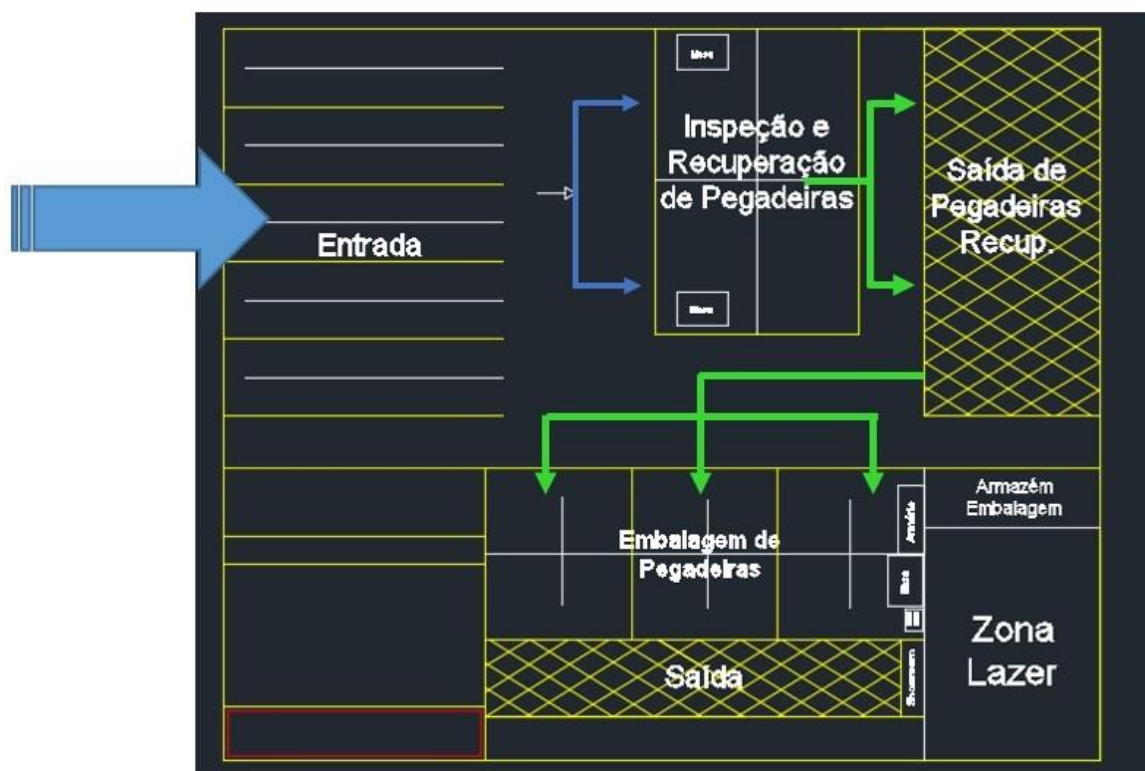


Figura 90 – Fluxo de trabalho 2ª Proposta

Nesta proposta o fluxo de materiais percorre apenas um sentido impedindo que haja mistura de peças conforme com peças não-conforme.

A entrada de material é efetuada pela zona indicada com o fluxo a azul. Após as operações de inspeção e recuperação são colocadas numa zona reservada para o efeito.

O fluxo a verde indica peças conforme para envio para o cliente. Os operadores de embalagem são responsáveis por levantar dessa zona o material necessário para embalar.

Com esta implementação pretende-se eliminar as reclamações indicadas como Recuperação NOK, causadas por envio de peças com recuperação inacabada ou mistura com peças conforme – correspondentes a 38% das peças reclamadas e às classes A e B da análise realizada ().

Como principal vantagem, esta proposta de *layout* evita que haja cruzamento de peças em recuperação com peças conforme para embalagem.

#### **4.5.7. SUMÁRIO DA IMPLEMENTAÇÃO**

A implementação de melhorias é a fase mais desafiadora deste estudo pois engloba todas as atividades e decisões tomadas ao longo deste período.

