

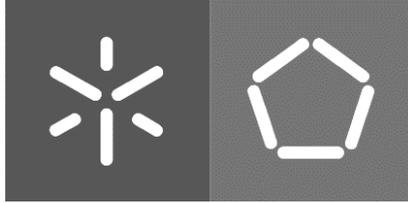


**Melhoria da qualidade numa linha de
produção usando a metodologia seis
sigma**

Eduarda Lurdes Rocha Oliveira

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Eduarda Lurdes Rocha Oliveira

Melhoria da qualidade de uma linha de produção usando a metodologia seis sigma

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professora Doutora Isabel Lopes

julho de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Embora esta dissertação tenha sido um longo projeto realizado por mim, nela cabem enumeras pessoas que fizeram com que tudo fosse possível.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais, irmãos e cunhada por todo o apoio, encorajamento e incentivo prestado ao longo de toda a minha vida. Obrigada por todos os valores que me transmitiram que me permitiram tornar a profissional que sou atualmente. Esta conquista também é vossa.

Ao meu melhor amigo e namorado Diogo por tudo que fez e faz por mim, por me incentivar a ser cada dia melhor e por acreditar sempre que era capaz de alcançar tudo que queria.

Um especial agradecimento à Arminda Gomes por me ter acolhido, pelo tempo despendido, liberdade, pela aprendizagem partilhada e ter sido crucial no desenvolvimento de todo o projeto. Obrigada “Chefe”!

Um agradecimento também ao restante edifício 2 por me ter proporcionado um ambiente de trabalho excecional, pela partilha de conhecimento e por ter prestado auxílio durante toda o desenvolvimento da dissertação.

À Professora Doutora Isabel Lopes por toda a orientação, disponibilidade, paciência, conselhos e ensinamentos ao longo de todo o projeto. Foi um pilar crucial para que este projeto fosse possível.

Às minhas amigas da universidade. À Carolina, por toda a amizade, por ter estado em todos os momentos durante toda a minha vida académica e ter sido a melhor pessoa que a universidade me deu. Será certamente uma amizade para a vida. À Mariana por tornar a vida mais leve e divertida com o seu sentido de humor. Obrigada por todos os momentos partilhados amiga. À Eduarda e à Helena por todo o apoio prestado durante a vida académica, por todos os desafios ultrapassados juntas e por todas as aventuras vividas.

Por fim, quero agradecer aos meus restantes amigos pelo suporte e incentivo prestado em todas as etapas importantes da minha vida.

Estes anos são mesmo viagem!

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Melhoria da qualidade de uma linha de produção utilizando a metodologia seis sigma

RESUMO

A presente dissertação teve como objetivo a redução dos componentes danificados numa linha de produção de placas eletrónicas. Este projeto foi desenvolvido na empresa Aptiv de Braga, no departamento de Engenharia de Qualidade.

Inicialmente, foi realizada uma revisão literária com o propósito de dar suporte ao projeto desenvolvido. Para realizar o projeto de melhoria recorreu-se à utilização da metodologia Seis Sigma suportado pelo ciclo DMAIC. Numa primeira instância foi definido o problema e realizada uma análise crítica do sistema atual, tendo obtido um o nível inicial de 3,53. De seguida, foram estudados os dados recolhidos bem como analisadas as possíveis causas com a finalidade de definir as causas raiz inerentes à problemática em estudo. Por fim, de modo a ir de encontro ao propósito do projeto, foram propostas ações de melhoria com a finalidade de colmatar os componentes danificados bem como uma monitorização das mesmas. Através da implementação da metodologia Seis Sigma foi possível concluir que as soluções para as causas raiz dos componentes danificados consistiam na formação dos colaboradores e alterações nas máquinas com o propósito de reduzir o risco de danificação dos componentes das placas eletrónicas.

Através da análise dos resultados obtidos, foi possível verificar que o principal objetivo do projeto foi alcançado, com uma redução dos componentes danificados em 46% ppm em relação ao *target* estabelecido.

No final do projeto foram mencionadas as lições aprendidas bem como recomendado o trabalho futuro necessário para sustentar os ganhos.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade, Seis Sigma, ciclo DMAIC, melhoria contínua.

Quality improvement in a production line using the Six Sigma methodology

ABSTRACT

The present dissertation had the objective to reduce the damaged components of the electronic board production. This project was developed at the Aptiv company in Braga, in the department of quality.

Initially, a literature review with the purpose to give support to the project developed was made. To implement the improvement project the Six Sigma methodology supported for the DMAIC cycle was used. In the first instance the problem was defined and a critical analysis of the current system realized, having obtained an initial level of 3.53. Thereafter, the collected data were studied as well analyzed the possible causes, with the propose of defining the root causes inherent to the problem under study. Finally, in order to meet the purpose of the project, improvement actions were proposed for reducing the damaged components and monitoring them. Through the implementation of the Six Sigma methodology, it was possible to conclude that the solutions to the root causes of damaged components consisted in training the employees and some changes in the machines with the purpose of reducing the risk of damaging the components of the electronic boards.

Through the analysis of the results obtained, it was possible to verify that the main objective of the project was achieved, with a reduction of the damaged components in 46% ppm compared to the established target.

In the final of the project, the lessons learned were mentioned and the future work necessary to sustain the gains was recommended.

KEYWORDS

Quality, six sigma, DMAIC cycle, continuous improvement.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Revisão da Literatura.....	4
2.1 Qualidade.....	4
2.1.1 Definição.....	4
2.1.2 Qualidade nos produtos.....	5
2.1.3 Custos da qualidade.....	7
2.2 Gestão da qualidade.....	10
2.2.1 Triologia Juran.....	10
2.2.2 TQM.....	12
2.3 Seis Sigma.....	13
2.3.1 Seis Sigma numa perspetiva estatística.....	14
2.4 Ciclo DMAIC.....	16
2.4.1 Fase definir.....	17
2.4.2 Fase medir.....	19
2.4.3 Fase analisar.....	20
2.4.4 Fase melhorar.....	21

2.4.5 Fase de controlo	22
2.5 Fatores de sucesso e limitações.....	23
3. Apresentação da empresa	25
3.1 Grupo Aptiv	25
3.2 Aptiv Braga.....	26
3.2.1 Missão.....	27
3.2.2 Visão	27
3.3 Processo produtivo	28
3.3.1 Áreas produtivas do edifício 1	28
3.3.2 Áreas produtivas do edifício 2	31
4. Projeto Seis Sigma.....	35
4.1 Fase Definir	35
4.1.1. Evolução dos componentes danificados	35
4.1.2 Propósito e metas a serem alcançadas	36
4.1.3 Descrição do problema	37
4.1.4 Funcionamento e produção de cada turno.....	43
4.2 Medir	43
4.2.1 Identificação dos defeitos	43
4.2.2 Localização dos defeitos no produto	46
4.2.3 Restrição da localização dos defeitos na linha de produção e dos respetivos movimentos associados.....	48
4.2.4 Cálculo dos custos associados aos componentes danificados	49
4.2.5 Cálculo do nível sigma inicial	50
4.3 Analisar	51
4.3.1 Análise da relação dos turnos	51
4.3.2 Estudo da relação dos diferentes MOL.....	52
4.3.3 Análise das possíveis causas.....	52
4.4 Melhorar	72
4.4.1 Causa: pinos da base mal posicionados	72

4.4.2 Causa: elevação de plástico do MOL	73
4.4.3 Causa: separação das bases MOL	75
4.4.4 Causa: pinos guia não standard	76
4.4.5 Causa: não estar ergonomicamente projetado.....	77
4.4.6 Causa: barra de segurança	78
4.4.7 Causa: arestas salientes da palete de limpeza.....	79
4.4.8 Causa: pino central na palete de coating	80
4.4.9 Causa: Mão de obra	81
4.4.10 Causa: Instrução de trabalho desatualizada.....	82
4.4.11 Componentes danificados devido ao transporte.....	82
4.4.12 Matriz impacto esforço.....	85
4.5 Controlo	88
4.5.1 Evolução dos componentes danificados	88
4.5.2 Plano de Controlo.....	89
4.5.3 Cálculo do nível sigma atual	91
5. Resultados	92
5.1 Componente R4510	92
5.2 Componente D901	93
5.3 Componentes D22 e D23	93
5.4 Componente D61	94
5.5 Cálculo dos custos associados às placas danificadas após as melhorias.....	95
6. Conclusões.....	98
6.1 Conclusões.....	98
6.2 Lições Aprendidas	99
6.3 Limitações ao estudo.....	99
6.4 Trabalho futuro.....	100
Referências Bibliográficas	101
Apêndice 1- Apresentação da alteração da palete de coating.....	107
Apêndice 2 – Quality alert.....	110
Apêndice 3 – Instrução de trabalho MOL	111
Apêndice 4- instrução de trabalho Limpeza	112

Apêndice 5-Instrução de trabalho Coating	113
Apêndice 6- Power Point de Handling with care dedicado ao BSI realizado para a formação.....	114
Apêndice 7- Apresentação das alterações aos tabuleiros	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração dos custos da qualidade (Fonte: adaptado (Costa, 2018)).....	8
Figura 2: Custos da qualidade (Fonte: adaptado (Riley & Juran, 1999)).	9
Figura 3: Distribuição normal centrada no valor médio (Fonte: adaptado (Montgomery & Woodall, 2008)).	14
Figura 4: Evolução do nível sigma (Fonte: adaptado (Lopes, 2015)).....	15
Figura 5: Distribuição normal com média desviada $\pm 1,5\sigma$ do valor médio (Fonte: adaptado(Montgomery & Woodall, 2008)).	15
Figura 6: Ciclo DMAIC (Fonte: adaptado(Montgomery & Woodall, 2008)).	16
Figura 7: Localização dos principais centros técnicos, fábricas e centro R&D da Aptiv.....	25
Figura 8: Aptiv em Portugal.....	26
Figura 9: Aptiv de Braga.	26
Figura 10: Principais clientes e produtos da Aptiv.....	27
Figura 11: Valores da Aptiv.	28
Figura 12: Layout do edifício 1.....	28
Figura 13: Fluxo produtivo da área de SMT.	29
Figura 14: Fluxo produtivo da área de CBA.	30
Figura 15: Fluxo produtivo da Montagem Final.	31
Figura 16: Layout edifício 2.	31
Figura 17: Fluxo produtivo edifício 2.	32
Figura 18: Fluxo produtivo dos Plásticos.	33
Figura 19: Mapa de Processo placa Power e Eletrónica.....	34
Figura 20: Componentes danificados no ano 2021.	36
Figura 21: Project Charter.	37
Figura 22: Ferramenta Production & Yield Monitoring System.....	38
Figura 23: Análise detalhada da ferramenta PYMS.	38
Figura 24: SIPOC processo BSI.....	42
Figura 25: Componentes danificados do mês de janeiro.....	44
Figura 26: Diagrama de Pareto novembro-dezembro.....	45
Figura 27: Parte de cima da placa eletrónica.	46

Figura 28: Parte inferior da placa eletrónica do produto A.	46
Figura 29: Diagrama de concentração placa eletrónica na parte inferior.	47
Figura 30: Diagrama de concentração placa eletrónica na parte superior.....	47
Figura 31: Restrição da área de análise.	49
Figura 32: Nível sigma inicial.	50
Figura 33: Análise dos turnos.	51
Figura 34: Número de componentes danificados por MOL.	52
Figura 35: Diagrama Ishikawa.	54
Figura 36: Análise dos pinos da base MOL.....	56
Figura 37: Elevações de plástico danificadas MOL.....	57
Figura 38: Evidência de componentes na base do MOL.....	57
Figura 39: Bases de uma máquina MOL.	58
Figura 40: Separação com marcas de choque.	58
Figura 41: Pinos MOL não standard.....	59
Figura 42: Acesso condicionado à parte superior dp MOL.	59
Figura 43: Evidência de choque das placas na barra de segurança.	60
Figura 44: Tabuleiro distanciado do operador.....	61
Figura 45: Arestas pontiagudas da palete da PCB Cleaning.	61
Figura 46: Palete de coating com pino pontiagudo.	62
Figura 47: Palete de coating vista de cima.	62
Figura 48: Palete de coating.	63
Figura 49: Correto manuseamento das placas.	64
Figura 50: Incorreto manuseamento das placas.	64
Figura 51: Diagrama de causa efeito resumo.	66
Figura 52: 5 Why's para os componentes D22 e D23.....	68
Figura 53: D22 e D23 com marcas pretas nas placas eletrónicas.	69
Figura 54: Correto manuseamento dos tabuleiros.	69
Figura 55: Incorreto manuseamento dos tabuleiros.....	70
Figura 56: Tabuleiros bem posicionados.	71
Figura 57: Tabuleiros mal posicionados.	71
Figura 58: Base Mol sem pino R4510.....	72
Figura 59: Nivelamento da barra de proteção.....	73

Figura 60: Problemas associados à mesma alteração.	73
Figura 61: Barra antiga vs barra nova.	74
Figura 62: Barra de proteção superior ao pino guia.	74
Figura 63: Barra de plástico protegida com material ESD.	75
Figura 64: Separação protegida.	76
Figura 65: Nova proposta de pino.	77
Figura 66: Remoção dos pinos superiores.	78
Figura 67: Aproximação da rampa à máquina.	79
Figura 68: Palete limpeza alterada.	79
Figura 69: Nova proposta de palete.	80
Figura 70: Refugo associado às placas eletrónicas.	81
Figura 71: Zona de alteração dos tabuleiros.	82
Figura 72: Simulação do fecho do tabuleiro.	83
Figura 73: Modo de manusear as placas.	83
Figura 74: Matriz impacto esforço.	86
Figura 75: Evolução dos componentes danificados em PPM.	88
Figura 76: Evolução dos componentes críticos ao longo do ano 2022.	89
Figura 77: Plano de controlo.	90
Figura 78: Nível sigma atual.	91
Figura 79: Evolução do componente R4510 no primeiro semestre do ano 2022.	92
Figura 80: Evolução do componente D901 no primeiro semestre do ano 2022.	93
Figura 81: Evolução dos componentes danificados D22 e D23 no primeiro semestre do ano 2022.	94
Figura 82: Evolução do componente danificado D61 no primeiro semestre no ano 2022.	95
Figura 83: Comparação da quantidade de placas danificadas prevista para o ano 2022.	96
Figura 84: Comparação dos custos das placas eletrónicas danificadas previstas para o ano 2022 antes e depois das melhorias.	97
Figura 85: Alerta de qualidade.	110

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Nível Sigma, Defeitos por Milhão de Oportunidades e Custos de Baixa Qualidade (Fonte: adaptado (Guimarães, 2021)).....	16
Tabela 2: Análise da localização da ocorrência e direção de movimento.	48
Tabela 3: Custos referentes aos componentes danificados referentes ao mês de janeiro.....	50
Tabela 4: Custos referentes aos componentes danificados previstos para o ano 2022.	50
Tabela 5: Resumos das ações corretivas.....	84
Tabela 6: 5W2H das ações propostas.	87
Tabela 7: Cálculo do valor total de placas danificadas no mês de junho e previstos para o ano 2022.	96

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AVI- *Automatic Visual Inspection*

BSI- *Boîte de Sécurité Intelligente*

CBA- *Circuit Board Assembly*

CTQ- *Critical to Quality*

DMAIC- *Define, Measure, Analyse, Improve, Control*

DPMO- Defeitos Por Milhão de Oportunidade

ED1- Edifício 1

ED2- Edifício 2

EUA- Estados Unidos da América

IC- *Integrated Circuits*

ICT- *In Circuit Test*

LIE- Limite Inferior de Especificação

LSE- Limite Superior de Especificação

Km- Quilómetro

MOL- *Middle Of Line*

PAF- Prevenção, Avaliação, Falhas

PCB- *Printed Circuit Boards*

PCL- *Purchase Control and Logistics*

PPM- Partes Por Milhão

PYMS- *Production Yield System*

QRC- *Quick Response Code*

SIPOC- *Supplier, Input, Process, Output e Control*

SMT- *Surface Mount Technology*

TQM- *Total Quality Management*

WIP-*Work In Process*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação enquadra-se na unidade curricular de dissertação em Engenharia e Gestão Industrial, incorporada no plano de estudos do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial.

O desenvolvimento deste projeto decorreu em ambiente industrial, numa organização da indústria automóvel. Assim, neste capítulo é realizado um enquadramento e são apresentados os objetivos que se pretendem alcançar bem como a metodologia de investigação adotada e a estrutura.

1.1 Enquadramento

Considerando o progresso tecnológico, social, político e ambiental ocorrido durante as últimas décadas, a capacidade de uma organização para adquirir e sustentar vantagens competitivas tem-se revelado um desafio (Abbas, 2020). Esta competitividade entre as organizações, aliada ao desafio da crescente globalização da economia, conduz à necessidade de satisfazer os requisitos dos clientes. Desta forma, a qualidade é uma imposição crescente em qualquer que seja o mercado que a organização está inserida, sendo muitas vezes um critério de seleção ou exclusão (Pinto & Sampaio, 2020). Esta imposição da valorização da qualidade das organizações é desencadeada pela crescente exigência por parte dos clientes, uma vez que estes alteram as suas exigências e preferências continuamente, procurando produtos cada vez mais fiáveis, personalizados e de alta qualidade.

De modo a apoiar e desenvolver a qualidade dos processos de melhoria, muitos autores defendem que as ferramentas da qualidade são um suporte fundamental. A utilização destas ferramentas permite a motorização e avaliação dos processos, integrando todos os membros da organização numa mentalidade de melhoria contínua (Antony et al., 2021).

Uma ferramenta bastante útil em projetos de melhoria de qualidade é o Seis Sigma. O Seis Sigma é uma metodologia de melhoria que foi desenvolvido pela Motorola para melhorar os processos, identificando e eliminando erros, defeitos ou falhas que podem afetar o processo. É então definido como um sistema para alcançar, manter e maximizar os negócios bem-sucedidos. Rapidamente ganhou popularidade por ser útil para poupar custos e aumentar a eficiência e é agora utilizado por milhares de empresas para melhorar os seus processos empresariais. Para que o Seis Sigma seja aplicado com sucesso, a necessidade do cliente tem de ser compreendida (Chugani et al., 2017).

A organização onde este projeto será desenvolvido já adota a utilização de diversas ferramentas em diversos projetos com vista à melhoria contínua. Deste modo, foi proposto a realização de um projeto na

área da qualidade. O estudo foca-se numa linha de produção em que o principal objetivo é a redução de produtos danificados.

1.2 Objetivos

O presente projeto de dissertação tem como principal objetivo reduzir o refugo de produtos defeituosos em 50 ppm, com o apoio da metodologia Seis Sigma. Deste modo, foram definidos alguns objetivos iniciais:

- Identificação dos principais componentes danificados na linha de produção em estudo;
- Identificação das potenciais causas do problema;
- Propostas de ações de melhoria para as causas identificadas;
- Avaliação e controlo das melhorias implementadas.

Desta forma, como resultados esperados pretende-se a redução dos defeitos e consequentemente dos custos de qualidade na linha de produção em estudo e o aumento da produtividade.

1.3 Metodologia de investigação

Tendo por base que o desenvolvimento do projeto irá ser realizado em contexto empresarial caracterizado pelas práticas de observação dos processos a atuar, a recolha de dados, a identificação e análise dos pontos possíveis de ocorrência de produtos danificados, a implementação das melhorias a serem implementadas e a motorização destas melhorias, a metodologia de investigação que melhor se adequa aos objetivos anteriormente citados é a Metodologia Investigação-Ação. Esta é considerada o método de investigação mais apropriado, especialmente na realização de projetos de melhoria contínua (Wartati et al., 2021).

Segundo Santos et al. (2013) a Investigação-Ação possibilita a intervenção na entidade sob investigação e a análise dos resultados. Permite consequentemente, uma aproximação ao campo de investigação sendo possível captar informação que não poderia ser predeterminada. Assim, esta estratégia leva o investigador a participar ativamente nas mudanças do sistema.

A metodologia Investigação-Ação incorpora cinco fases, nomeadamente: diagnóstico, planeamento da ação, execução da ação, avaliação e aprendizagens específicas. Inicialmente, no diagnóstico identificam-se oportunidades de melhoria num problema previamente identificado. É importante nesta fase compreender o processo em análise. De seguida, na fase de planeamento definem-se ações e identificam-se que abordagens e ações a tomar. Por sua vez, no que diz respeito à execução são

efetuadas as ações selecionadas na fase anterior. Posteriormente, na fase de avaliação verifica-se se as ações implementadas sortiram o efeito desejado, isto é, se resolveram o problema inicial. Por fim, nas aprendizagens específicas registam-se as conclusões resultantes do projeto (Santos et al., 2013).

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos, nomeadamente, a introdução, a revisão de literatura, a apresentação da empresa, a aplicação da metodologia Seis Sigma, os resultados e, por último, as conclusões do projeto.

No presente capítulo é realizado um enquadramento teórico do tema abordado ao longo do projeto. Além disso, são apresentados os objetivos inerentes ao mesmo, bem como a metodologia de investigação utilizada para a elaboração do mesmo e pela estrutura da dissertação.

De seguida, é realizada uma revisão literária, apresentando os temas mais relevantes das áreas reveladas como cruciais para a realização deste projeto, sendo constituída por três tópicos principais, nomeadamente, qualidade, gestão da qualidade e Seis Sigma.

Por sua vez, no terceiro capítulo é apresentada a empresa onde o presente projeto foi desenvolvido, apresentando inicialmente a nível mundial, seguido da história da Aptiv Braga, onde são descritos os seus valores e missão bem como principais clientes e produtos produzidos, finalizando com uma apresentação dos processos produtivos relativos às diferentes áreas da empresa.

No quarto capítulo é aplicada a metodologia Seis Sigma, recorrendo à implementação das cinco fases do ciclo DMAIC e utilizando ferramentas da qualidade inerentes ao mesmo. Este capítulo revela-se crucial para o sucesso do projeto uma vez que incorpora a sua definição, recolha de dados e a sua posterior análise, propostas ações de melhoria, bem como a sua implementação e motorização das mesmas.

Por sua vez, no capítulo cinco são apresentados os principais resultados obtidos através da implementação da metodologia Seis Sigma.

Por fim, são apresentadas as conclusões do projeto, incorporando as lições aprendidas, limitações à realização do mesmo bem como o trabalho futuro a realizar.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são estudados e desenvolvidos os temas mais relevantes das áreas envolvidas neste projeto que se demonstraram cruciais para a realização da presente dissertação. Assim esta secção envolve três tópicos principais: Qualidade, Gestão da Qualidade e Seis sigma. Primeiramente, a Qualidade engloba a sua definição, qualidade nos produtos bem como os custos da qualidade. No que diz respeito à Gestão da Qualidade, esta incorpora a sua definição, a trilogia de *Juran* e a Gestão da Qualidade Total. Por fim, no tópico do Seis Sigma aborda-se a sua definição, a sua perspectiva a nível estatístico bem como o ciclo DMAIC que, por sua vez, aborda as suas cinco fases bem como as ferramentas associadas às mesmas.

Assim, para o desenvolvimento destes conceitos referentes às temáticas referidas anteriormente recorreu-se a pesquisas abordadas em artigos científicos, livros e dissertações.

2.1 Qualidade

2.1.1 Definição

De acordo com Fisher & Nair (2009) aspetos relacionados com a garantia da qualidade do produto são perceptíveis desde há centenas de anos. Desde os finais do século XIII, que os artesões medievais começaram a desenvolver procedimentos formais para a qualidade do produto, inspecionando frequentemente as mercadorias e marcando as de alta qualidade com símbolos especiais. A qualidade revela-se, portanto, uma temática presente na humanidade ao longo da história.

Considerando o crescimento da economia, associada à globalização tecnológica, mudança cultural, a poluição ambiental e a exploração intensiva de recursos escassos, as organizações são forçadas a melhorar o dia-a-dia dos seus processos de modo a alcançar a competitividade no mercado e satisfazer as necessidades dos seus clientes. Posto isto, as organizações têm a necessidade de inovar, oferecendo aos seus clientes produtos de alta qualidade, a fim de satisfazer as suas necessidades (Pinto & Sampaio, 2020).

Esta necessidade de inovação é desencadeada pelo facto de os clientes se tornarem cada vez mais exigentes e mais bem informados e a sua vida depender cada vez mais do bom funcionamento de produtos de qualidade. De modo a responder a este reconhecimento da qualidade, é necessário fazer um uso adequado dos seus princípios, metodologias e ferramentas, ao mesmo tempo que os novos conceitos são desenvolvidos e projetados. Complementarmente, é necessário reinventar abordagens, atualizar as definições e adapta-las às organizações atuais e principalmente às futuras (Sampaio &

Saraiva, 2016). Desta forma, para uma empresa ter sucesso não é necessário ser a mais forte, mas sim a que melhor se adapta. A adaptabilidade de uma organização às mudanças do mercado e às novas exigências dos clientes é que determina o seu sucesso.

Segundo Pinto & Sampaio (2020) não existe uma definição concreta de qualidade, uma vez que é um conceito subjetivo que está diretamente relacionado com a perceção de cada individuo. Existem diversos fatores que podem influenciar diretamente a definição de qualidade tais como a cultura, o tipo de produto ou serviço, as necessidades e as expetativas. Como o termo tem várias utilizações, o seu significado nem sempre é claro e objetivo. A qualidade é um termo difícil de definir, mas fácil de reconhecer, estando associado a algo bom ou excepcional. Desta forma, a qualidade de um produto está relacionada com os seus atributos e características que podem ou não satisfazer as necessidades de um individuo. Assim, *Joseph Joran* define qualidade como sendo “Adequação ao uso” e *Kaory Ishikawa* interpreta como sendo “A habilidade para desenvolver, desenhar e criar (...) na maneira mais económica, útil e agradável para o cliente”. Complementarmente, *Armand Feigenbaum* afirma que a qualidade é “O melhor para alguns requisitos dos clientes, sendo eles: utilidade e preço de venda do produto”. Destaca-se ainda a definição de *Crosby* que interpreta como o cumprimento dos requisitos, defendendo os zero defeitos (Pinto & Sampaio, 2020).

A melhoria da qualidade ocorre através da realização de uma análise à causa raiz, que tem por objetivo aumentar continuamente a qualidade do produto ou serviço adaptando-se à evolução das necessidades dos clientes (Sweis et al., 2019). Assim, segundo Sampaio et al. (2012) à medida que as necessidades dos clientes aumentam e as iniciativas de melhoria de desempenho são implementadas, a qualidade deixa de ter apenas foco específico do produto para um foco em toda a organização. Um elevado nível de desempenho é, assim, frequentemente obtido através do trabalho de equipa, qualidade orientada ao cliente e dos processos em toda a organização (Al-Refaie et al., 2022).

2.1.2 Qualidade nos produtos

De forma a nivelar os esforços da qualidade de uma empresa é crucial garantir a satisfação do cliente, ouvindo diretamente a sua voz quanto à sua satisfação com o produto que recebeu (Sampaio & Saraiva, 2016). Deste modo, a qualidade dos produtos é um aspeto essencial para o sucesso de qualquer organização. Esta pode ser definida como a tradução das necessidades do cliente em características mensuráveis, de modo a que o produto possa ser projetado e transformado para oferecer satisfação a um preço acessível e que o cliente esteja disposto a pagar. No entanto, pelo facto de o cliente estar cada vez mais informado, revela-se uma tarefa difícil atingir a sua satisfação, uma vez que as suas

necessidades se encontram em constante mudança, aliada ao facto de outros concorrentes entrarem no mercado com novos produtos.

Desta forma, é necessário compreender as necessidades e requisitos dos clientes, bem como fornecer uma disciplina que se certifica que estas necessidades e requisitos são incorporadas nas características dos produtos. Com a finalidade de atender a voz do cliente, bem como traduzi-la em informação técnica para a criação e o desenvolvimento dos produtos, é crucial garantir que a qualidade requerida é alcançada (Pinto & Sampaio, 2020; Sampaio & Saraiva, 2016) .

Revela-se crucial a identificação dos requisitos ou necessidades dos clientes para se atingir altos níveis de qualidade, que permitam às organizações alcançar vantagens competitivas. *Garvin* definiu vários atributos que são fundamentais na qualificação de um produto por parte dos clientes, denominados dimensões da qualidade. Um desempenho negativo destas dimensões tem como consequência uma perspetiva má do cliente no que diz respeito ao produto.

Deste modo, segundo *Garvin* (1987) há nove dimensões ou categorias críticas de qualidade que podem servir de enquadramento para a análise estratégica: desempenho, características, fiabilidade, conformidade, durabilidade, serviço pós-venda, estética, segurança e outras perceções. No que diz respeito ao desempenho, este refere-se ao desempenho do produto relativamente às características básicas de funcionamento. Por sua vez, as características referem-se aos itens extra que suplementam as características básicas. Relativamente à fiabilidade esta reflete a probabilidade de um produto funcionar ou falhar num determinado período de tempo. Algumas medidas associadas à fiabilidade são o tempo médio até à primeira falha, o tempo médio entre falhas e a taxa de falha por unidade de tempo. Pelo facto destas características requererem que um produto esteja em funcionamento durante um período específico, são mais relevantes para produtos duradouros do que para produtos que são consumidos instantaneamente. Por sua vez, a conformidade diz respeito à satisfação de standards pré-estabelecidos de projetos relativas ao produto. Já a durabilidade refere-se ao tempo de vida do produto sendo que o fim de vida do produto ocorre quando o produto deixa de funcionar e não é tecnicamente possível ou economicamente viável proceder à sua reparação. O serviço pós-venda representa a facilidade em efetuar reparações, a sua rapidez e a competência de reparação. Relativamente à estética, esta representa como o produto se parece, como se sente, como se cheira, entre outros. Reflete um indicador de preferência pessoal. A segurança representa a liberdade de utilização sem causar danos ou ferimentos (*Garvin*, 1987). Por fim, outra perceção refere-se a perceções subjetivas baseadas na marca, sendo por vezes introduzidas através de publicidade ou através de um bom desempenho demonstrado e divulgado.

As duas primeiras dimensões consideradas, o desempenho e as características, correspondem às características funcionais do produto, sendo crucial ouvir o cliente e analisar o mercado de forma a defini-las adequadamente. Também a estética é uma dimensão que está relacionada com o gosto do cliente e que se deve definir tendo em conta a sua apreciação. Relativamente às dimensões fiabilidade, durabilidade e serviço pós-venda o desempenho é medido com base nas mesmas dimensões noutros produtos concorrentes existentes no mercado.

Assim, com esta abordagem é possível alcançar a satisfação do cliente, melhorar o processo interno de comunicação entre as diferentes áreas organizacionais, bem como priorizar a implementação de melhorias dos produtos.

2.1.3 Custos da qualidade

Nos últimos anos, as expectativas dos clientes por produtos de qualidade a um baixo custo está a aumentar. Os custos da qualidade são uma temática crucial no contexto da melhoria contínua, uma vez que, assim que contabilizados auxiliam no processo de seleção e priorização de áreas de melhoria, permitindo acompanhar a evolução das melhorias implementadas como também na dinamização do diálogo com a gestão de topo (Riley & Juran, 1999). O termo custos de qualidade é ambíguo no que toca à sua definição. Algumas pessoas equiparam “custos de qualidade” aos custos de baixa qualidade, como os custos de encontrar e corrigir trabalhos defeituosos, outros consideram o conceito como os custos para alcançar a qualidade e ainda há quem considere como os custos do funcionamento do departamento da qualidade (Riley & Juran, 1999). No entanto, o termo é usualmente associado aos custos de baixa qualidade. A comparação entre um *iceberg* e os custos da qualidade, representada na Figura 1, revela que a grande maioria dos custos de qualidade não são facilmente identificados pelas organizações (Borrer, 2009).

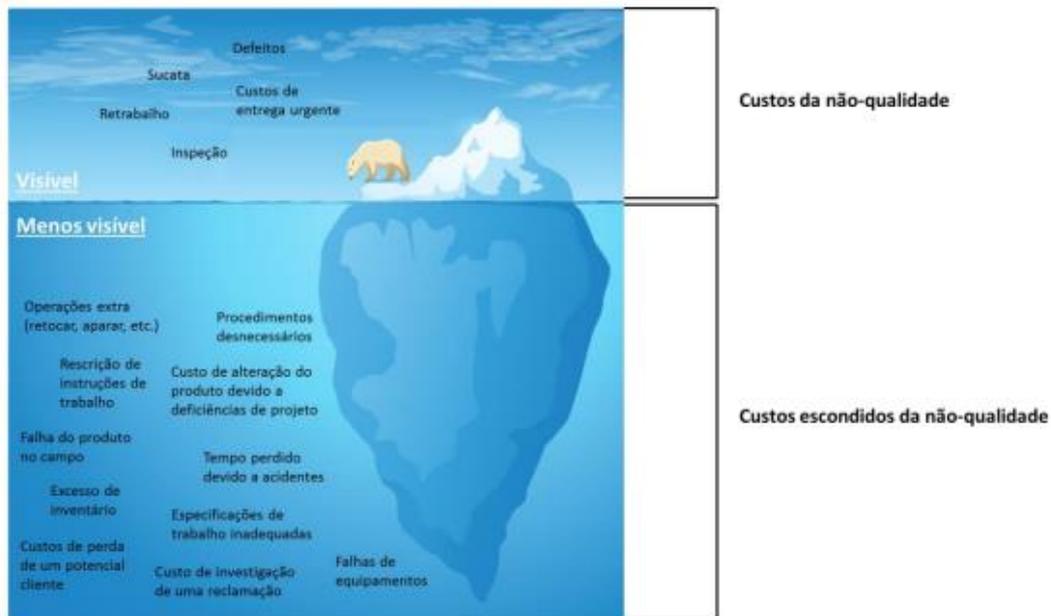


Figura 1: Ilustração dos custos da qualidade (Fonte: adaptado (Costa, 2018)).

Na zona visível do iceberg, estão presentes os custos da qualidade facilmente reconhecidos como o custo associado aos defeitos e ao retrabalho. Por sua vez, na zona não visível encontram-se os custos de difícil detecção que geralmente não são considerados pelas organizações, tais como os custos de perda potencial de cliente e os custos de investigação de uma reclamação.

Segundo Aoieong et al. (2002) a medição dos custos da qualidade proporciona vantagens como:

- Ajuda a identificar áreas problemáticas;
- Ajuda a reduzir os custos de não conformidade;
- Revela-se eficaz para a implementação do TQM (*Total Quality Management*);
- Proporciona consciência acerca da importância da qualidade.

Na literatura, é possível encontrar diversos modelos de classificação de custos da qualidade, no entanto, o modelo PAF é o mais antigo modelo de custos da qualidade bem como o mais utilizado pelas organizações (Srivastava, 2008). Na língua portuguesa, PAF é acrónimo de Prevenção, Avaliação e Falhas e tem como objetivo a divisão dos custos da qualidade em três subgrupos (Suthummanon & Sirivongpaisal, 2011; Borrór, 2009).

- Custos de prevenção: custos inerentes às investigações, com a finalidade de prevenir ou diminuir a ocorrência de defeitos. Como exemplo podem ser citados custos de formação, auditorias e programas de melhoria.

- Custos de avaliação: custos associados com a medição e, avaliação de produtos ou auditoria de serviços de forma a garantir o cumprimento dos requisitos de qualidade previamente definidos. São exemplos custos de inspeção, testes e auditorias de serviços.
- Custos de falha: custos incorridos com a correção de produtos ou serviços que não estão em conformidade com os requisitos de qualidade previamente estabelecidos na fase de concepção. Podem ser subdivididos em dois grupos:
 - Falhas internas: não conformidades detetadas antes do momento de entrega ao cliente, gerando custos de retrabalho e revisão de materiais.
 - Falhas externas: não conformidades detetadas após a entrega do bem ao cliente. São exemplo custos de processamento de reclamações de clientes e custos associados ao retorno de produtos. Normalmente, os custos associados a estas falhas são superiores ao de falhas internas.

Apesar de este modelo se revelar intuitivo, são apresentadas algumas lacunas associadas ao mesmo. Segundo Porter & Rayner (1992) e Aoieong et al. (2002) nem sempre é clara a associação de uma atividade apenas a um subgrupo. Além disso, os autores também apontam como falha a inexistência da quantificação de custos intangíveis associados à baixa qualidade como, por exemplo, a imagem dada à organização devido à baixa qualidade inerente à mesma. Apontam ainda o facto de se concentrar a atenção na redução dos custos ignorando o impacto positivo que a qualidade pode proporcionar nas vendas e nos preços dos produtos.

De acordo com o modelo de Riley & Juran (1999) os custos da qualidade resultam da soma dos custos que dizem respeito às falhas, prevenção e avaliação, sendo que existe uma relação entre eles (Figura 2).

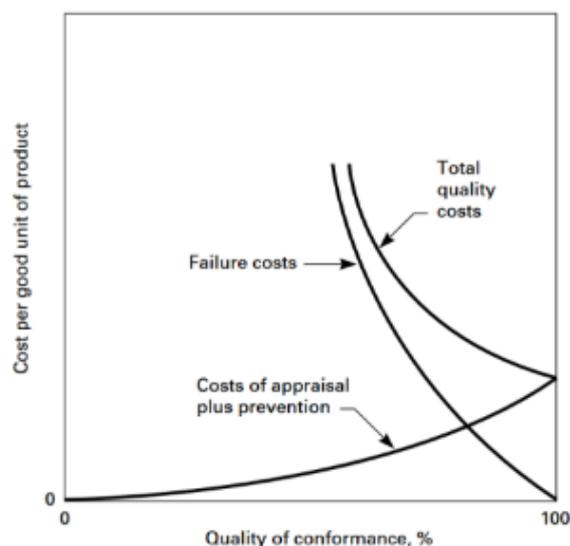


Figura 2: Custos da qualidade (Fonte: adaptado (Riley & Juran, 1999)).

Através da análise do gráfico é possível verificar que a curva da qualidade aumenta proporcionalmente ao investimento em atividades de prevenção o que resulta numa diminuição das falhas e conseqüentemente dos seus custos. Deste modo, é teorizado que a qualidade e os custos de prevenção e avaliação estão diretamente relacionados (Suthummanon & Sirivongpaisal, 2011). Assim, o principal objetivo deste modelo é atingir os 100% de conformidade do produto.

2.2 Gestão da qualidade

Segundo Sampaio & Saraiva (2016) através da gestão da qualidade as empresas podem melhorar o seu desempenho organizacional, a satisfação dos clientes, colaboradores e as relações com os fornecedores. Devido à globalização, a gestão da qualidade deve focar-se e considerar cada vez mais um conjunto amplo de questões envolvendo todas as partes interessadas.

As práticas de gestão de qualidade permitem ajudar não só na melhoria da qualidade dos produtos, como também na redução da sucata e de retrabalho, minimizando dessa forma os custos e o tempo de produção. Além disso, também permitem que todas as partes envolvidas desenvolvam o seu potencial e alcancem os seus objetivos, através da entreaajuda de forma a contribuir positivamente para o desempenho geral (Othman et al., 2019).

Se as organizações forem capazes de enquadrar a procura de qualidade e excelência no seu paradigma cultural, todos os aspetos do seu trabalho serão influenciados por estes princípios, que se revelam mais eficazes na resposta às mudanças repentinas do mercado, adaptando-se às mudanças e transformá-las em oportunidades (Carvalho et al., 2017).

Assim, segundo Sampaio & Saraiva (2016) hoje em dia a gestão da qualidade é um objetivo organizacional bem aceite em muitas organizações com resultados comprovados e tem-se revelado uma importante ferramenta de gestão durante as últimas décadas, envolvendo a aplicação de princípio e práticas da qualidade a todos os níveis da organização. Assim, a gestão da qualidade facilita a sobrevivência à globalização.

2.2.1 Triologia Juran

Tendo por base o objetivo das organizações de criarem um rumo na gestão da qualidade é crucial criar uma direção única que todos conheçam e que sejam estimulados a segui-la. Para isso, segundo Juran (1986) é necessário lidar com as não conformidades existentes numa organização, sendo elas:

- As múltiplas funções existentes nas organizações, ou seja, desenvolvimento de produtos, manufatura, entre outros;

- Os múltiplos níveis na hierarquia da companhia;
- As múltiplas linhas de produto: sistemas grandes e complexos, produção em massa, regulação de produtos, entre outros. Estes produtos diferem na tecnologia, mercados, restrições, etc.

Estas não conformidades revelam-se obstáculos na criação de uma visão única na direção a tomar, sendo que estes podem ser ultrapassados através da criação de um pensamento universal, isto é, uma forma universal de pensar a qualidade, que se enquadre em todas as funções. Deste modo, surge o conceito de trilogia da qualidade onde, segundo Juran (1986) a gestão da qualidade consiste em três processos básicos:

- Planeamento da qualidade;
- Controlo da qualidade;
- Melhoria da qualidade;

Cada um destes processos é universal e estão interligados. Primeiramente foca-se no planeamento da qualidade, que é um processo que trata da preparação para atingir os objetivos de qualidade resultando numa capacidade de produzir de acordo com os objetivos da qualidade. Segundo Juran (1986) os passos básicos de planeamento da qualidade são:

- Identificar os clientes internos e externos;
- Determinar as necessidades dos clientes;
- Desenvolver características dos produtos/serviços que respondem às necessidades dos clientes;
- Estabelecer objetivos de qualidade que vão de encontro às necessidades dos clientes e fornecedores fazendo-o ao menor custo possível;
- Desenvolver um processo que consegue produzir as características do produto necessárias;
- Provar a capacidade do processo- provar que o processo consegue responder aos objetivos de qualidade sob condições de operação.