A primeira proposta resultou de um ciclo PDCA completo com referências bastante positivas – diminuição da quantidade de peças reclamadas e a abertura do espírito da organização à mudança.

A análise dos resultados obtidos neste ciclo proporcionou a oportunidade de iniciar um novo ciclo PDCA como uma melhoria do trabalho já desenvolvido com o mesmo objetivo. Assim se demonstra a melhoria contínua do trabalho e das ideias que conduziram este estudo.

Como iniciação do segundo ciclo PDCA foi apresentada uma segunda proposta de melhoria que também tem em consideração uma reformulação do método de trabalho nesta secção.

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A indústria automóvel é um setor extremamente competitivo e em constante desenvolvimento. Este foi um fator de motivação para o desenvolvimento desta dissertação que tem como principal objetivo a minimização das reclamações do cliente.

Este estudo permitiu a implementação de melhorias significativas ao processo produtivo da secção de embalagem face à situação inicial. Deste modo, tendo em conta o cumprimento dos objetivos definidos para este projeto, as melhorias implementadas e a apresentação de novas propostas de melhoria é possível considerar que foi concluído com sucesso.

A existência de um problema conhecido à partida conduziu à utilização de um método de quantificação de problemas eficaz e à análise de resultados com vista à determinação das causas da sua ocorrência.

As ferramentas e metodologias *Lean* estudadas foram fundamentais para o registo e análise dos dados recolhidos permitindo uma correta interpretação dos mesmos, possibilitando a formulação de propostas de melhoria compatíveis com as necessidades da empresa.

O estudo desenvolvido na avaliação e análise do processo produtivo permitiu identificar ineficiências em algumas fases do processo, tendo contribuído desta forma, para a identificação e formulação de outras oportunidades a ser consideradas no futuro, tais como:

- A existência de muitos armazenamentos intermédios com muito tempo de espera (aspeto revelado na Caracterização do Estado Inicial), em que se verificou que para um tempo total de processamento de aproximadamente dezoito minutos, existem sessenta e cinco horas de tempos de espera.
- A secção de embalagem pode ser alvo de melhorias ao nível do planeamento da produção. O planeamento da secção de embalagem e da pintura, fase imediatamente anterior, não são combinados. Esta incoerência provoca falhas no abastecimento e acumulação de materiais nas zonas de espera contrariando as boas práticas de arrumação e seriação dos 5S. Um planeamento combinado conduziria a um fluxo fluido de materiais e de informação eliminando desperdícios e reduzindo custos de armazenamento interno.
- A operação de inspeção implica elevados índices de concentração e desempenho dos operadores sob pena da ocorrência de erros detetados no cliente. Uma oportunidade de melhoria verificada é a aplicação de rotatividade dos operadores por forma a manter o desempenho exigido.

Apesar de não ter sido concluída a implementação de todas as propostas de melhoria, ficou evidente o impacto das alterações propostas sendo expectável a eliminação de 38% dos defeitos reclamados em Janeiro e Fevereiro de 2015, objetivo traçado para o sucesso da proposta apresentada. Esta proposta, parte integrante do segundo ciclo PDCA, foi formulada e foram calculados os benefícios esperados, faltando a conclusão das etapas *Do*, *Check* e *Act* deste ciclo.

A condução deste trabalho revelou ser um importante fator para a abertura do espírito da organização à mudança tendo revelado contributos valiosos dos operadores e chefias de produção.