Por sua vez, no que diz respeito ao controlo da qualidade, cujo objetivo é procurar atender aos objetivos de qualidade durante as operações, espera-se como resultado a condução das operações de acordo com o plano de qualidade. Os seus passos básicos de qualidade são:

- Escolher variáveis a controlar- o que controlar;
- Escolher a unidade de medição;
- Estabelecer padrões de desempenho;
- Medir o desempenho atual;
- Interpretar a diferença do atual vs o padrão;
- Implementar ações para culminar a diferença.

Por último, na melhoria da qualidade o processo deve alcançar níveis de qualidade sem precedentes. O objetivo desta estratégia é conduzir as operações a níveis de qualidade superiores ao desempenho planeado. Os seus passos básicos da qualidade, segundo Juran (1986) são:

- Provar a necessidade de melhoria;
- Identificar projetos específicos para a melhoria;
- Organizar para guiar projetos;
- Organizar para diagnóstico- necessidade de encontrar causas;
- Fornecer soluções;
- Provar que as soluções são efetivas sob as condições de operação;
- Fornecer controlo para monitorizar os ganhos.

Deste modo, a trilogia de Juran revela-se uma representação simples e completa de uma filosofia eficaz e eficiente para a gestão da qualidade, sendo uma filosofia aplicada com frequência (Godfrey & Kenett, 2007).

2.2.2 TQM

Segundo Othman et al. (2019) TQM (Total Quality Management) foi iniciada por *Walter Shewhart* no início da década de 1920, quando o controlo da qualidade do produto foi aplicado em conjunto com a teoria estatística. Nos anos 40, liderado por americanos como *Deming, Juran, Feigenbaum e Crosby*, o conceito foi novamente desenvolvido no Japão. O foco alargou-se à qualidade em todas as áreas da organização. Segundo Abbas (2020) o crescimento do mercado comercial, a regulamentação global para a proteção do ambiente e o aumento das preocupações com a qualidade e as características dos produtos forçaram as empresas a seguir estratégias tais como a gestão da qualidade total. O TQM tem sido amplamente reconhecido como um mecanismo que tem não só a capacidade de melhorar a organização bem como o desempenho individual e reforçar a vantagem competitiva. Este não só conduz ao aumento da rentabilidade das empresas, mas também aumenta a satisfação do cliente e dos seus colaboradores. Desta forma, a gestão da qualidade total tem como objetivo alcançar a melhoria contínua em todas as áreas de uma organização, uma vez que juntamente com a pressão das partes interessadas, os mercados empresariais altamente competitivos também forçam as organizações a orientarem as suas operações para a sustentabilidade, diferenciação e a redução dos custos (Abbas, 2020).

Segundo Dahlggaard-Park (2011) os princípios associados ao TQM são:

- Foco no cliente;

- Compromisso com a gestão;
- Melhoria contínua;
- Envolvimento total das pessoas;
- Trabalho de equipa;
- Foco no processo;
- Tomada de decisão baseada em evidências;
- Formação contínua;
- Relação próxima com os fornecedores;
- Uso de aproximações sistemáticas;
- Redução dos custos de qualidade.

Segundo Antunes et al. (2021) a filosofia TQM é uma abordagem revolucionária que adota melhorias sistemáticas de qualidade com o objetivo de aumentar a satisfação das necessidades do cliente, aumentar a produtividade e permitir maior rentabilidade. Além disso, as práticas de TQM procuram continuamente melhorar e sustentar a qualidade de produtos e processos relacionados através da redução da variação dos mesmos, aumentando assim a sua eficiência, fiabilidade e qualidade (Al-Refae et al., 2022).

2.3 Seis Sigma

Existem diversos métodos cruciais na busca pela melhoria da qualidade nomeadamente o Seis Sigma. Segundo Zaini & Saad (2019) o Seis Sigma foi introduzido a primeira vez na Motorola nos EUA em 1985 como um modelo de processo de fabrico, surgindo da necessidade de dar resposta à crescente competitividade das empresas. Revela-se uma abordagem bem estabelecida que procura identificar e eliminar defeitos, erros ou falhas nos processos ou sistemas empresariais, concentrando-se nas características de desempenho do processo que são de maior importância para o cliente (Albliwi et al., 2015).

Segundo Chugani et al. (2017) o Seis Sigma é definido como um sistema para alcançar, manter e maximizar os negócios bem-sucedidos o que lhe deu credibilidade para ganhar popularidade uma vez que se revela útil a economizar custos e aumentar a eficiência, sendo atualmente utilizado por diversas organizações para melhorar os seus processos. Segundo Borrer (2008) as empresas estão a utilizar o Seis Sigma não só para reduzir os defeitos, mas também como um catalisador para mudar a sua cultura e ter impacto na maneira como os trabalhadores se envolvem no seu trabalho. Segundo o autor, ao utilizar uma estratégia Seis Sigma, as organizações podem compreender as ameaças e reconhecer novas

oportunidades de crescimento não só para sobreviver, mas também para prosperar em ambientes competitivos. Assim, segundo Wartati et al. (2021) a metodologia Seis Sigma revela-se crucial na melhoria contínua das organizações, promovendo melhorias e a luta pela excelência na qualidade e na satisfação do cliente, nomeadamente na redução de defeitos.

2.3.1 Seis Sigma numa perspetiva estatística

No âmbito do Seis Sigma, o termo sigma representa a variabilidade associada aos processos produtivos, produtos e serviços relativamente a um valor nominal, sendo o seu valor inversamente proporcional à qualidade (Henderson & Evans, 2000).

Segundo Zhang et al. (2015) através da tradução dos requisitos do cliente, obtém-se as especificações do processo, definidas como um valor nominal, ou um valor alvo, bem como os respetivos limites - Limite Inferior de Especificação (LIE) e Limite Superior de Especificação (LSE). À medida que se vai reduzindo a variação dos valores na ordem do Seis Sigma, que é o objetivo desta metodologia, menor é a quantidade de defeitos produzidos, uma vez que a probabilidade de se obter valores fora do Limite Inferior de Especificação (LIE) e Limite Superior de Especificação (LSE) diminuirá (Sindha & Suthar, 2017). Na Figura 3, está apresentada a curva de distribuição normal para uma característica da qualidade com os limites de especificação a três desvios padrões do valor médio.

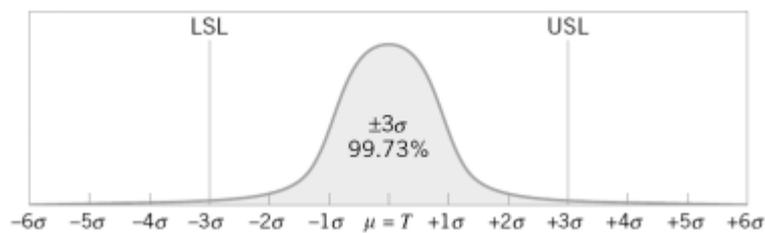


Figura 3: Distribuição normal centrada no valor médio (Fonte: adaptado (Montgomery & Woodall, 2008)).

Segundo Mehrjerdi (2011) e Pande et al. (2000) o objetivo da metodologia é a redução dos valores para uma variação em torno do valor nominal na ordem dos 6 sigma (Figura 4). Uma variação de 6 sigma é traduzida em termos operacionais numa taxa de produtos conformes em 99,9997%.

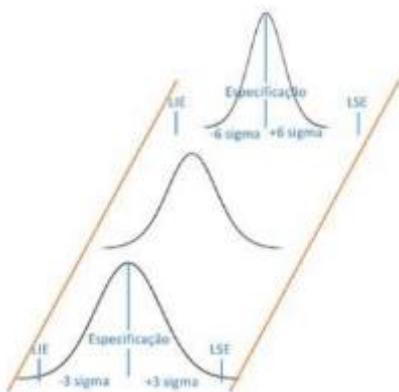


Figura 4: Evolução do nível sigma (Fonte: adaptado (Lopes, 2015)).

À medida que o desvio padrão aumenta, maior será a variabilidade do processo o que, conseqüentemente, conduz a menores lucros para a organização e redução da qualidade dos produtos e serviços aumentando, deste modo, a quantidade de defeitos produzidos (Stanivuk et al., 2020).

Segundo Montgomery & Woodall (2008) nenhum processo é realmente estável e, nas melhores situações, podem ocorrer perturbações resultantes do desvio padrão da média do processo ou no aumento do desvio padrão ou ambos em simultâneo. Deste modo, o autor considera que a longo prazo a média do processo tende a variar +/- 1,5 sigma, ficando assim o LSE e o LIE a 4,5 sigma da média do processo resultando em 3,4 PMM e 99,999660% dos produtos de acordo com as suas especificações (Figura 5).

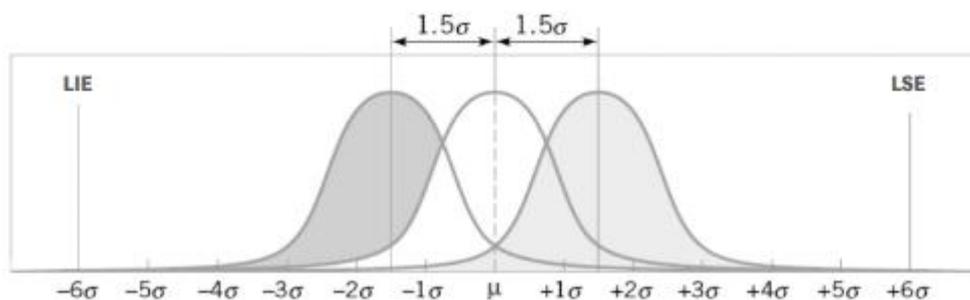


Figura 5: Distribuição normal com média desviada $\pm 1,5\sigma$ do valor médio (Fonte: adaptado (Montgomery & Woodall, 2008)).

Deste modo, na Tabela 1 estão sintetizadas as percentagens inerentes a cada nível sigma bem como os defeitos por milhão de oportunidades, o nível de qualidade e custo estimado de baixa qualidade.

Tabela 1: Nível Sigma, Defeitos por Milhão de Oportunidades e Custos de Baixa Qualidade (Fonte: adaptado (Guimarães, 2021)).

Sigma	DPMO	Nível de Qualidade	Custo Projetado da Baixa Qualidade em relação aos custos de produção
1	690.000	31%	>40%
2	298.000	69,1%	20-40%
3	67.000	93,3%	15-30%
4	6.210	99,4%	10-20%
5	230	99,98%	5-10%
6	3,4	99,9997%	0-5%

2.4 Ciclo DMAIC

O método Seis Sigma começa por reconhecer elementos críticos para a qualidade de um processo com a finalidade de fornecer sugestões de melhoria relacionadas com os defeitos que surjam. Este possui assim passos mensuráveis de melhoria que resultarão na redução do custo e no aumento da satisfação do cliente para manter a sustentabilidade da empresa como um todo (Trimarjoko et al., 2020). Estes passos estão associados a uma metodologia integrante do Seis Sigma, o ciclo DMAIC, que se trata de uma abordagem estruturada na resolução de problemas sendo o acrónimo de cinco fases: definir, medir, analisar, melhorar e controlar. A utilização do DMAIC para abordar sistematicamente problemas ajuda a identificar as causas-raiz através de um conjunto de ferramentas e técnicas em cada etapa (Wartati et al., 2021).

Complementarmente, a metodologia DMAIC fornece uma visão completa e uma profunda compreensão dos processos através de dados quantitativos e qualitativos, permitindo tomar decisões com base em indicadores comprovados e significativos para melhorar o desempenho do processo (Rodriguez et al., 2022). Segundo Alshamlan et al. (2022) o ciclo DMAIC revela-se uma das melhores ferramentas para melhorar os processos.

As fases da metodologia DMAIC estão representadas na Figura 6.

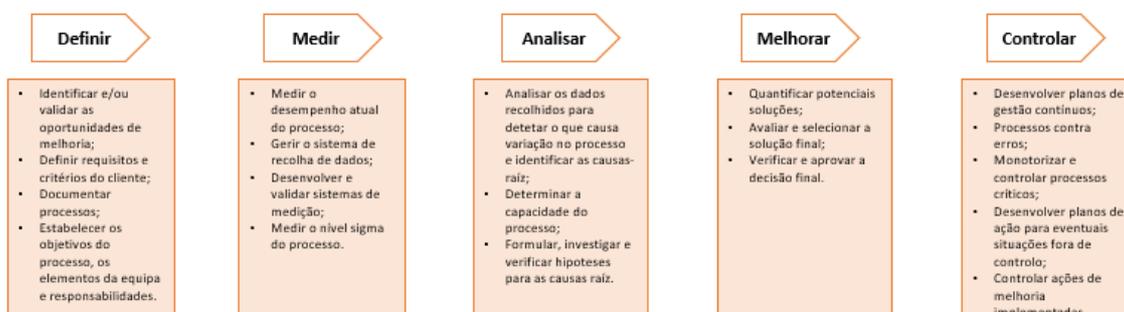


Figura 6: Ciclo DMAIC (Fonte: adaptado(Montgomery & Woodall, 2008)).

Segundo Montgomery & Woodall (2008) a estrutura do processo DMAIC incentiva os participantes do projeto a possuírem um pensamento criativo sobre os problemas encontrados bem como possíveis soluções às diversas questões que surgem ao longo do projeto. Uma vez que a metodologia DMAIC está estruturada de acordo com uma determinada lógica, é crucial estudar a evolução do projeto, o desempenho dos membros da equipa destacada, organizar e solucionar determinados possíveis obstáculos bem como delinear estratégias verificando se todas as etapas foram cumpridas (Montgomery & Woodall, 2008). Embora a metodologia tenha uma estrutura estabelecida, a meio do processo é possível voltar às fases anteriores, no caso de ser necessário efetuar alguma alteração de modo a apoiar no sucesso do projeto (Mast & Lokkerbol, 2012).

De seguida serão descritas pormenorizadamente as diferentes fases do ciclo DMAIC, especificando a importância de cada uma delas ao longo dos projetos.

2.4.1 Fase definir

A primeira fase de um projeto de implementação Seis Sigma apoiado no ciclo DMAIC é a fase definir. Como em qualquer projeto, a primeira fase passa pela identificação de uma necessidade que se traduz num objetivo de melhoria que, por sua vez, deve ser delineado com as partes interessadas de modo a ser relevante para a organização (George, 2005). Os principais objetivos desta fase são a definição do problema fundamental, a definição do foco do projeto, a identificação da voz do cliente, o mapeamento do processo (identificação das entradas e saídas do processo) e a seleção da equipa de trabalho. Complementarmente, esta fase determina a viabilidade e do impacto do projeto, em termos de custos versus benefícios, a estipulação das metas a atingir e a identificação de toda a informação e requisitos necessários para o desenvolvimento do mesmo (Mast & Lokkerbol, 2012). Além disso, nesta primeira fase, juntamente com a definição do projeto, são estabelecidas as metas a atingir em nível sigma, tendo por base os requisitos do cliente e as suas limitações (Kumar et al., 2007).

De forma a apoiar os responsáveis pela melhoria nesta fase, Antony (2006) definiu um conjunto de atividades a desenvolver ao longo desta primeira fase:

- Definir o problema (como um projeto) de forma sucinta e explícita;
- Identificar as partes interessadas;
- Compreender a ligação entre o problema em questão e a criticidade do problema do ponto de vista do cliente;
- Efetuar um mapeamento simples dos processos a montante e a jusante de modo a determinar onde se encontra o problema;

- Estabelecer as entradas, saídas e os vários controlos do processo;
- Formar uma carta de projeto Seis Sigma que ilustre claramente os papéis das pessoas e as suas responsabilidades no âmbito do projeto bem como definir os recursos necessários para o projeto em questão e os limites do projeto e os principais benefícios para os clientes externos;
- Identificar o patrocinador do projeto e as partes interessadas e determinar se o projeto vale o esforço através de uma análise custo-benefício;
- Identificar todos os clientes (tanto interno como externos) e justificar como este problema está ligado à satisfação do cliente.

Assim, a fase definir trata-se de uma compreensão do processo, do estado inicial do processo e uma caracterização desse estado inicial de modo a definir-se o estado futuro e para onde se pretende que o projeto evolua.

Uma ferramenta bastante utilizada nesta fase é o *Project Charter*. Segundo Mckeever (2006) é uma ferramenta de planeamento utilizada no início do projeto e revela-se um instrumento de comunicação que pode ser continuamente referenciado. É utilizada como um guia de referência rápido do projeto, referindo o porquê de estar a ser feito, quem está envolvido, bem como os seus papéis e responsabilidades, calendário e abordagens gerais. Assim, fornece uma visão geral consolidada e resumida do projeto (Mckeever, 2006).

Outra ferramenta bastante recorrente nesta fase é o SIPOC. Segundo Borrer (2008) o diagrama de SIPOC é um mapa de processo de alto nível usado para identificar os aspetos de maior destaque no processo como as saídas, ou seja, os produtos, informação e serviços prestados e os clientes, quem recebe as saídas do processo, de modo a captar a voz do cliente.

Destaca-se ainda o fluxograma. Segundo Neyestani (2017) um fluxograma apresenta uma imagem esquemática que indica uma série de símbolos que descrevem a sequência de passos existentes numa operação ou processo. Este pode ser desenvolvido com o conhecimento das pessoas diretamente envolvidas no processo (Samy et al., 2017). Além disso, um fluxograma demonstra esquematicamente as entradas, atividades, pontos de decisão e resultados permitindo uma fácil compreensão relativamente ao objetivo geral do processo (Neyestani, 2017). Assim, através do fluxograma compreende-se como o processo funciona e permite identificar oportunidades de melhoria. Segundo (Albuquerque, 2012), apresenta vantagens como definir claramente os limites do processo, ajuda na formação de novos funcionários recorrendo à utilização de símbolos simples, permitindo ter uma visão global do processo, entre outras.

2.4.2 Fase medir

A segunda fase do ciclo DMAIC, a fase medir, envolve a recolha de dados em tempo real, de modo a medir o desempenho atual (Kuvvetli & Firuzan, 2019). Para tal, o conhecimento do processo não deve ser apenas aquilo que se julga que acontece ou que está descrito em papel (Chen & Lyu, 2009). Por vezes, pode-se ter uma ideia errada do processo que pode ser corrigida com a observação direta do mesmo. Estas discrepâncias entre o esperado e a realidade pode levar à descoberta de propostas de melhoria. Com este intuito, é comum realizar-se um mapa de processo (Kumar et al., 2006). Após esta recolha de dados é realizado um estudo prévio com o objetivo de desenvolver métricas que reflitam não só o desempenho dos produtos ou serviços, mas também características da qualidade e satisfação do cliente, nas quais os esforços de melhoria serão baseados (Hess & Benjamin (2015)).

Assim, nesta fase, Antony (2006) definiu algumas ações que devem ser seguidas ao longo desta fase:

- Medir o desempenho atual do processo (rendimento do processo, DPMO, capacidade de resposta no curto e longo prazo);
- Definir o que deve ser medido, ou seja, identificar as características críticas para a qualidade (CTQ) e que requerem melhorias;
- Estabelecer um sistema de medição simples que seja capaz de medir de forma adequada o desempenho do sistema;
- Analisar o desempenho do processo a ser tratado em comparação com os outros por meio de exercícios de *Benchmarking*;
- Identificar os pontos fortes e os pontos fracos e determinar assim as lacunas e oportunidades de melhoria.

Assim, o objetivo principal é recolher dados que permitam realizar análises que permitam melhorar o processo.

Nesta fase recorre-se bastante à utilização do diagrama de Pareto. Segundo Neyestani (2017) é um tipo especial de histograma que pode ser facilmente aplicado para encontrar e dar prioridade a problemas da qualidade, condições ou as suas causas nas organizações. Organiza os itens por ordem de grandeza da sua contribuição, identificando assim os itens que exercem maior influência (Magar & Shinde, 2014). Assim, segundo Borrer (2008) o objetivo do gráfico de Pareto é identificar as poucas “áreas vitais” que contribuem para a maior frequência ou a frequência relativa de um conjunto de dados e separar os vitais dos triviais. Este gráfico representa a regra dos 80/20 inicialmente elaborada para explicar fenómenos económicos pelo economista italiano Vilfredo Pareto e mais tarde adaptado à qualidade por *Juran* e

Gryna. A regra 80/20 permite aos utilizadores concentrarem-se nos cerca de 20 por cento dos fatores que apresentam 80 por cento dos potenciais problemas (Borrór, 2008).

Outra ferramenta utilizada nesta fase são as cartas de controlo. Segundo (Reid & Sanders, 2020) as cartas de controlo servem para avaliar se um processo está a funcionar dentro das expectativas em relação ao valor medido. Para avaliar se o processo está ou não sob controlo, medimos regularmente a variável de estudo e colocamos no gráfico de controlo, que tem uma linha no centro representando o valor médio dessa variável. Por sua vez, acima e abaixo da linha central são traçadas duas linhas, o limite superior de controlo e o limite inferior de controlo. Estes gráficos de controlo permitem distinguir causas comuns das causas especiais. As causas comuns encontram-se dentro dos limites no gráfico de controlo e resultam de variações inerentes ao processo e geralmente não são controláveis. São exemplos destas causas as variações nas matérias-primas e variações de temperatura e humidade do ambiente. Por sua vez, as causas especiais vão se manifestar fora dos limites de controlo e não fazem parte do normal funcionamento do processo e quando detetadas conseguem normalmente ser removidas ou ajustadas. São exemplos destas causas desgastes de ferramentas, mudanças de matéria-prima e equipamentos partidos. Assim, o principal objetivo dos gráficos de controlo é ajudar na deteção de causas especiais de modo a poderem ser tomadas medidas adequadas (Borrór, 2008).

2.4.3 Fase analisar

O principal objetivo desta fase é a utilização dos dados recolhidos na fase precedente de forma a decompor o problema e identificar as diferentes fontes de defeitos (Montgomery & Woodall, 2008). Esta identificação e localização permite estabelecer um conjunto de potenciais causas e determinar as relações causa-efeito que estas têm no processo, através do desenvolvimento de hipóteses (Uluskan, 2016). Estas hipóteses devem ser suportadas, preferencialmente, com o recurso a dados, de modo a sustentar a identificação posterior das causas-raiz do problema.

Nesta fase, alguns passos a seguir segundo Antony (2006) são:

- Descobrir as causas raiz dos problemas dos processos;
- Compreender o impacto dos problemas quer seja no processo quer no consumidor;
- Priorizar os problemas para investigar posteriormente;
- Compreender a natureza dos dados e a distribuição ou padrão dos dados;
- Determinar as principais variáveis do processo que podem estar associadas ao problema;
- Quantificar financeiramente a oportunidade de melhoria, isto é, efetuar uma estimativa de benefícios financeiros potenciais.

Assim, esta fase está relacionada com a fase anterior uma vez que é a fase onde se analisam os dados, extraíndo deles informação que vai permitir identificar as causas do problema e encontrar a causa raiz. Nesta fase recorre-se bastante ao diagrama de causa-efeito. O diagrama de causa-efeito revela-se uma abordagem para enumerar as causas possíveis para um determinado problema (Joshi & Jugulkar, 2014). Os diagramas de causa efeito são utilizados em situações de resolução de problemas e na análise de fatores, ou seja, causas relacionadas com um problema ou oportunidade, isto é efeito, com a finalidade de resolver o problema ou ajudar a equipa a perceber quais desses fatores podem causar o efeito. As causas específicas para estes problemas podem ser exploradas através de *brainstorming* e o desenvolvimento do diagrama requer que as partes envolvidas reflitam sobre todas as causas possíveis de má qualidade (Reid & Sanders, 2020). Albuquerque (2012) apresenta vantagens como separar as causas dos efeitos, identificar as várias causas de um mesmo efeito e visualizar de forma clara as causas possíveis para um mesmo efeito. Revela-se, assim, um instrumento eficaz para proporcionar sistematicamente ideias sobre as causas dos problemas e para apresentar estas ideias de forma estruturada (Magar & Shinde, 2014).

Outra ferramenta bastante utilizada é a árvore de falhas. Segundo Billinton & Allan (1996) nesta ferramenta uma condição de falha é considerada, o evento de topo, sendo posteriormente construída a árvore de modo a identificar as diversas combinações que conduziram a esse modo de falha. Segundo os autores a técnica é recorrentemente utilizada como um método de avaliação qualitativa com a finalidade de auxiliar a compreensão de como o sistema pode falhar, bem como que medidas podem ser usadas para superar essas falhas.

2.4.4 Fase melhorar

Esta fase foca-se na implementação de possíveis soluções para as causas de variabilidade prioritárias identificadas na fase de análise selecionando-as (Tenera & Pinto, 2014). Nesta fase devem ser respondidas as questões relativamente aos critérios que serão utilizados para avaliar as potenciais soluções, a definição do plano de teste dessas soluções, avaliar quais os riscos e o impacto da implementação e identificar os recursos necessários (capital, esforço, tempo) para executar as soluções (Jirasukprasert et al., 2015). Caso não seja possível eliminar todos os problemas, deve-se conter o mais possível a manifestação da causa-raiz relacionada (Sindha & Suthar, 2017).

Desta forma, segundo Antony (2006) nesta fase devem se seguir os seguintes passos:

- Desenvolver potenciais soluções para corrigir os problemas e evitar que estes se repitam;
- Avaliar o impacto de cada solução proposta;

- Analisar as soluções que têm alto impacto na satisfação do cliente e na economia de resultados para a organização precisam de ser examinadas para determinar quanto tempo, esforço e capital serão gastos para a sua implementação;
- Avaliar os riscos associados às soluções propostas;
- Validar a melhoria através de ferramentas matemáticas;
- Reavaliar o impacto da solução proposta.

Assim, tem como principal objetivo implementar as melhorias sobre a causa raiz que pretendemos ver executadas.

Realça-se nesta fase a utilização da ferramenta matriz de priorização. Segundo Borrór (2008) o objetivo da matriz de prioridades é ajudar as pessoas a medir/avaliar as relações a partir de uma matriz ou análise de árvores relativamente a um esquema de ponderação e critérios de decisão, de modo a estabelecer prioridades de implementação. Outra ferramenta usada nesta fase é o *benchmarking*. *Benchmarking* é o processo pelo qual as organizações avaliam o seu desempenho em comparação com a sua concorrência ou com as melhores práticas encontradas internamente nas organizações. Deste modo, o benchmarking pode ajudar uma organização novas ideias e métodos para melhorar a eficácia operacional (Borrór, 2008).

2.4.5 Fase de controlo

Assim, o propósito desta fase é assegurar que as melhorias implementadas na fase anterior se mantêm no sistema e que os resultados se continuem a demonstrar (Antony et al., 2012). Além disso, devem-se definir mecanismos de controlo e de medição, manter as melhorias alcançadas e ainda desenvolver, documentar e implementar um plano de monitorização e padronização do processo com a finalidade de evitar a reincidência do problema. Esta etapa tem, também, a possibilidade de testar a metodologia adotada noutros processos na empresa, de forma a aproveitar o conhecimento adquirido (Montgomery & Woodall, 2008).

Nesta fase, a lista de ações a tomar são, segundo (Antony, 2006):

- Desenvolver ações corretivas para sustentar o melhor nível de desempenho dos processos;
- Desenvolver novos padrões e procedimentos para garantir benefícios a longo prazo;
- Implementar planos de controlo de processo e determinar a capacidade do processo;
- Verificar os benefícios obtidos pelas ações de melhoria;
- Documentar os novos métodos e procedimentos;
- Formalizar a documentação e divulgar as principais lições aprendidas no projeto;

- Publicar os resultados internamente e reconhecer a contribuição dos colaboradores da equipa do projeto.

Assim, esta última fase incide principalmente na sustentação dos ganhos obtidos.

2.5 Fatores de sucesso e limitações

O Seis Sigma está a tornar-se cada vez mais popular entre as organizações de várias indústrias (Smętkowska & Mrugalska, 2018).

Segundo Jirasukprasert et al. (2015) o Seis Sigma e a metodologia DMAIC revelam-se abordagens eficazes na melhoria do processo, reduzindo a quantidade de defeitos. Segundo Mehrjerdi (2011) para implementar o Seis Sigma numa organização é necessário seguir alguns passos que se revelam cruciais para o seu êxito, nomeadamente:

- Introduzir o caso bem estudado para a mudança;
- Iniciar o projeto de forma cautelosa;
- Escolher uma equipa para a sua implementação;
- Criar uma base de trabalho adequada;
- Envolver a equipa em todas as fases de trabalho;
- Criar uma comunicação contínua entre todos os elementos envolvidos no projeto.

Além disso, estes projetos Seis Sigma têm de ser cuidadosamente planeados, selecionados e revistos de modo a maximizar o sucesso da sua implementação, tornando-se viável, financeiramente benéfico e orientado para o cliente (Mehrjerdi, 2011).

No entanto, segundo Antony (2006) tal como outras iniciativas de melhoria da qualidade, o Seis Sigma apresenta algumas limitações, entre elas:

- O desafio de ter dados de qualidade disponíveis;
- Em alguns casos existe frustração dado o elevado custo de implementação das soluções apresentadas;
- Existência de poucas ferramentas para priorizar os projetos, sendo este um ponto crucial para o sucesso da implementação do Seis Sigma;
- Devido à crescente exigência do mercado, os CTQ's de hoje poderão não ser os mesmos de amanhã levando à necessidade de os examinar criticamente em todos os momentos e atualizando conforme o necessário.

Além disso, segundo Kumar et al. (2007) a tarefa mais difícil associada à implementação do Seis Sigma foi convencer a gestão de topo, uma vez que não estavam comprometidos em melhorar a qualidade dado que associavam investir na qualidade a aumentar os custos de produção. Além disso, os colaboradores também sentiram que através de novas implementações os seus lugares seriam postos em perigo.

Embora apresente algumas limitações, Jirasukprasert et al. (2015) acreditam que se as organizações continuarem a utilizar o Seis Sigma dentro da sua cultura de melhoria contínua e aplicarem os seus conceitos e princípios para resolver sistematicamente os problemas de qualidade, alcançarão benefícios como poupança de custos, aumento da qualidade dos produtos e satisfação cliente. É exemplo disso o projeto realizado por Morais (2014) onde através da aplicação da metodologia Seis Sigma conseguiu uma redução de 42,13% do número de falhas. Recorrendo à mesma metodologia Cruz (2021) alcançou uma redução de 14.161,5€ num ano. Em suma, a implementação destes projetos revela-se crucial para a vantagem competitiva atualmente disputada pelas organizações.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo, será realizada uma apresentação da empresa onde decorreu este projeto. Numa primeira fase, é feita uma apresentação da APTIV a nível mundial de modo a dar uma perceção da sua dimensão. Numa segunda fase, é descrita sucintamente a história da APTIV em Braga, onde serão referidos alguns dos seus valores e a missão bem como os principais clientes e produtos produzidos. Por fim, serão apresentados os processos produtivos relativos às diferentes áreas da empresa Aptiv Braga, inclusive a linha alvo de estudo.

3.1 Grupo Aptiv

A Aptiv é uma empresa norte americana, cuja área de negócio incide no fornecimento de componentes eletrónicos na indústria automóvel. Sediada em Dublin, a Aptiv tem cerca de 124 fábricas espalhadas por 44 países e 160 000 colaboradores. Na Figura 7 estão representados a nível mundial os principais centros técnicos e fábricas da Aptiv.



Figura 7: Localização dos principais centros técnicos, fábricas e centro R&D da Aptiv.

A nível nacional, a Aptiv possui três instalações, nomeadamente, duas unidades produtivas em Braga, nas áreas da eletrónica e da segurança e Castelo Branco, nos sistemas elétricos e eletrónicos e um centro técnico localizado em Lumiar (Figura 8).



Figura 8: Aptiv em Portugal.

3.2 Aptiv Braga

A presente dissertação foi desenvolvida nas instalações da Aptiv Braga. Esta surgiu em 2017 como consequência do desmembramento da *Delphi Automotive* originando, deste modo, duas empresas distintas: a Aptiv, responsável pela área *Advanced Safety & User Experience & Power Solutions* e a *Delphi Technologies*, responsável pelo setor *Powertrain*.

Atualmente, emprega aproximadamente 1000 colaboradores e as suas instalações totalizam 4 edifícios, ocupando um total de 33 000 m², representadas na Figura 9.



Figura 9: Aptiv de Braga.

O edifício 1 é constituído pela área administrativa, pela área produtiva responsável pelo fabrico de componentes eletrónicos e pela área dedicada ao armazenamento de matéria-prima. Por sua vez, o edifício 2 é composto pela área de produção de componentes plásticos que são consumidos na montagem final do edifício 1, na área de montagem de sistemas de controlo, alguns autorrádios e no armazém de produtos acabados. O edifício 3 é responsável pela armazenagem de produtos acabados. Por fim, no edifício 4 está localizado o Técnico de Investigação e Desenvolvimento, cuja função é desenvolver novos produtos.

O foco da organização é a produção de autorrádios, sistemas de navegação, *displays* e sistemas de controlo incorporando, consequentemente, uma vasta gama de produtos. A totalidade dos seus produtos é exportada para os maiores fabricantes da indústria automóvel como a *Peugeot e Citroen, Porsche, Fiat, Renault, Audi, BMW, Ferrari, Volvo, Volkswagen*, entre outros (Figura 10).



Figura 10: Principais clientes e produtos da Aptiv.

3.2.1 Missão

A missão da Aptiv foca-se em três princípios orientadores: segurança, ambiente e conectividade. A Aptiv lidera a indústria em tecnologia de segurança avançada, tendo como principais objetivos os zero acidentes mortais, zero feridos e zero acidentes. Além disso, foca a produção para a sustentabilidade, minimizando o impacto ambiental dos seus produtos durante o seu ciclo de vida. Para isso, têm soluções de alta tecnologia que contribuem para o desenvolvimento e adoção de uma maior eletrificação dos veículos que reduzem a emissão do CO₂ e aumenta a economia do combustível. Complementarmente, persegue iniciativas de redução de emissões, os resíduos e os consumos de água em todos os processos que operam. Cada vez mais os consumidores pretendem que os seus automóveis tenham a mesma conectividade que pretendem ter nas suas casas e telemóveis. Assim, o *software* da Aptiv permite uma conectividade perfeita entre os veículos, os seus passageiros e o ambiente em que operam.

3.2.2 Visão

A cultura de excelência existente na Aptiv representa os valores pelos quais se regem. Assim, a Aptiv joga para ganhar, ou seja, em todos os projetos que aceita, fá-lo para ser a melhor. Além disso, age com urgência, ou seja, rapidez na resposta é um dos objetivos presentes. Também se foca no trabalho em equipa, onde o objetivo é existir entreadajuda tendo sempre paixão em atingir os resultados pretendidos. Além disso, na Aptiv pretende-se que todos trabalhem como se fossem os donos da mesma, de modo a

querer sempre o melhor, agindo sempre com respeito com todas as partes interessadas do processo (Figura 11).



Figura 11: Valores da Aptiv.

3.3 Processo produtivo

Como referido anteriormente, a Aptiv de Braga tem dois edifícios dedicados à produção de componentes sendo que neste capítulo será realizada uma breve explicação do processo produtivo de cada um deles.

3.3.1 Áreas produtivas do edifício 1

O processo produtivo de edifício 1 é constituído por três secções: a interseção automática de componentes eletrónicos, SMT (*Surface Mount Technology*), inserção manual de componentes eletrónicos, CBA (*Circuit Board Assembly*) e Montagem Final (Figura 12).

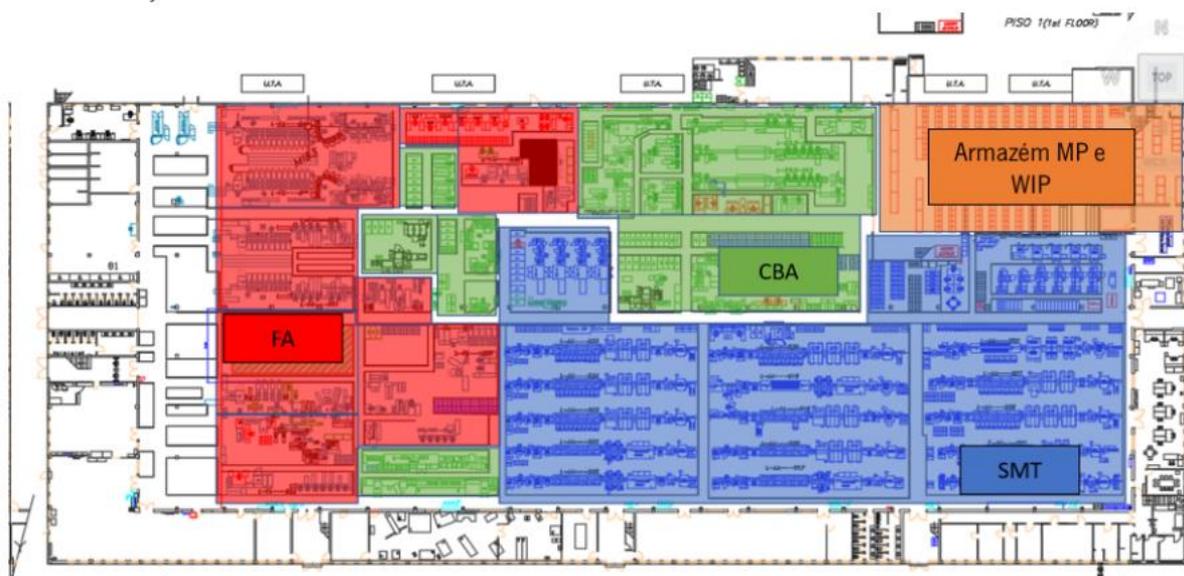


Figura 12: Layout do edifício 1.

SMT

O processo começa com a gravação de um código QRC (*Quick Response Code*) nas placas através do processo de Laser Marking de forma a rastrear cada uma delas obtendo informação do histórico de montagem ao longo do processo, facilitando a identificação de defeitos e a respetivas causas. Além disso, efetua-se a programação dos *Integrated Circuits* (IC), componentes que serão colocados nas placas eletrónicas, denominadas Printed Circuit Boards (PCB), de forma a programar a memória dos componentes de acordo com as especificações dos produtos. As placas são, posteriormente, encaminhadas para as linhas de inserção automática de componentes eletrónicos, SMT, onde recebem uma camada de pasta de solda que fixa os componentes eletrónicos na placa. Seguidamente a placa passa por um processo de inspeção (*Solder Paste Inspection, SPI*) que tem como objetivo controlar a qualidade e a colocação correta do reflow. As PCB onde se detete erros de qualidade são encaminhadas para refugo uma vez que não é recomendado fazer reparações às mesmas. Posteriormente, através da máquina *Pick and Place* são inseridos automaticamente os componentes na placa e a soldadura que permitirão a fixação dos componentes eletrónicos, seguida de outra inspeção visual (*Automatic Visual Inspection*) de modo a detetar a existência de defeitos ocorridos nas etapas anteriores. Se forem detetados são considerados imediatamente refugo. No fim do processo, as placas podem ser montadas em *arrays*, duas ou mais placas de cada vez, e são encaminhadas para a secção de CBA. O processo anteriormente descrito pode ser visualizado na Figura 13.

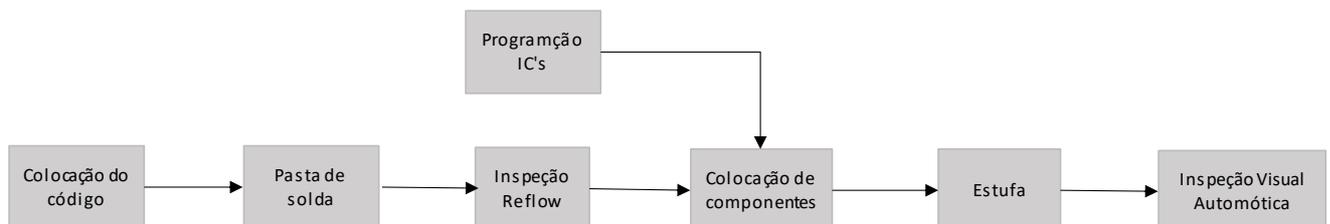


Figura 13: Fluxo produtivo da área de SMT.

CBA

Por sua vez, na secção CBA ocorre a montagem manual dos componentes eletrónicos de maiores dimensões nas placas que não podem ser inseridos nas máquinas de inserção automática. Numa primeira fase, as placas passam pela zona do *In Circuit Test* (ICT), sendo coladas nas máquinas, onde é efetuado um teste elétrico com a finalidade de verificar se os componentes estão corretamente inseridos, a funcionar corretamente e se não existem curto-circuitos. Caso a peça passe no teste é encaminhada para o processo seguinte, caso contrário é transportada para a secção de análise. Posteriormente, as placas são transportadas em containers para as linhas *sticklead*, onde são realizadas

quatro diferentes operações sendo elas a colocação manual de componentes, a fixação mecânica dos componentes (*Clinch*), a soldadura por onda para fixar os componentes à placa e a inspeção visual às placas recorrendo a um dispositivo AVI, de modo a testar a conformidade da montagem e da soldadura. De seguida, é realizado um teste, de modo a verificar se existem defeitos nas placas. Caso passe no teste a placa segue para a fase seguinte, onde são colocadas em containers e transportadas para a fresa. Este processo, denominado de *Milling*, consiste na separação individual, eliminando o excesso de placa que servia de suporte. No fim, as placas são lidas e colocadas em tabuleiros que devem ser etiquetados sendo as placas transportadas para o supermercado ou são transportadas diretamente para a linha de montagem final. O processo de CBA anteriormente descrito pode ser visualizado na Figura 14.