## Referências Documentais

1. Fonseca, L., *Gestão Empresarial*. 2012.
2. Womack, J.P. and D.T. Jones, *Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. 1996.
3. Herron, C. and C. Hicks, *The transfer of selected lean manufacturing techniques from Japanese automotive manufacturing into general manufacturing (UK) through change agents*. 2007.
4. Kaizen, I., *pt.kaizen.com*.
5. *The Toyota 3M model: Muda, Mura, Muri*.
6. [https://pt.wikipedia.org/wiki/Walter\\_A.\\_Shewhart](https://pt.wikipedia.org/wiki/Walter_A._Shewhart). Visitado a 15/08/2015.  
Available from: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Walter\\_A.\\_Shewhart](https://pt.wikipedia.org/wiki/Walter_A._Shewhart).
7. Kao, Y.-W., et al. A PCDA-based critical exception management system in semiconductor industry. in *Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC), 2010 International Conference on*. 2010. IEEE.
8. Moen, R. and C. Norman, *Evolution of the PDCA Cycle*.
9. Subramaniam, A., *Gemba Kaizen - Improvement has no End*. 2011.
10. Wilson, L., *How to Implement Lean Manufacturing*. 2010.
11. Kaizen, I., *What is 5S* visitado a 20/06/2015.
12. <http://www.isixsigma.com/dictionary/value-stream-mapping/>. Visitado a 07/04/2015. Available from: <http://www.isixsigma.com/dictionary/value-stream-mapping/>.
13. Institute, K., <http://www.kaizen.com/knowledge-center/value-stream-mapping.html> Visitado a 07/04/2015.
14. Rother, M. and J. Shook, *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. 2003: Lean Enterprise Institute.
15. Silva, M.M.M.d., *Técnicas Especiais de Diagnóstico*. **1**.
16. Zasadzień, M., *Using the Pareto diagram and FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) to identify key defects in a product*. *Management Systems in Production Engineering*, 2014(4 (16)): p. 153--156.

17. Ultsch, A., *Proof of Pareto's 80/20 law and Precise Limits for ABC-Analysis*. Data Bionics Research Group University of Marburg/Lahn, Germany, 2002: p. 1-11.
18. Wong, K.C., *Using an Ishikawa diagram as a tool to assist memory and retrieval of relevant medical cases from the medical literature*. Journal of medical case reports, 2011. **5**(1): p. 120.
19. Hales, H.L., *Computer-aided facilities planning*. 1984: CRC.
20. Kusiak, A. and S.S. Heragu, *The facility layout problem*. European Journal of operational research, 1987. **29**(3): p. 229-251.
21. Meller, R.D. and K.-Y. Gau, *The facility layout problem: recent and emerging trends and perspectives*. Journal of manufacturing systems, 1996. **15**(5): p. 351-366.
22. Ávila, P.A.d.S., *Vertentes da Optimização do Processo*. 10/2010.
23. Groover, M.P., *Work systems and the Methods, Measurement, and Management of Work*. 2007.
24. Silva, A.F.d., *Engenharia de Métodos*.
25. AEP, *Manual Pedagógico PRONACI - Métodos e Tempos*. 2003.

## ANEXO – Características dos equipamentos da IETA

Neste anexo são apresentadas as características técnicas dos equipamentos existentes na IETA.

Tabela 10 – Características da máquina de corte de laser

Máquina de corte de laser									
Tipo	Modelo	Gás de corte	Material que corta	Carregador automático (Comp. max)	Carregador automático (Comp. min)	Peso max barra	Dimens. max/min (perfil normal)	Dimens. max/min (perfil aberto)	Materiais possíveis de cortar
Máquina de corte de laser	LT Fiber	Azoto, Oxigênio	Tubo redondo	6500mm	3200mm	15kg/m	12 a 140mm	5 a 150mm	Cobre, Latão, Ferro, Alumínio e Inox
			Quadrado Retangular Oval /Semioval Elíptico Perfil plumo Perfil em L Perfil em U Perfil em C						

Tabela 11 – Características da máquina de corte automático de tubo

Máquina de corte automático de tubo										
Tipo	Modelo	Tubo redondo	Tubo quadrado	Tubo retangular	Min comp. de corte	Max comp. de corte	Máxim espessura de tubo	Dimensões max. de disco	Peso	Dimensões
Máquina Automática de corte de tubo	Adige TC 720	De 12mm a 80mm	10x10mm a 70x70mm	80x60 mm	50mm	4000 mm	3mm	275 x 2,5mm	2500 Kg	13785x 2550mm