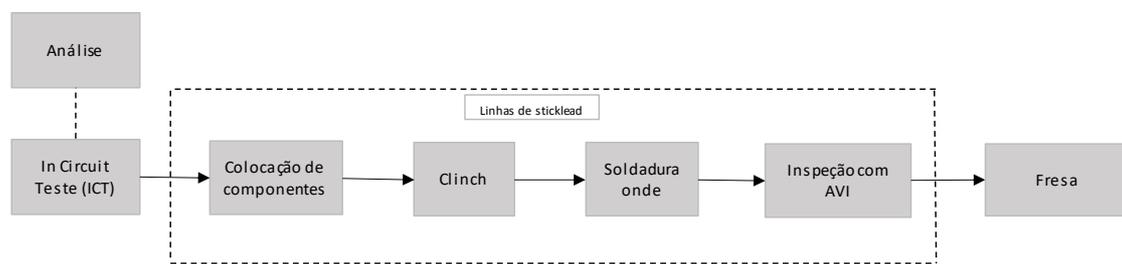


Figura 14: Fluxo produtivo da área de CBA.

Montagem Final

A montagem final consiste na montagem de componentes diferentes que são produzidos noutras secções bem como de algumas matérias-primas. Esta secção destaca-se em relação às outras áreas produtivas anteriormente descritas uma vez que os seus processos e postos de trabalho podem variar bastante. Esta variação ocorre pelo facto de o processo e os postos de trabalho a utilizar dependem das especificidades do produto a produzir.

Primordialmente, um componente do produto (caixilho) passa pelas áreas de *sub-assemblies*, denominada *Gap Filler Offline*, onde se coloca uma pasta dissipativa de calor nos caixilhos em sítios definidos estrategicamente. De seguida, os caixilhos são enviados para a linha de montagem final, que se baseia maioritariamente em aparafusamentos, conexão de cabos, montagem de peças, colocação de etiquetas, entre outras operações. Além dos postos de montagem existentes nesta secção, existem postos de testes ao produto e a zona de embalagem. Assim, depois da montagem dos componentes o componente passa por diversos testes mecânicos e elétricos, na zona de testes, de modo a realizar o controlo da qualidade e verificar o funcionamento do aparelho. Os testes a que são sujeitos depende do produto. Todos estes processos são automáticos, sendo apenas necessário introduzir o aparelho nas mesmas. Caso passe no teste é encaminhado para a etiquetagem e embalagem, sendo transportado

para a zona de expedição. Em suma, o esquema relativo aos processos produtivos no edifício 1 encontra-se na Figura 15.

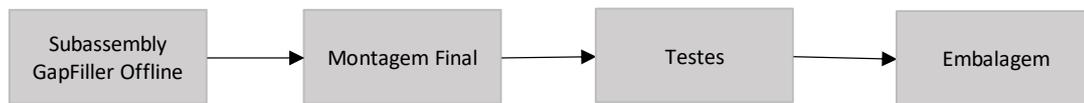


Figura 15: Fluxo produtivo da Montagem Final.

3.3.2 Áreas produtivas do edifício 2

Relativamente ao edifício 2, este encontra-se dividido em três áreas produtivas, sendo uma delas dedicada à área dos plásticos, outra à montagem final de autorrádios e a terceira é dedicada à produção de módulos eletrónicos, denominada de *Connectivity and Safety* (Figura 16).

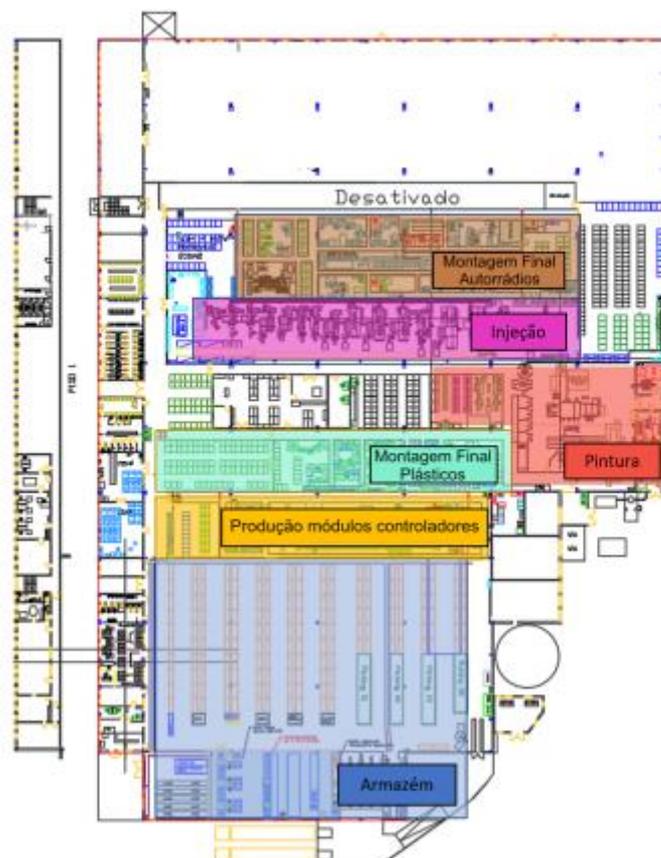


Figura 16: Layout edifício 2.

Plásticos

A secção dos plásticos dedica-se à produção de componentes que incorporam o produto final juntamente com os componentes eletrónicos e é constituída por três áreas principais: Injeção, Pintura e Montagem Final. Além disso tem a serralharia que serve de suporte à injeção e a área da qualidade. Embora a maioria dos materiais produzidos percorra as três secções principais, há alguns produtos que são apenas

injetados e outros que passam apenas pela injeção e pintura. Assim que concluídos, os produtos são encaminhados para as áreas de eletrónica para proceder à montagem dos componentes eletrónicos e plásticos. Este fluxo de materiais pode ser observado através da Figura 17.

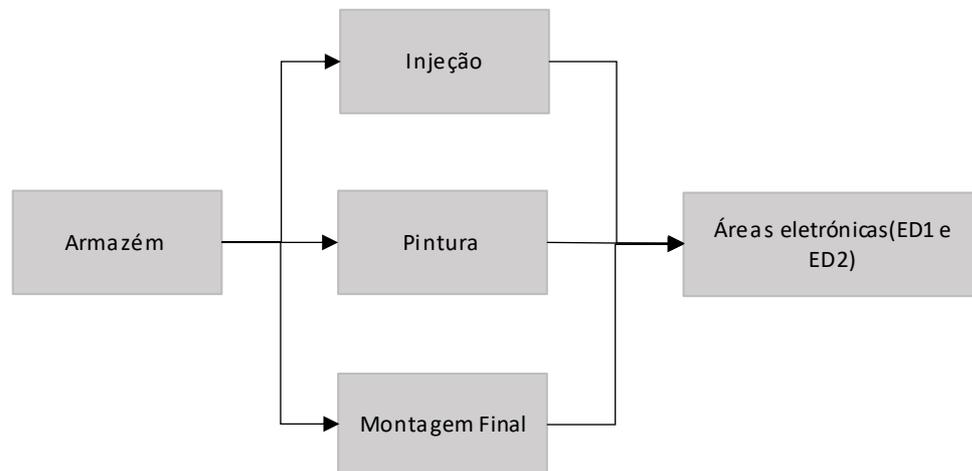


Figura 17: Fluxo produtivo edifício 2.

Primeiramente, a **Injeção** recebe vinda do armazém a matéria-prima, ou seja, os granulados e as resinas de plástico e é constituída por máquinas de diferentes tonelagens e com características de injeção distintas. As peças injetadas são na maioria teclas, botões e blendas. Além disso, esta secção também é constituída pela Tampografia ou *Pad Print*, onde se realiza a estampagem de símbolos nas peças. Por fim, as peças são encaminhadas para a montagem final, onde se procede à montagem manual de trimplates e botões.

De seguida, algumas peças são encaminhadas para a secção da **Pintura** onde serão pintadas. Além disso, esta secção incorpora a zona de carregamento anterior à pintura que, embora seja realizada dependendo do tipo de produto, o processo é similar começando pelo carregamento seguido da limpeza das peças. Posteriormente, todas as peças pintadas são visualmente inspeccionadas.

Por sua vez, a **Montagem Final Eletrónica** do edifício 2 é complementar à do edifício 1, sendo neste caso, os componentes eletrónicos a serem movimentados. Esta secção é responsável pela montagem final de certos produtos, onde se juntam os componentes de plástico aos eletrónicos, seguidos de testes de qualidade e embalamento. Estes testes de qualidade podem ser categorizados em dois tipos: objetivos, onde são realizados de forma automática e subjetivos, onde é necessária uma intervenção dos operadores. O fluxo de materiais está representado na Figura 18.

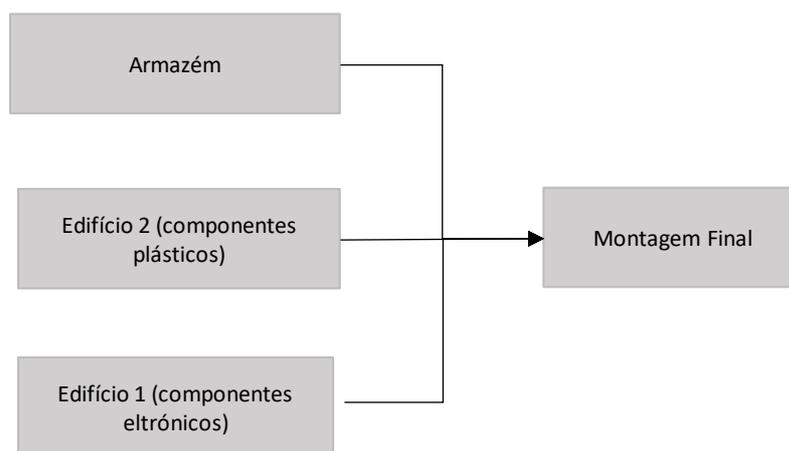


Figura 18: Fluxo produtivo dos Plásticos.

Produção de módulos eletrónicos

No que diz respeito à secção de produção de módulos eletrónicos, onde o presente projeto de dissertação, estes são compostos por diversos componentes eletrónicos responsáveis por controlar a parte eletrónica do carro, existem dois inputs: a placa *Power* e a placa Eletrónica.

Inicialmente a placa Eletrónica, vinda do fornecedor externa passa por uma pré-programação, no processo *Middle of line Tester* (MOL) seguindo para o processo PCB Cleaning, onde se efetua a limpeza. Posteriormente segue para o *coating*, onde é colocada uma película de proteção de modo a conferir proteção à placa contra adversidades como humidade, resíduos e variações de temperatura, sendo de seguida encaminhada para a estufa onde tem de aguardar trinta minutos.

Relativamente à placa *Power*, oriunda de um fornecedor externo, inicia-se na máquina de *Laser Marking* onde é gravado um código de identificação, o *Quick Response*. De seguida, passa para a linha de CBA onde são inseridos automaticamente componentes e segue para a soldadura por onda. Assim que estas tarefas forem completadas, seguem para a AOI, onde é realizada uma inspeção visual.

Posteriormente prosseguem para a montagem final, onde são testadas no ICT e seguem para a inserção de fusíveis. Ao fim deste processo, é crucial que as placas sejam conduzidas para a AVI, onde será feito um teste visual às placas com a finalidade de verificar que os fusíveis foram bem colocados.

Assim que os processos referentes à placa *Power* e Eletrónica estiverem finalizados, estas sofrem uma junção no *Press Fit*, onde é colocado um molde de plástico e etiquetagem. Por fim, segue para os testes, programação e nova inspeção visual de modo a verificar se existem componentes danificados. O mapa de processo, referente à produção de módulos eletrónicos está representado na Figura 19.

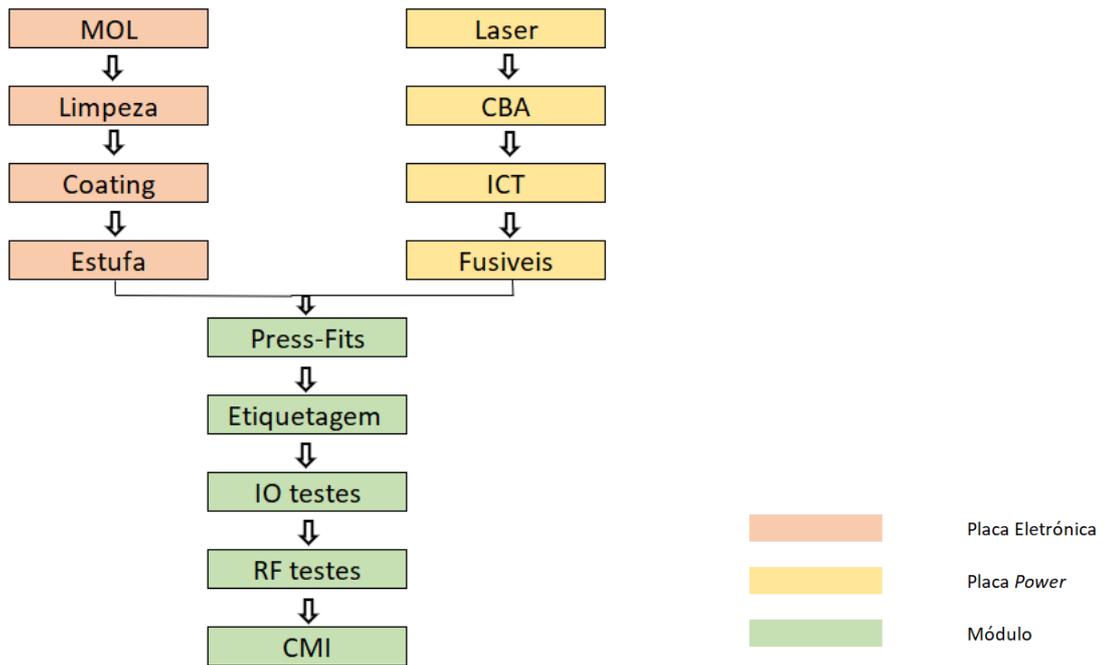


Figura 19: Mapa de Processo placa Power e Eletrônica.

4. PROJETO SEIS SIGMA

Neste capítulo será efetuada uma análise crítica aos componentes danificados recorrendo a um projeto Seis Sigma estruturado segundo a metodologia DMAIC. O projeto foi desenvolvido, como anteriormente mencionado no edifício 2 da Aptiv de Braga, nomeadamente na linha de produção de componentes eletrónicos. Inicialmente será definido o problema e realizada uma análise crítica do sistema atual. Posteriormente serão estudados os dados recolhidos bem como analisadas as possíveis causas com a finalidade de definir as causas raiz inerentes à problemática em estudo. Por fim, de modo a ir de encontro ao propósito do projeto, serão propostas ações de melhoria com a finalidade de colmatar os componentes danificados bem como certificar a sua eficácia, controlando possíveis problemáticas futuras.

4.1 Fase Definir

Um dos principais objetivos da Aptiv é perseguir a perfeição, seguindo um pensamento de melhoria contínua, de modo a manter uma posição no mercado competitivo existente atualmente. Desta forma, envolve-se em diversos projetos cujo objetivo é melhorar a qualidade dos produtos e processos.

Neste sentido, o presente projeto iniciou-se com a definição de uma temática que deveria proporcionar vantagens para a organização. Assim, considerou-se que a redução dos componentes danificados seria crucial para a competitividade da Aptiv. Consequentemente, foi definido que a área de atuação seria na produção de componentes eletrónicos, denominada BSI.

4.1.1. Evolução dos componentes danificados

Foi analisada a evolução dos componentes danificados no ano de 2021 (Figura 20) utilizando a métricas partes por milhão (ppm) com o intuito de estudar o comportamento dos mesmos. Esta métrica considera o número de defeitos e a quantidade inspecionada, sendo que quanto menor o seu valor, melhor é a qualidade dos produtos.

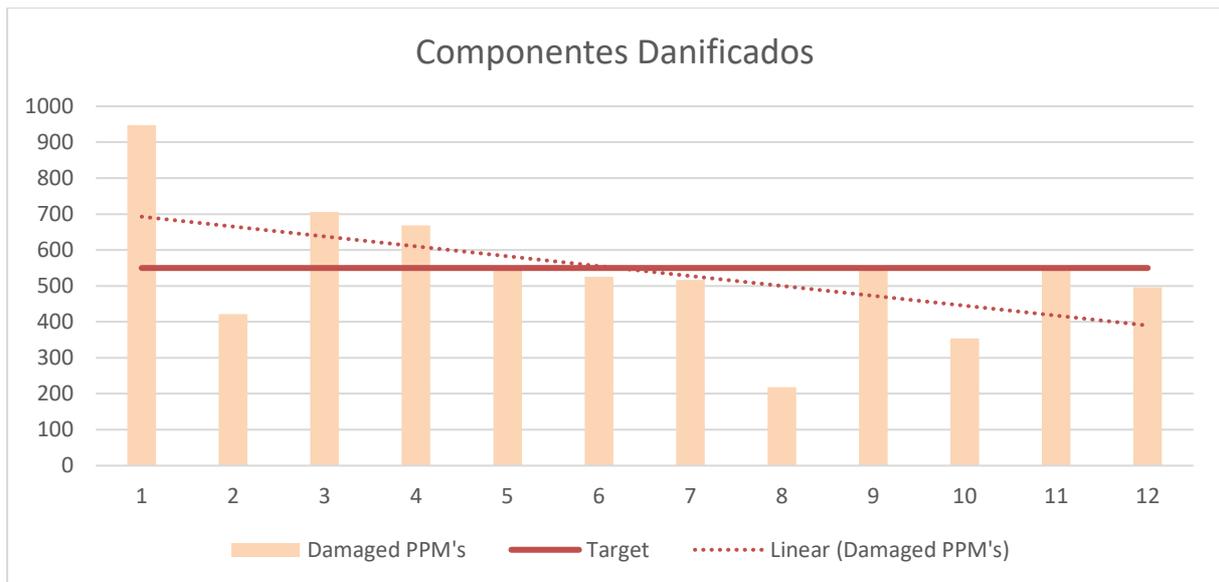


Figura 20: Componentes danificados no ano 2021.

Através da análise do gráfico, é possível verificar através da reta linear que ao longo do ano 2021 houve uma redução dos componentes danificados. Além disso, verifica-se a existência de uma grande variabilidade entre os diferentes meses, sendo que, com a aplicação do seis sigma se pretende a redução dessa variabilidade.

Tendo como pilar a melhoria contínua, a equipa propôs uma redução do *target* de 550 ppm no ano 2022 para 500 ppm, o que representa uma redução de 10% relativamente ao ano anterior.

4.1.2 Propósito e metas a serem alcançadas

O projeto realizado envolveu diversas fases, estando a autora da dissertação envolvida em todas com o suporte de uma equipa multidisciplinar, que facilitou a recolha de dados bem como a sua posterior análise, a identificação das causas raízes e as propostas de melhoria.

Assim, de modo a definir o propósito e as metas a serem alcançadas com a realização deste projeto, foi realizado um *Project Charter* (Figura 21).

Project Title	Melhoria da qualidade de uma linha de produção usando a metodologia seis sigma.					
Problem Statement	Ao longo do ano de 2021 a Aptiv contabilizou um total de 492 placas danificadas na linha de produção de componentes eletrónicos, BSI. No primeiro semestre o número de componentes danificados, em termos de ppm, encontrava-se acima do target, embora tenha havido uma redução no segundo semestre que permitiu manter o número destes componentes abaixo do target.					
Business Case	Refugo na linha BSI ocorre quando um componente/fusível está deslocado, ocorre escorrimento do coating ou sofre riscos. Além disso, podem ocorrer queixas nos 0 km ou no período de garantia. Este refugo causa insatisfação do cliente, custos de não qualidade, associados ao retrabalho exigido. Assim, irá ser utilizada a metodologia seis sigma na linha BSI com a finalidade de estudar e propor melhorias.					
Project Scope	Processo MOL, de limpeza, coating, estufa, laser, CBA, ICT, fusíveis, press fit, colocação do molde e etiquetagem, testes, programação e controlo.					
Goals Statement	O principal objetivo deste projeto passa pela redução dos componentes danificados na linha de produção de placas eletrónicas para 500 ppm, representando uma percentagem de redução de 10% face ao ano anterior. Assim, através deste projeto pretende-se melhorar o FTQ, quantidade de componentes defeituosos e consequentemente os custos de não qualidade.					
Deliverables	Propostas de melhoria.					
Time Line		Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar
	Início	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
	Fim	Fev	Mar	Abr	Jun	Jul
Project Team Leader	Nome					
	Eduarda Oliveira					
Team members	Aminda Gomes (Engenheira da qualidade)					
	Nuno Alvim (Engenheiro industrial)					
	Eduardo Fernandes (Engenheiro da qualidade)					
	António Pimenta (Chefe BSI)					
	José Fernandes (Técnico)					
Jorge Oliveira (Opex BSI)						

Figura 21: Project Charter.