Tabela 12 – Características das máquinas CNC de dobragem de tubo

<b>Máquinas de Dobrar Tubo</b>								
Máquina	Modelo	Versão	Nº de eixos	Diâmetro máximo de tubo	Comprimento mínimo	Comprimento máximo de tubo	Sensor de leitura de costura	Carregador automático
BLM	E-turn	ET 32	12	32 mm	500 mm	2300 mm	Sim	SIM
ADDISON	Addison	DB32	4	32 x 2 mm (Standard) 35 x 2 mm (Cobre)	170 mm	3000 mm	Não	Não
BLM	CNC	B42	3	42 x 2 mm	200 mm	2840 mm	Não	Não
BLM	CNC	B63	3	63 x 2,5 mm	225 mm	2800 mm	Não	Não

Tabela 13 – Características da Puncionadora de chapa CNC

<b>Puncionadora CNC Trumpf Trumatic 500</b>							
Modelo	Peso da máquina	Força de corte	Espessura máxima	Dimensão máx. de chapa	Diâmetro máximo de furo	Número de ferramentas	Velocidade máxima
Trumpf Trumatic 500	11050Kg	220 KN	6mm	2500x1250mm	76,2mm	18	108 m/min

Tabela 14 – Características das guilhotinas de corte de chapa

<b>Guilhotinas de corte de chapa</b>			
Modelo	Espessura máxima de corte	Largura máxima de corte	Medida máxima da paralela
Adira GHO-0625	6 mm	2500 mm	625 mm
Adira GHL-0412	3 mm	1250 mm	1000 mm

Tabela 15 – Características das quinadoras de chapa

<b>Quinadoras de chapa</b>			
Modelo	Força máxima	Comprimento máximo de quinagem	Espessura máxima
Adira modelo QH-6325	63 Ton	2500mm	3mm
Adira modelo QHR- 4512	12 Ton	1250mm	3mm

Tabela 16 – Características das prensas

Prensas											
Marca	Designação	Dimensão Prato Superior		Dimensão Prato Inferior		Diâmetro Máximo Coil	Diâmetro Interior Coil	Peso Máximo Coil	Largura Máxima Banda	Espessura Máxima Banda	Área Máxima Banda
M. Benfica	Prensa Hidráulica Duplo Efeito 1250T	4200 mm	2500 mm	4200 mm	2500 mm						
M. Benfica	Prensa Hidráulica Duplo Efeito 500T	1990 mm	1400 mm	2000 mm	1400 mm						
Arisa	Prensa Mecânica 400T	1350 mm	900 mm	1650 mm	1000 mm	1600 mm	450-550 mm	8000 Kg	606 mm	3 mm	1800 mm <sup>2</sup>
									400 mm	3,5 mm	1400 mm <sup>2</sup>
									300 mm	4 mm	1200 mm <sup>2</sup>
									200 mm	5 mm	1000 mm <sup>2</sup>
Belt	Prensa Mecânica 300T	995 mm	645 mm	1600 mm	800 mm	1400 mm	400-500 mm	1500 Kg	500 mm		
Comec	Prensa Hidráulica Duplo Efeito 250T	1100 mm	1100 mm	1100 mm	1100 mm						
Adira	Prensa Hidráulica 160T	710 mm	500 mm	850 mm	710 mm						
Veb	Prensa Hidráulica Duplo Efeito 100T	530 mm	400 mm	750 mm	560 mm						
Arisa	Prensa Mecânica 400T Dupla Biela	2500 mm	1200 mm	2500 mm	1200 mm	1350 mm	470-540 mm	4000 Kg	650 mm	4 mm	1250 mm <sup>2</sup>
M. Exacta	Prensa Mecânica 150T	435 mm	250 mm	1040 mm	600 mm						
M. Exacta	Prensa Mecânica 150T	435 mm	250 mm	1040 mm	610 mm						