4.1.3 Descrição do problema

O problema incidiu sobre o refugo das placas elétricas e *power*. Considera-se refugo das placas quando um componente ou fusível está deslocado ou arrancado, ocorre escorrimento do *coating* para áreas que não podem levar *coating*, sofre riscos ou parte. Além disso, estes defeitos podem ser verificados e consequentemente reclamados através de auditorias internas, nos diferentes postos do processo, aos 0 km ou durante o período de garantia. As reclamações através de auditorias internas e nos diferentes postos do processo são detetadas internamente, pelos auditores de qualidade e pelos colaboradores da linha, respetivamente. Por sua vez, as reclamações aos 0 km, detetadas quando o módulo é colocado no veículo e as do período de garantia são detetadas na fase de testes e no cliente final respetivamente.

O presente projeto, entre os diferentes modos de falha descritos, focou-se nos componentes danificados, cuja falha pode ocorrer ao longo de toda a área produtiva de produção de componentes eletrônicos (BSI). Estes componentes danificados podem ser identificados nos *Quality Gates*, pontos de inspeção ao longo do processo, que têm como finalidade garantir que os requisitos de qualidade são cumpridos de modo a evitar que os defeitos prossigam para a etapa seguinte. Assim que os componentes danificados são identificados, são encaminhados para os técnicos responsáveis da área para que estes identifiquem e registem qual foi o componente danificado na ferramenta *Gen3Ui* que, por sua vez, é sincronizada com a ferramenta *Production Yield Monitoring System, PYMS* (Figura 22).

Division		Product		Data				Extra Info
Value Stream	Step	Tested qty	Failed	Yield(%)	FTQ			
CTRLS	BSI	AOI-THT	1459	58	96.02	29781		
CTRLS	BSI	ICP-Mem	1276	7	99.45	5486		
CTRLS	BSI	AVI	1261	37	97.07	29242		
CTRLS	BSI	MDL	1347	4	99.7	2970		
CTRLS	BSI	GPOA	1322	7	99.47	5295		
CTRLS	BSI	PR	1322	0	100	0		

Figura 22: Ferramenta Production & Yield Monitoring System.

Através desta ferramenta, é possível rastrear o produto sabendo em que local, data e hora passou em cada posto de trabalho, verificando além disso em que local ocorreu a falha, identificando também o modo de falha (Figura 23). Assim, através desta análise é possível identificar os processos pelo qual cada placa passou, possibilitando a identificação da área em análise para a identificação da causa-raiz.

bid	Station	Jig/Nest	Customer label	PackBox	Time	Result	Qty	Failure	Module Name	Actions
9107748901000600	MOL--003/1				29/03/2022 18:15:38	PASS	1		PSA BSI Wave3 EL3 Electronic	TraceFIS
9107748901000600	PCOAT-LN12-2				29/03/2022 20:27:40	PASS	1		PSA BSI Wave3 EL3 Electronic	TraceFIS
91077489010013	ET-LN12-1				29/03/2022 22:34:44	PASS	1		PSA BSI Wave3 EL3	TraceFIS
91077489010013	FT-LN12-4	E80000184215D101			30/03/2022 02:16:03	FAIL	1	Error executing substep	PSA BSI Wave3 EL3	TraceFIS
	In Station Retest				30/03/2022 02:19:00	system			Retest	
91077489010013	FT-LN12-5	FE00001AFDFFC301			30/03/2022 02:19:14	FAIL	1	EH2_59_EP_06_EPB_26_PAV_1	PSA BSI Wave3 EL3	TraceFIS
	Repair				30/03/2022 06:30:00	lourenco		D23 Danificado	Montagem	

Figura 23: Análise detalhada da ferramenta PYMS.

De modo a ter uma visão geral do problema, recorreu-se ao Diagrama SIPOC (Figura 24).

SIPOC

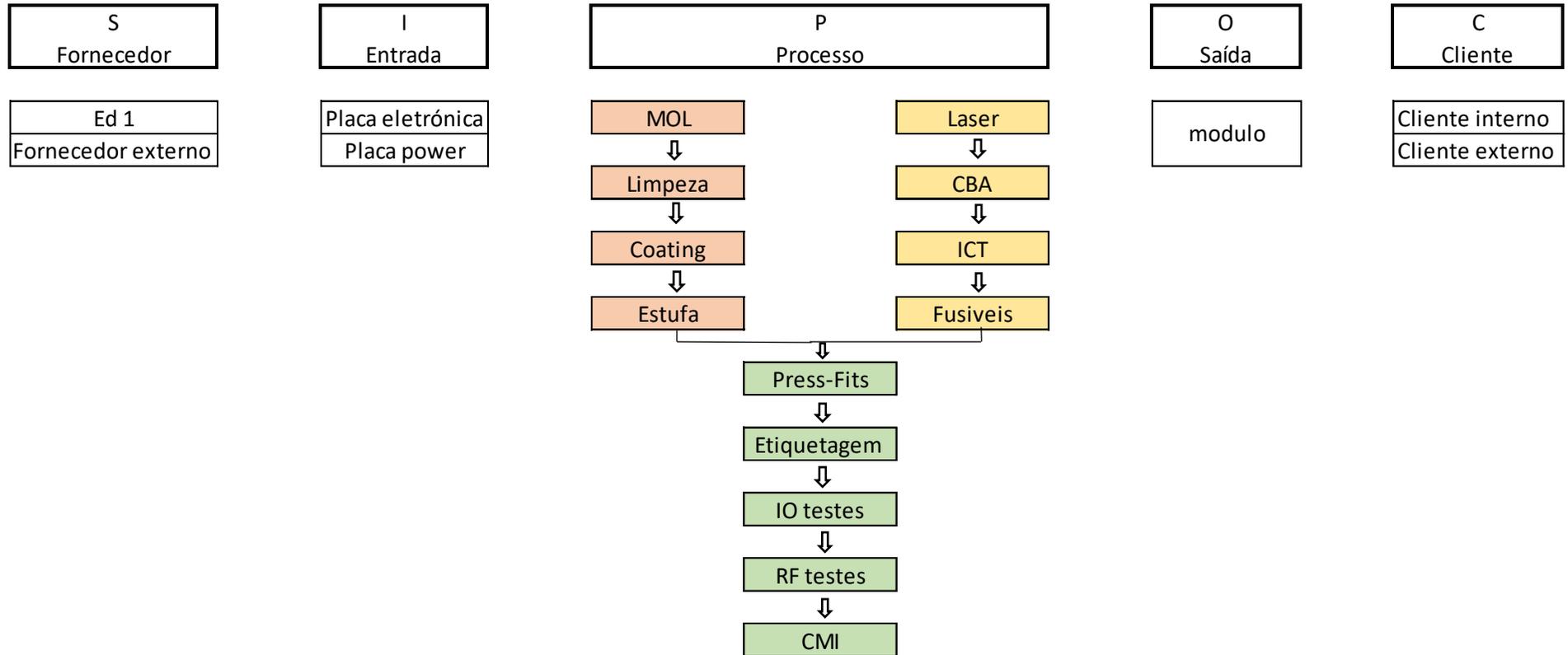


Figura 24: SIPOC processo BSI.

Através deste diagrama é possível identificar quem são os fornecedores, as diversas fases constituintes do processo e as suas saídas. Além disso, no SIPOC foram identificadas as etapas com cores diferentes com a finalidade de distinguir os processos relativos à placa *power*, eletrónica e aos de ambas. No que diz respeito aos sombreados a laranja, estes representam as etapas correspondentes à placa eletrónica. Por outro lado, as etapas destacadas a amarelo estão associadas à placa *power*. Por sua vez, as etapas representadas a verde representam as tarefas inerentes a ambas as placas, ou seja, ao módulo.

4.1.4 Funcionamento e produção de cada turno

A linha em estudo funciona em três turnos:

- Primeiro turno: 6:00h às 14:30h;
- Segundo turno: 14:30h às 23:00h;
- Terceiro turno: 23:00h às 6:00h.

Atualmente cada turno produz 1850 peças, o que dá uma produção diária, no caso de funcionamento dos três turnos, de 5550 unidades. Relativamente ao terceiro turno, este apenas funciona em situações de alta produtividade.

No que diz respeito ao controlo da qualidade, como referido anteriormente, cada turno tem um técnico que diariamente regista que defeitos são detetados na placa, bem como identifica manualmente o local da placa em que ocorreram. Além disso, é responsável por retificar as rejeições nas máquinas quando alguma placa falha nos testes de modo a perceber se é falsa rejeição ou não.

4.2 Medir

Depois de ser descrito o problema e clarificado o âmbito do projeto segue-se a segunda fase do ciclo DMAIC, a fase medir. Esta fase tem como objetivo validar a problemática em estudo, proceder à recolha e análise dos dados com a finalidade de obter dados fidedignos, fundamentais para uma tomada de decisão consciente. Além disso, também é calculado o nível sigma nesta fase.

4.2.1 Identificação dos defeitos

Como anteriormente referido, o *output* da linha em estudo é um módulo constituído pela placa *power* e a eletrónica que têm na sua composição diversos componentes. Com a finalidade de identificar quais os componentes com maior impacto no número de refugo, procedeu-se à realização de um diagrama de Pareto (Figura 25) com os dados referentes ao mês de janeiro de forma a garantir o tratamento dos dados mais recentes.

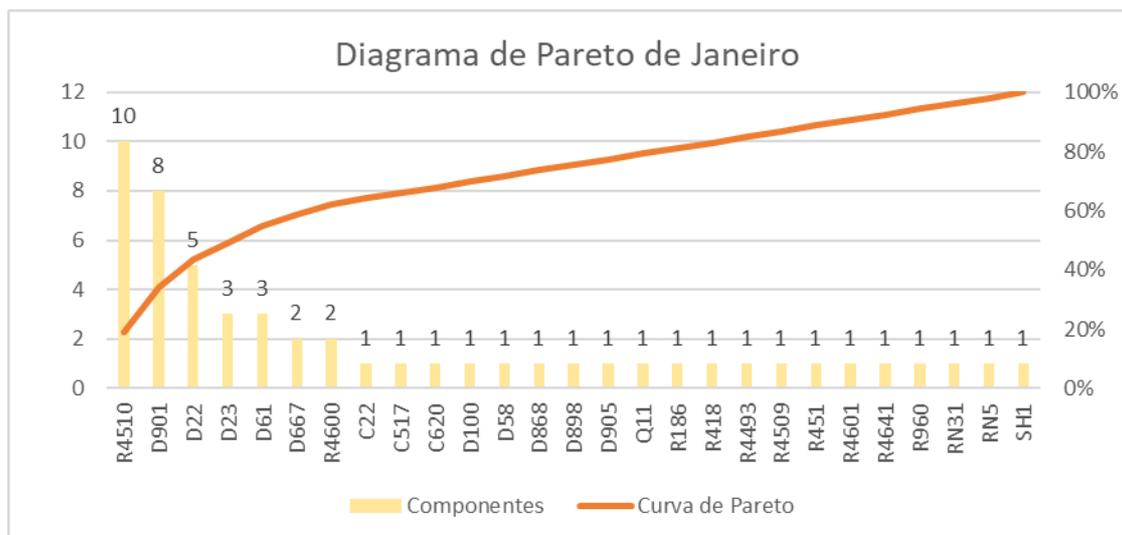


Figura 25: Componentes danificados do mês de janeiro.

Deste modo, é possível constatar que os componentes mais frequentes nos dados de refugo são o R4510, D901, D22, D23 e D61.

De forma a consolidar e retificar que estes componentes têm sido os principais responsáveis pelo refugo na linha em estudo, procedeu-se à realização de um segundo diagrama de Pareto (Figura 26) com os dados referentes ao mês de novembro e dezembro. Recorreu-se à utilização de dois meses para validar os dados uma vez que o mês de dezembro é considerado atípico, pelo facto de a fábrica encerrar nas últimas semanas.

Diagrama de Pareto Nov-Dez

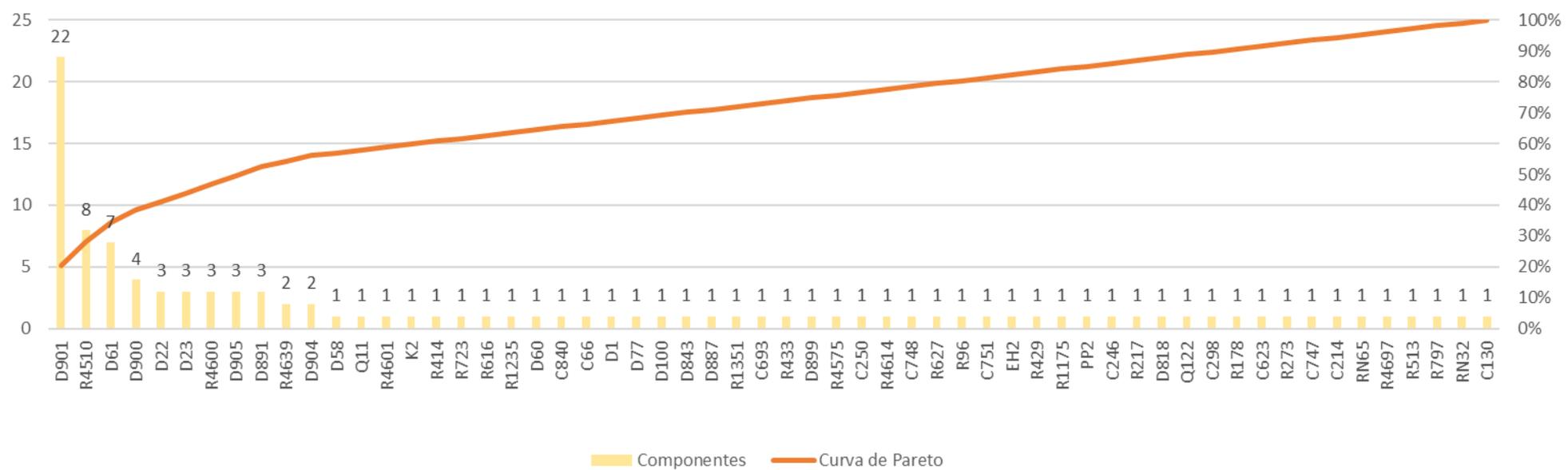


Figura 26: Diagrama de Pareto novembro-dezembro.

Através da análise do segundo Pareto, é possível verificar que o componente D901 apresenta maior destaque, seguido do R4510. Além disso, os componentes D61, D22 e D23 também fazem parte dos seis defeitos mais recorrentes nesse período. Deste modo, é possível concluir que os componentes responsáveis pelas placas defeituosas no mês de janeiro, foram também os responsáveis pela maioria do refugo nos meses de novembro e dezembro, sendo possível concluir que os dados são fiáveis para serem considerados.

Assim, os componentes alvo de estudo neste projeto devido à sua frequência de ocorrência serão o R4510, D901, D22, D23 e D61 uma vez que se destacam em ambos os diagramas de Pareto anteriormente analisados.

4.2.2 Localização dos defeitos no produto

De seguida, procedeu-se à análise da localização destes pontos nas placas, detetando-se que todos são referentes à placa eletrónica (Figura 27) e (Figura 28) que será, por isso, a placa alvo de estudo neste projeto.

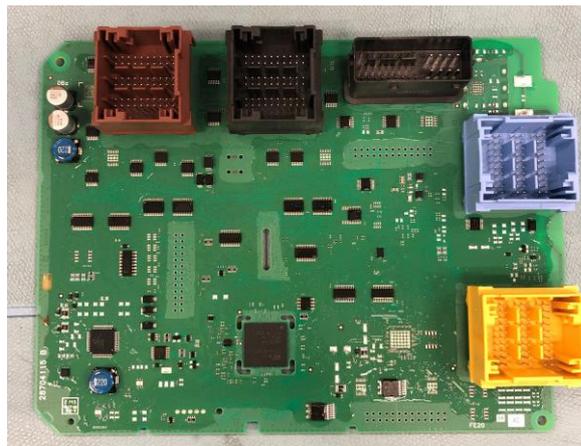


Figura 27: Parte de cima da placa eletrónica.

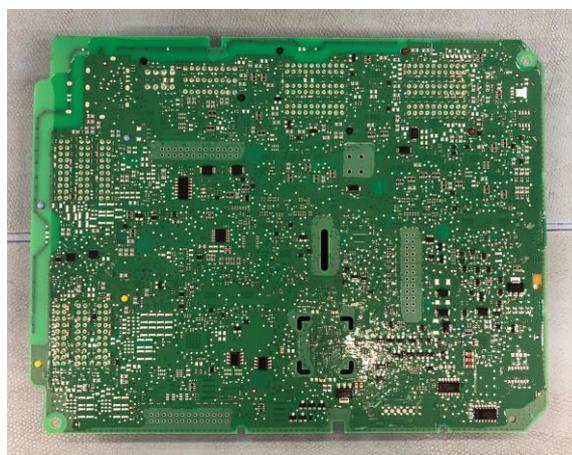


Figura 28: Parte inferior da placa eletrónica do produto A.

De forma a limitar a zona da placa propícia à maior ocorrência de componentes danificados, procedeu-se à realização de um diagrama de concentração (Figura 29) e (Figura 30).

Parte de baixo da placa Eletrónica

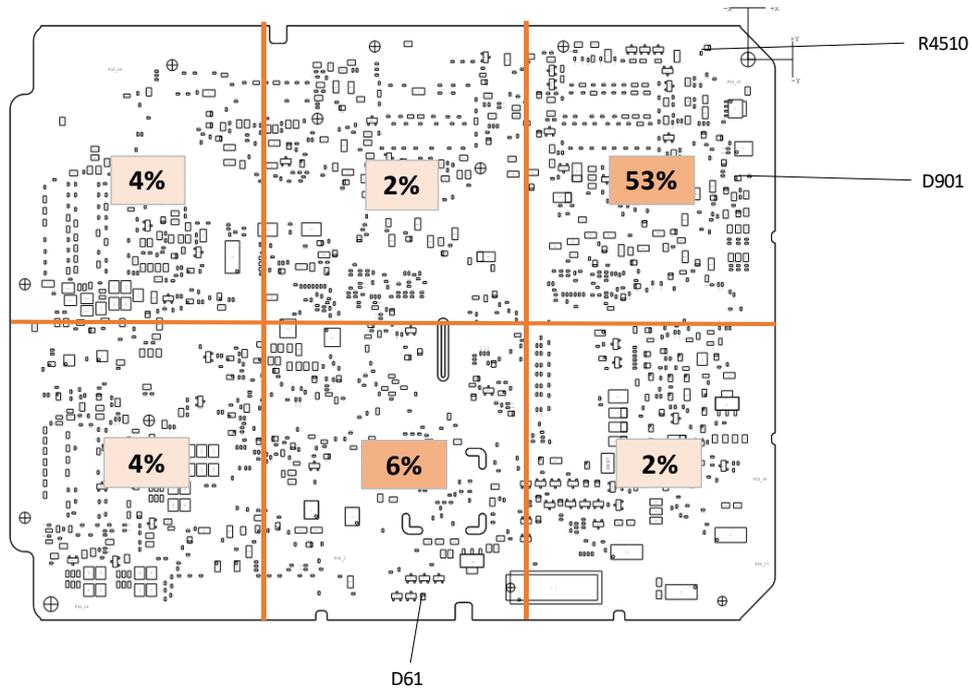


Figura 29: Diagrama de concentração placa eletrónica na parte inferior.

Parte de cima da placa Eletrónica

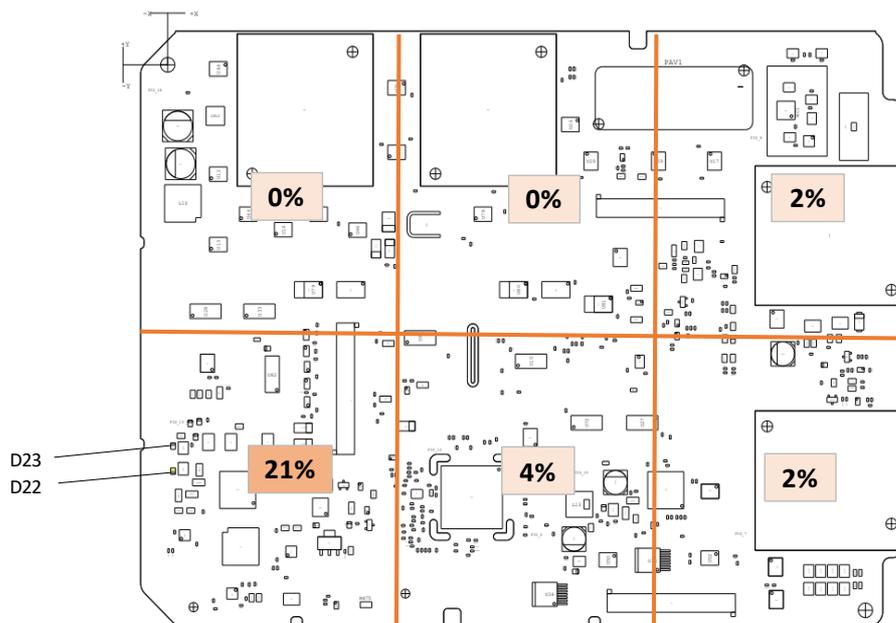


Figura 30: Diagrama de concentração placa eletrónica na parte superior.