M. Exacta	Prensa Mecânica 150T	435 mm	250 mm	1010 mm	610 mm						
Meglobal	Prensa Mecânica 65T	340 mm	155 mm	600 mm	540 mm						
Osis	Prensa Mecânica 10T	100 mm	85 mm	315 mm	210 mm						
Vaptzarov	Prensa Mecânica 63T	450 mm	310 mm	900 mm	560 mm						

Tabela 17 – Características dos robots de soldadura

Robots de Soldadura								
Tipo	Modelo do controlador	Modelo de Aparelho de Soldar	Carga de trabalho	Eixos	Dimensões de trabalho	Intensidade / voltagem max de soldadura	Dimensões mesa de soldadura	Carga máxima mesa soldadura (Kg)
Duplo	TWIN XRC + 24P6	Kemppi pro 4000	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	400A/30V	1800 x 3000 mm (dupla)	300
Simplex	XRC	Lorchs Saprom M 905	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	400A/25V	1000 x 2000mm (dupla)	250
Duplo	TWIN XRC	Lorchs Saprom S5	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	400A/25V	1000 x 2000mm (dupla)	250
Simplex	XRC	Lorchs Saprom S5	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	400A/25V	Duas mesas com 1160x2000	250
Duplo	Twin NX100	Miller Axxess 300	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	500A/39V	1800 x 3000 mm (dupla)	250
Simplex	NX100	Miller Axxess 300	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	500A/39V	1160 x 2000 mm (dupla)	250
Simplex	MRC	Sem máquina de soldar	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	-----	1000 x 2000mm (dupla)	250
Duplo	NX100	Miller Axxess 300	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	500A/39V	1160 x 2000 mm (dupla)	250
Simplex	NX100	Miller Axxess 300	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	500A/39V	1160 x 2000 mm (dupla)	250

Simples	MRC	Miller Axxess 300	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	500A/39V	1000 x 2000mm (dupla)	250
Simples	XRC	Lorchs Saprom S5	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	500A/39V	1000 x 2000mm (dupla)	250
Simples	XRC	Miller Axxess 450	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	450A/36,5V	1000 x 2000mm (dupla)	300
Simples	MRC	Kemppi pro 4000	6Kg	6	340° de área de trabalho do braço	400A/30V	1000 x 2000mm (dupla)	250

Tabela 18 – Características dos aparelhos de soldadura manual

<b>Aparelhos de Soldadura Manual</b>				
Marca	Modelo	Tensão de alimentação	Tipo de Soldadura	Tensão/intensidade de soldadura máxima
Lorch	M2080	400V	Mig/Mag	230A
Lorch	M2080	400V	Mig/Mag	230A
Lorch	M2080	400V	Mig/Mag	230A
Lincoln Electric	Powertec 255C	400V	Mig/Mag	250A
Lincoln Electric	Powertec 255C	400V	Mig/Mag	250A
Miller	Migmatic 293	400V	Mig/Mag	280A
Miller	Migmatic 293	400V	Mig/Mag	280A
Miller	Migmatic 293	400V	Mig/Mag	280A
Miller	Migmatic 293	400V	Mig/Mag	280A
Air Liquid	Filcord 303C	400V	Mig/Mag	325A
Fronius	TPS 330	400V	Mig/Mag	330A
Motofil	Motomig 215	400V	Mig/Mag	215A
Motofil	Motomig 215	400V	Mig/Mag	215A
Motofil	Motomig 215	400V	Mig/Mag	215A
SAF	Safmig 280BL	400V	Mig/Mag	250A
SAF	Safmig 280BL	400V	Mig/Mag	250A
SAF	Safmig 280BL	400V	Mig/Mag	250A
SAF	Safmig 280BL	400V	Mig/Mag	250A
SAF	Safmig 280BL	400V	Mig/Mag	250A
SAF	Safmig 400DBL	400V	Mig/Mag	400A
SAF	Safmig 400DBL	400V	Mig/Mag	400A