Através da análise do diagrama, é possível verificar que os defeitos mais recorrentes ocorrem na parte de baixo da placa eletrônica, especificamente na parte superior direita, com um total de 53%, incluindo os dois componentes mais frequentes: R4510 e D901.

No que diz respeito aos restantes componentes mais críticos, dois componentes, D22 e D23 estão localizados na parte de cima da placa e o outro, o D61, na extremidade inferior da parte de baixo.

4.2.3 Restrição da localização dos defeitos na linha de produção e dos respetivos movimentos associados

Com o propósito de restringir o local de ocorrência de danificação dos componentes na linha, foi realizado uma análise, com o apoio do técnico da linha, de forma a identificar se os danos ocorriam antes ou depois do *coating*. Aquando o estudo da delimitação da zona de ocorrência de defeitos, foi também registado a direção (arrancado, esquerda-direita, direita-esquerda, cima-baixo e baixo-cima) que o componente foi danificado, de modo a estudar em que posto do trabalho e em que local específico do posto de trabalho pode ter ocorrido. O estudo pode ser verificado na Tabela 2.

Tabela 2: Análise da localização da ocorrência e direção de movimento.

Data	Componente	Coating	Movimento
10/fev	D901	antes	arrancado
11/fev	D58	antes	cima-baixo
14/fev	D901	antes	baixo-cima
14/fev	D900	antes	direita-esquerda
15/fev	R4510	antes	arrancado
17/fev	D901	antes	cima-baixo
18/fev	D899	antes	baixo-cima
18/fev	R469	antes	arrancado
21/fev	D61	antes	esquerda-direita
21/fev	R4510	antes	esquerda-direita
21/fev	C214	antes	arrancado
21/fev	R4510	antes	arrancado
23/fev	D58	antes	cima-baixo
24/fev	D901	antes	direita-esquerda
24/fev	D23	antes	arrancado
24/fev	R4600	antes	cima-baixo
25/fev	D30	antes	arrancado
25/fev	R4601	antes	direita-esquerda
28/fev	D901	antes	arrancado
28/fev	D61	antes	direita-esquerda
28/fev	D901	antes	cima-baixo
02/mar	R165	antes	cima-baixo
02/mar	D61	antes	direita-esquerda
02/mar	RV14	antes	arrancado
03/mar	D901	antes	baixo-cima
04/mar	D905	antes	arrancado
07/mar	Q122	antes	direita-esquerda
08/mar	R4510	antes	baixo-cima
08/mar	R898	antes	direita-esquerda
09/mar	D901	antes	direita-esquerda



coating

coating e MOL

Através da análise da tabela, é possível concluir que 100% dos componentes danificados ocorreram antes do *coating*. Assim, é possível restringir a área de estudo para as assinaladas na Figura 31. É de notar que o *coating* também entra no processo, uma vez que os componentes podem ser danificados no *loading* do mesmo.

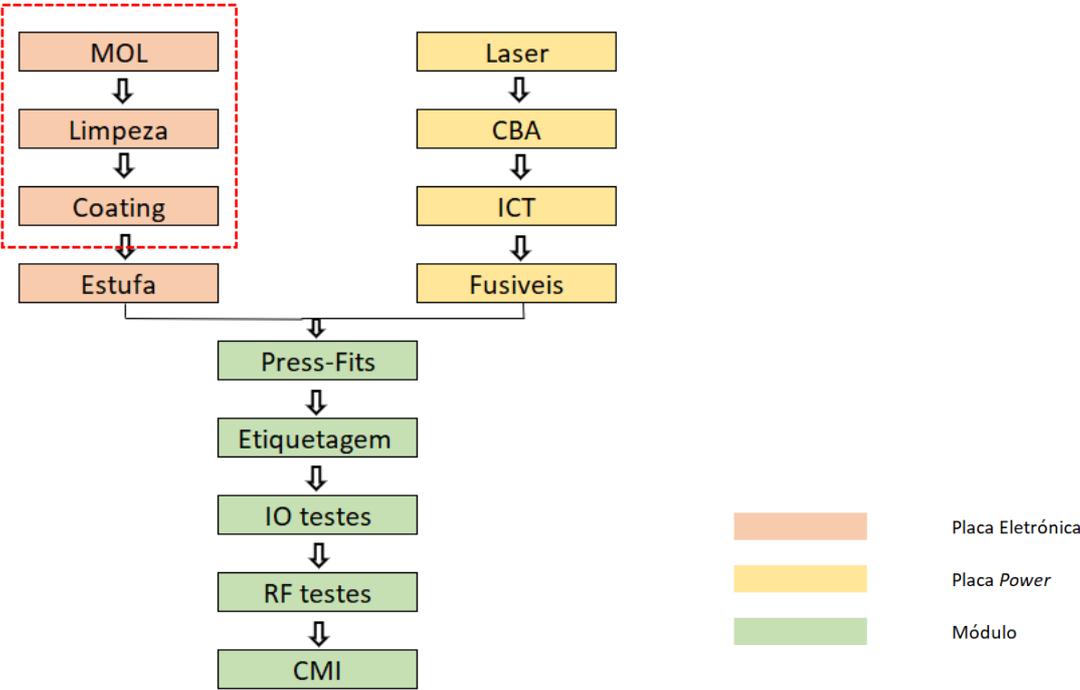


Figura 31: Restrição da área de análise.

4.2.4 Cálculo dos custos associados aos componentes danificados

Com a finalidade de demonstrar o impacto destes componentes danificados em termos monetários, foram realizados os cálculos associados a estas perdas. Uma vez identificado um componente danificado, o módulo em questão é desmontado e a placa eletrônica é instantaneamente considerada refugo, dado que não existe reparação associada à mesma. No que diz respeito à placa *power* é, geralmente, colocada no processo novamente, se o componente danificado se encontrar na placa eletrônica. Assim, na Tabela 3, está representado o custo médio associado a cada placa, o total de placas defeituosas analisadas no mês de janeiro bem como o consequente custo associado a estas perdas no mês de janeiro.

Tabela 3: Custos referentes aos componentes danificados referentes ao mês de janeiro.

Cálculo do valor total de componentes defeituosos no mês de janeiro		
Descrição	Valores	Unidade
Custo unitário da placa eletrónica	€ 32,00	euros
Total de placas eletrónicas danificadas	54	placa
Montante	€ 1 728,00	euros

Com o propósito de estimar qual seria o montante total em componentes danificados ao final de um ano, tendo por base o mês de janeiro, foi realizada uma nova tabela, com a mesma estrutura que a apresentada anteriormente (Tabela 4).

Tabela 4: Custos referentes aos componentes danificados previstos para o ano 2022.

Cálculo do valor total de componentes defeituosos previstos para o ano 2022		
Descrição	Valores	Unidade
Custo unitário da placa eletrónica	€ 32,00	euros
Total de placas eletrónicas danificadas	648	placa
Montante	€ 20 736,00	euros

4.2.5 Cálculo do nível sigma inicial

Foram recolhidos os dados referentes à quantidade produzida no mês de janeiro bem como o número de unidades danificadas nesse período e com base nisso, foi calculado o número de componentes danificados em ppm. Posteriormente, tendo todos os dados necessários recorreu-se à utilização de uma calculadora sigma, disponibilizada online, com a finalidade de calcular o nível sigma atual (Figura 32).

✓ Calculation results	
Control Level	3.53 Sigma
Yield	99.9590%
Defects (%)	0.0410%
DPMO	409.519
Rolling Throughput Yield (RTY)	84.54%
Defect Units (%)	15.46%
DPM	154,593.07

Figura 32: Nível sigma inicial.

O nível sigma inicial é de 3,53, o que se traduz num desempenho de 99,96% e uma taxa de produtos defeituosos de 0,05%.

4.3 Analisar

Prossegue-se agora para a fase intermédia do ciclo DMAIC. Nesta fase, é realizada uma análise aos dados recolhidos anteriormente, com o intuito de identificar as causas para os componentes danificados alvo de estudo previamente identificados. Assim, após selecionados os processos que estão no foco da análise e identificados os movimentos inerentes a esses componentes, a equipa realizou auditorias ao processo com a finalidade de identificar as causas para a sua danificação. Nestas auditorias, foi crucial a contribuição dos colaboradores, uma vez que são quem melhor conhece o processo e as suas lacunas.

4.3.1 Análise da relação dos turnos

De modo a estudar a possibilidade de discrepância entre turnos no que diz respeito à ocorrência dos defeitos críticos mencionados anteriormente, recorreu-se aos dados do mês de janeiro com a finalidade de identificar em que turno se deu a ocorrência através da hora registada da ocorrência do defeito (Figura 33).

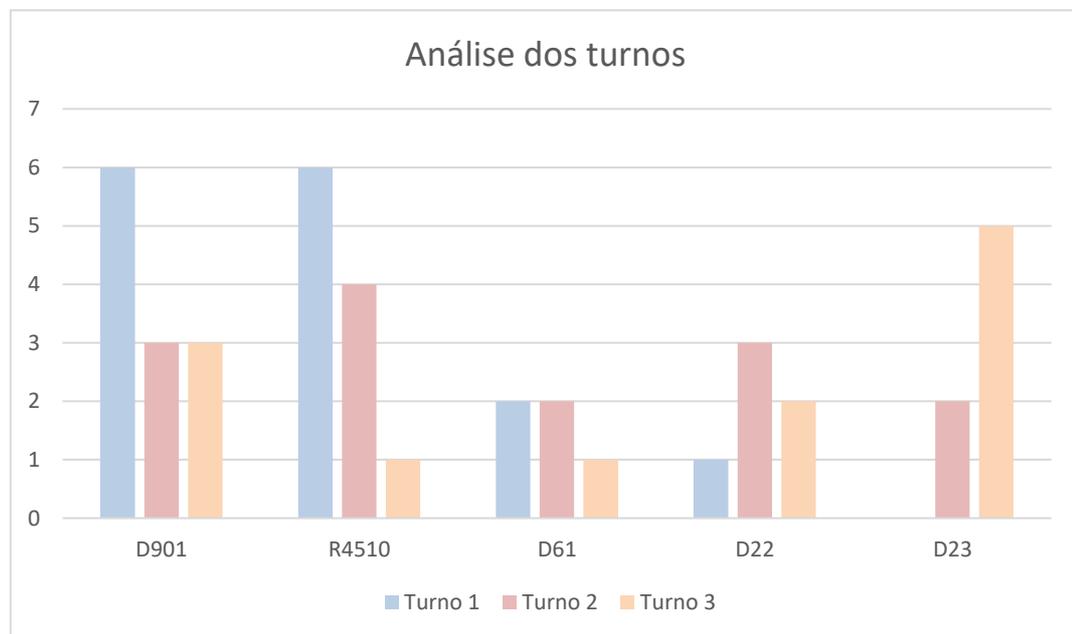


Figura 33: Análise dos turnos.

Através da análise dos turnos, é possível verificar que não há nenhuma relação entre a ocorrência dos defeitos mais críticos e os diferentes turnos, uma vez que não se destaca, no global, nenhum turno.

4.3.2 Estudo da relação dos diferentes MOL

O posto de trabalho de MOL incorpora cinco máquinas, numeradas de 1 a 5. Por sua vez, cada máquina possui duas bases, a da esquerda e a da direita. De modo a verificar se há relação entre o número da base MOL, o lado da base e o número de componentes danificados verificou-se para os dados da tabela 1, através da ferramenta *Production Yield Monitoring System*, qual o MOL pelo qual cada placa eletrónica passou. A base da esquerda é classificada com o número 0 e a da direita com o número 1. Este estudo encontra-se na Figura 34.

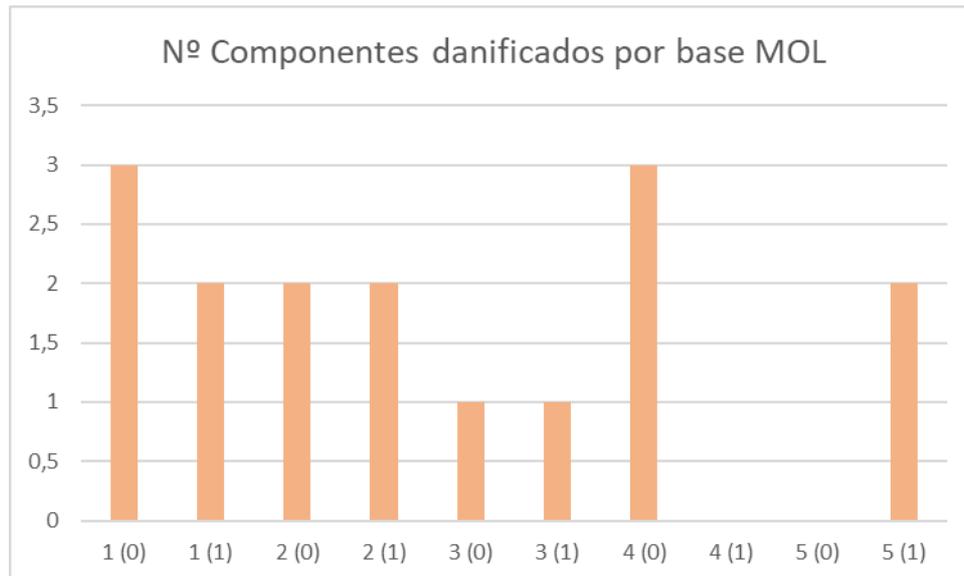


Figura 34: Número de componentes danificados por MOL.

Através da análise da tabela é possível concluir que não há relação entre a ocorrência de defeitos e o número e lado das bases MOL, uma vez que não se destaca nenhuma máquina nem nenhum lado das suas bases.

4.3.3 Análise das possíveis causas

De forma a identificar as potenciais causas associadas aos componentes danificados selecionados anteriormente, foi realizado um Diagrama de Causa Efeito para os componentes D901, R4510 e D61. Por sua vez, para a análise das potenciais causas dos componentes D22 e D23 recorreu-se à ferramenta 5 Why's.

Uma vez que os componentes D901, R4510 e D61 se encontram próximos na placa consideraram-se as mesmas possíveis causas de acordo com os movimentos de danificação previamente identificados utilizando, desta forma o mesmo diagrama (Figura 35).

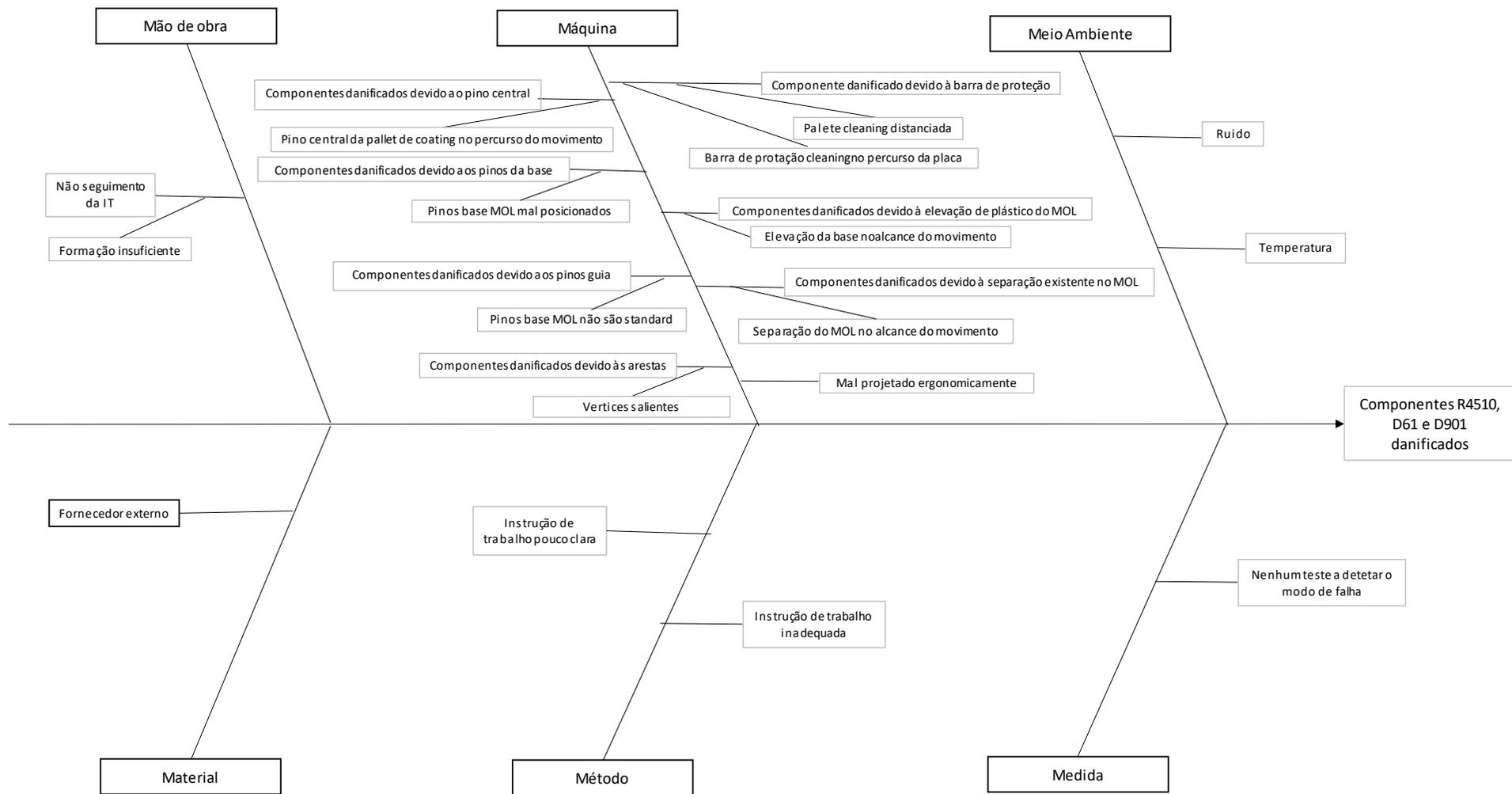


Figura 35: Diagrama Ishikawa.

Através de um *brainstorming* com a equipa multidisciplinar envolvida, concluiu-se que existem seis principais causas para o efeito de componentes defeituosos: mão de obra, máquina, meio ambiente, material, método e medida.

De seguida, serão estudadas individualmente cada uma das possíveis causas identificadas, de acordo com o Diagrama de Causa Efeito relativo aos componentes D901, R4510 e D61.

Material

Relativamente à causa principal Material do diagrama, colocou-se a possibilidade de os componentes danificados ocorrerem ainda no fornecedor externo, isto é, virem já danificados do mesmo. Após uma inspeção visual a uma amostra de placas diariamente, não se encontraram dados para corroborar esta hipótese e, por isso, não foi posteriormente tida em consideração.

Máquina

Componentes danificados devido aos pinos da base

No que diz respeito à máquina, começou-se por analisar o primeiro posto de trabalho da linha, o MOL. Através de uma observação da base e de uma sobreposição da placa eletrónica na mesma, verificou-se a existência de pinos na base e levantou-se a possibilidade dos mesmos incidirem diretamente sobre os componentes, causando a sua danificação devido à pressão no fecho.

Assim, procedeu-se à análise do posicionamento dos pinos da base, recorrendo à colocação de uma tinta adequada nos pinos. De seguida, foi colocada uma placa eletrónica sobre a base com o propósito de verificar o local onde a tinta incidia percebendo, deste modo, se algum componente possuía tinta. É possível verificar este teste na Figura 36.

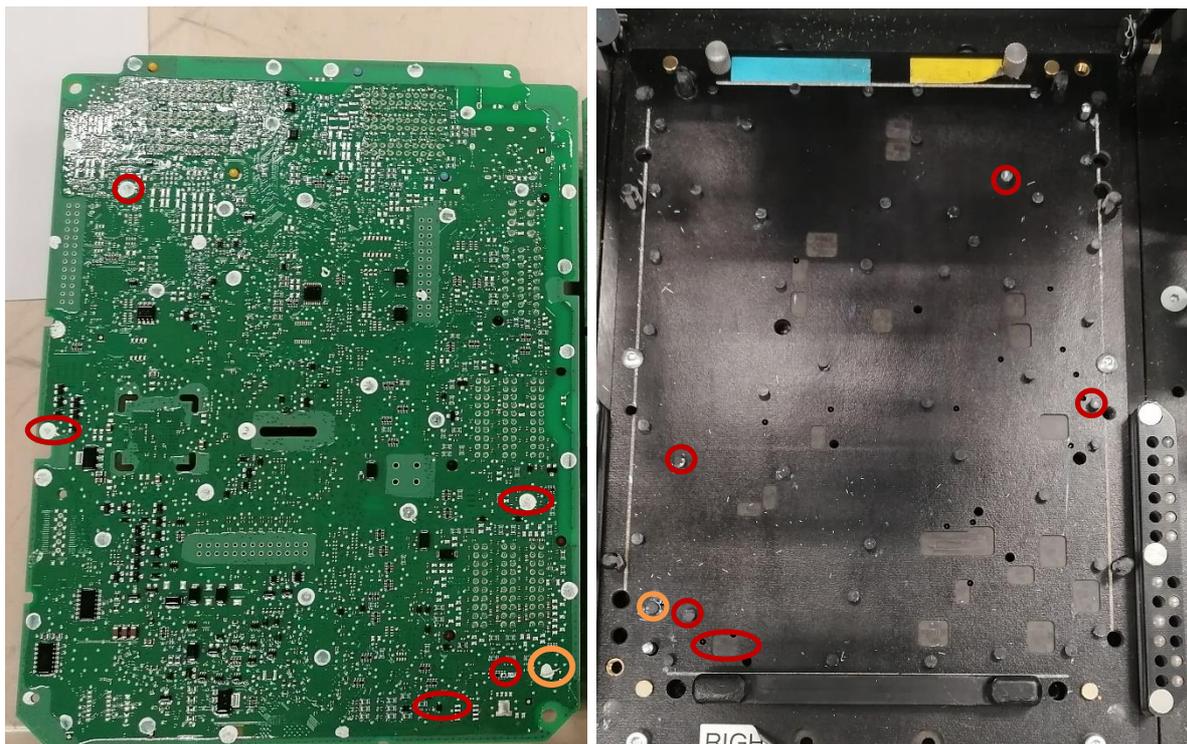


Figura 36: Análise dos pinos da base MOL.

Através da análise do resultado verificou-se sobre o componente R4510, incidia tinta branca, destacado a laranja na figura 38, o que permitiu concluir que um pino da base pressionava diretamente em cima do mesmo. Além disso, é possível verificar que outros pinos estariam muito próximos de outros componentes, nomeadamente do D61.

Componentes danificados devido à elevação de plástico do MOL

Durante o processo de análise do posto de trabalho do MOL observou-se a existência de uma elevação de plástico na base (Figura 37) que apresentava marcas de desgaste. Após uma análise dos movimentos de *load* e *unload* das placas eletrônicas neste posto, verificou-se que essa elevação estava no percurso de diversos componentes, nomeadamente do D901, R4510 e D61 podendo, deste modo, ser uma das causas da sua danificação.

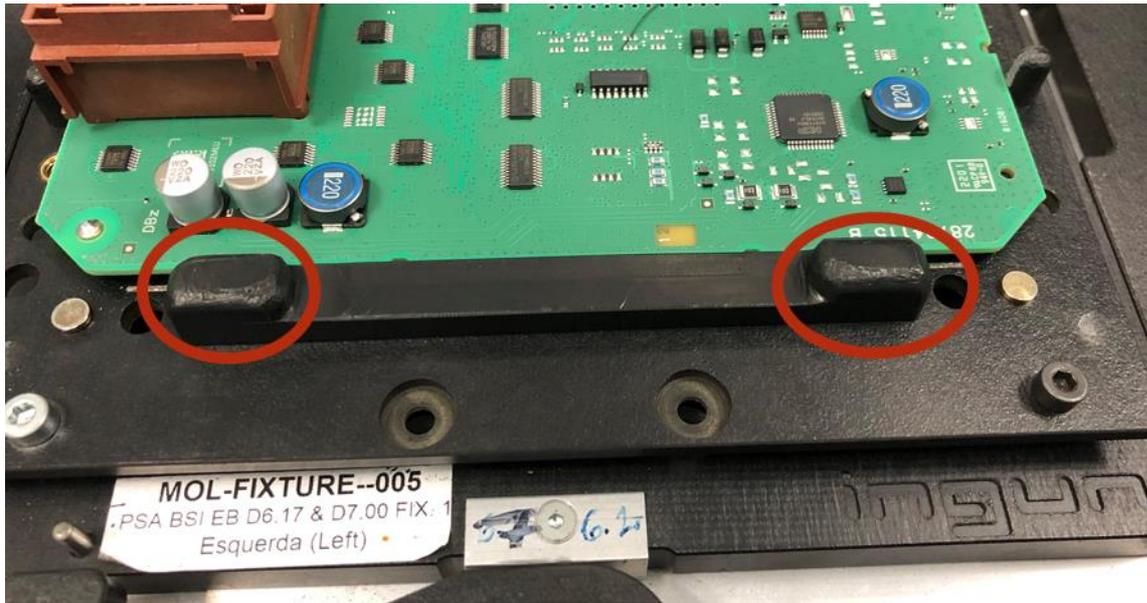


Figura 37: Elevações de plástico danificadas MOL.

Além disso, observou-se a existência de componentes na base o que permitiu concluir que de facto havia evidência da danificação de componentes naquela zona (Figura 38). A existência destes componentes significa que os mesmos foram arrancados da placa, o que poderá acontecer quando os componentes chocam na barra de plástico.



Figura 38: Evidência de componentes na base do MOL.

Componentes danificados devido à separação existente no MOL

Ainda relativamente ao posto de trabalho do MOL verificou-se a existência de uma separação de metal a dividir a base da direita da esquerda de cada uma das máquinas de MOL's. Esta separação está no percurso do movimento de *unload* da base da esquerda, "1" na Figura 39, e ao *load* da base da direita, "2" da Figura 39.

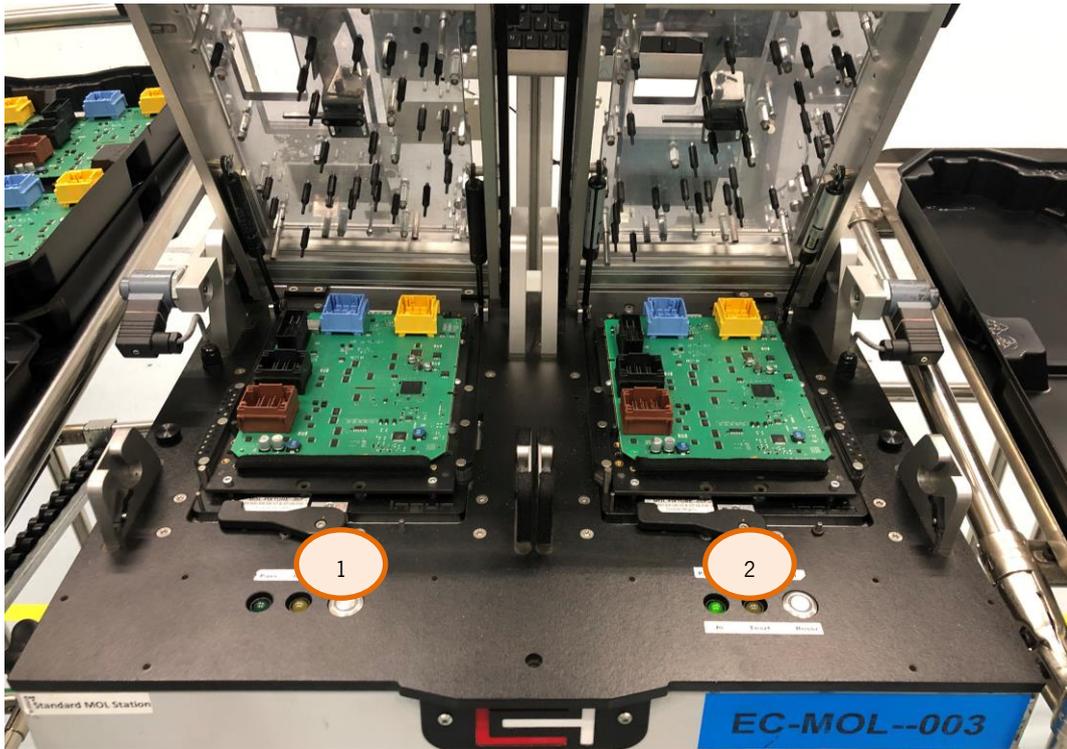


Figura 39: Bases de uma máquina MOL.

Através da verificação do estado destas separações, detetaram-se marcas no lado esquerdo das mesmas (Figura 40) o que fundamenta a hipótese de choque das placas na mesma durante a execução dos movimentos anteriormente referidos.

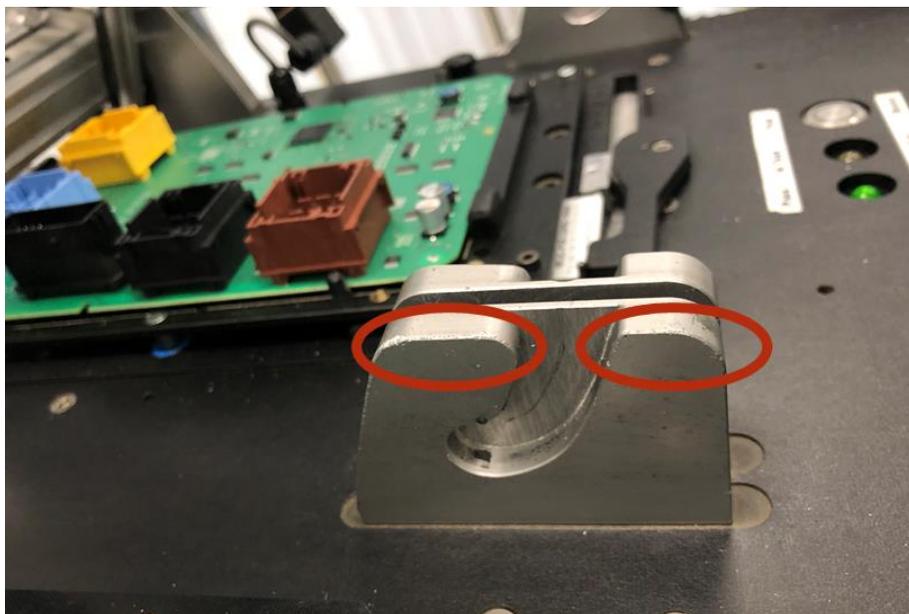


Figura 40: Separação com marcas de choque.

Componentes danificados devido aos pinos guia

Adicionalmente nas bases de MOL verificou-se que os pinos guia têm tamanho e formatos diferentes (Figura 41). Deste modo, o método de *load e unload* não era *standard* o que podia conduzir à danificação das placas, uma vez que a inserção e remoção das placas apresentava diferentes modos de execução devido aos diferentes formatos dos pinos.

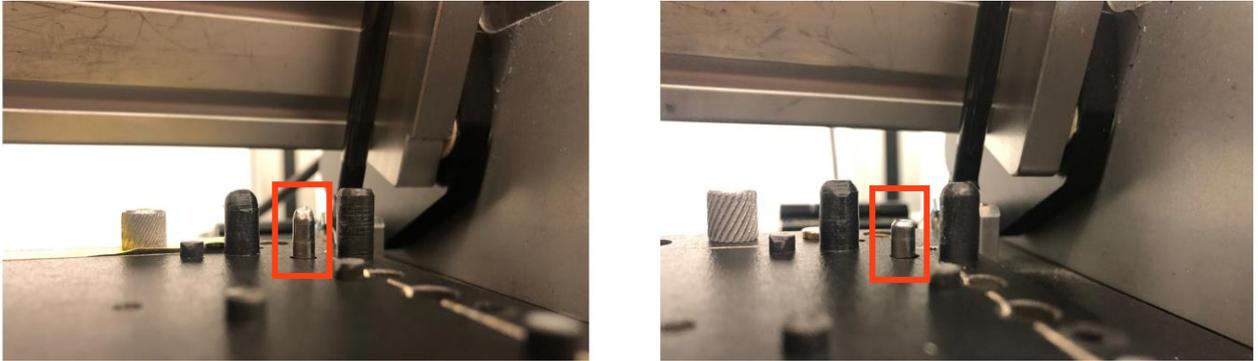


Figura 41: Pinos MOL não standard.

Componentes danificados devido ao posto não ser ergonomicamente projetado

Outra situação observada através de uma análise ao processo foi que os pinos superiores responsáveis por pressionar a placa impediam um fácil acesso ao pino guia superior (Figura 42) o que poderia não permitir cumprir o *standardwork*, ou seja, colocar a placa no pino superior e pousar cuidadosamente no pino inferior.

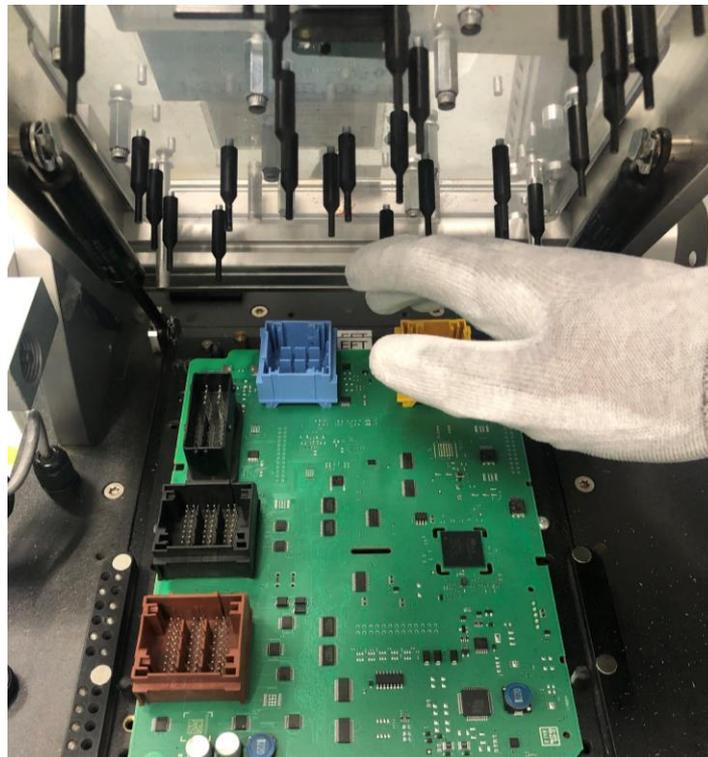


Figura 42: Acesso condicionado à parte superior dp MOL.

Componentes danificados devido à barra de segurança

Ainda relativamente à causa da máquina, seguiu-se para análise dos componentes danificados devido à barra de segurança onde se verificou que as mesmas apresentavam marcas pretas (Figura 43) podendo representar o embate do tabuleiro, ao trocar o tabuleiro do lado do *load* para o lado do *unload* bem como evidência de desgaste, possivelmente causado pelo choque das placas na mesma ao realizar o *unload* das placas da paleta de limpeza.



Figura 43: Evidência de choque das placas na barra de segurança.

Além disso, o movimento do *unload* da paleta de limpeza aumentava o risco de choque na barra de segurança, uma vez que o tabuleiro para colocar as placas se encontrava distanciado do operador, devido a um suporte de teclado, posicionado entre a rampa e a máquina da limpeza, obrigando a uma movimentação mais próxima da barra de segurança (Figura 44).



Figura 44: Tabuleiro distanciado do operador.

Componentes danificados devido às arestas da base da limpeza

Ao observar o posto de limpeza verificou-se ainda que as arestas da base onde a placa é colocada para ir à limpeza são salientes, (Figura 45) representando um risco elevado de danificação dos componentes nas extremidades da placa, durante o movimento de *load* e *unload* das mesmas.

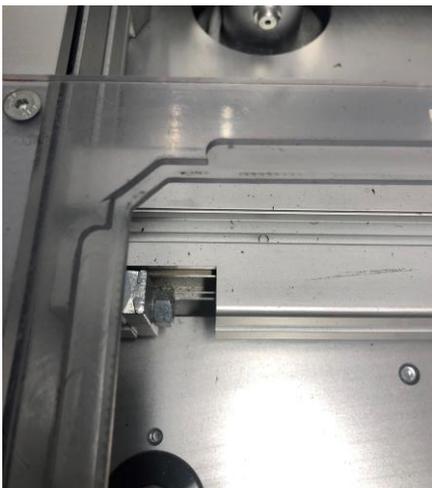


Figura 45: Arestas pontiagudas da paleta da PCB Cleaning.

Componentes danificados devido ao pino central da paleta de coating

Ainda relacionado com a causa máquina, no posto de trabalho de *coating*, foi estudado o movimento de *load* das placas e verificou-se que no trajeto encontrava-se um pino central pontiagudo na base da paleta de *coating* (Figura 46 e Figura 47) havendo um elevado risco de choque de diversos componentes, nomeadamente do R4510, D901 e D61, destacados como críticos anteriormente.

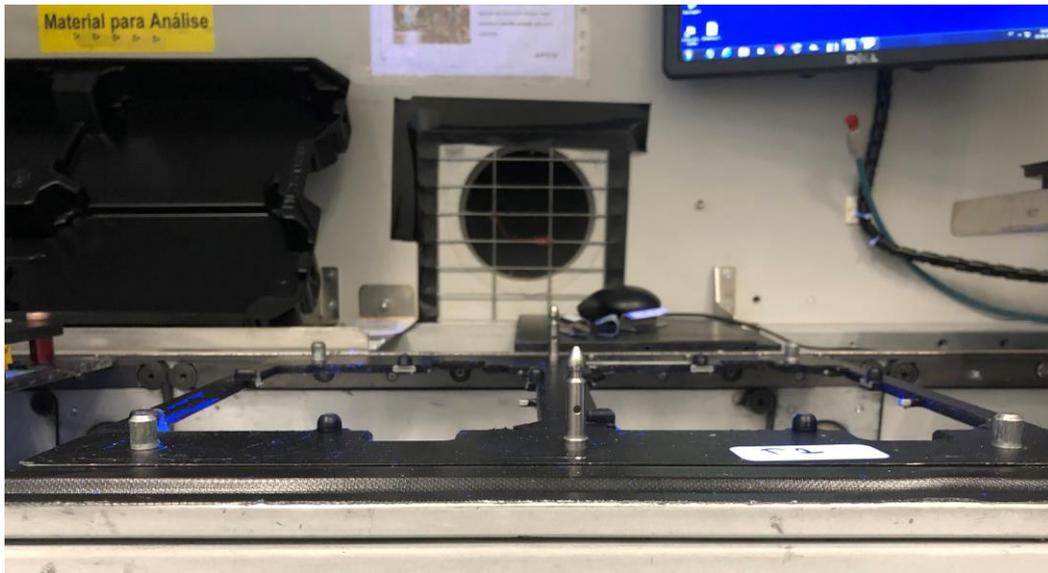


Figura 46: Paleta de coating com pino pontiagudo.

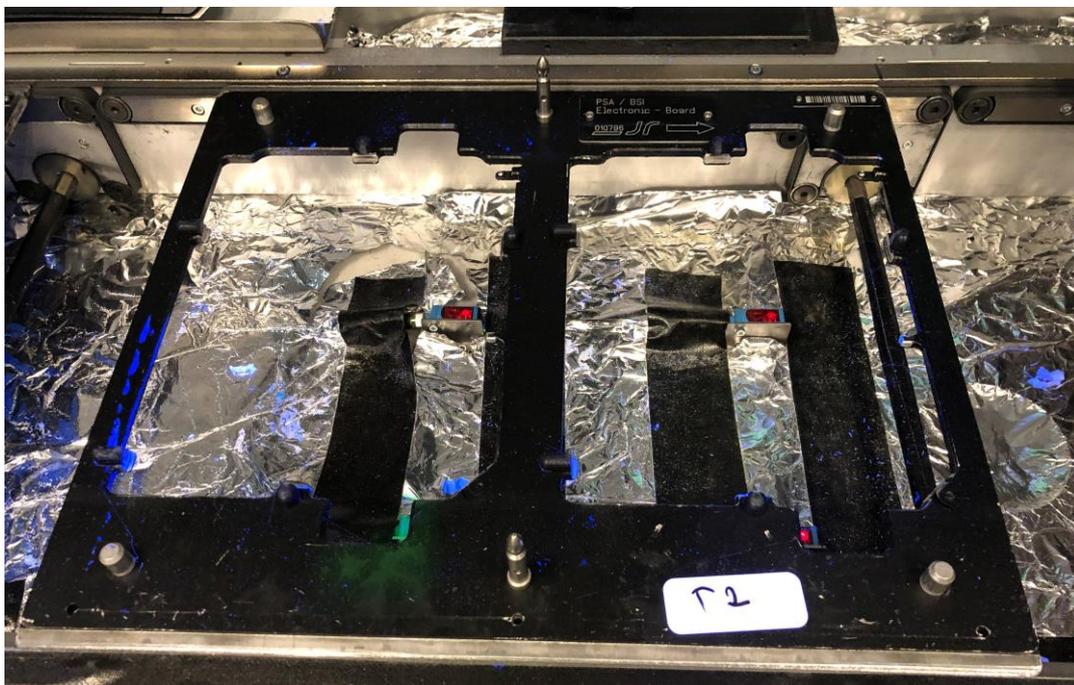


Figura 47: Paleta de coating vista de cima.

Além disso, verificou-se que os operadores faziam o *load* de duas formas: com a paleta do lado direito, identificado com “2” na Figura 48, ou com a paleta do lado esquerdo, identificado com “1” na Figura 48, dependendo do seu ritmo de trabalho, isto é, se o *unload* e posteriormente *load* das placas da paleta do lado direito for realizado mais rapidamente do que está definido para o avanço da paleta na máquina, as operadoras iniciam o *unload* e *load* da paleta do lado esquerdo enquanto aguardam.



Figura 48: Paleta de coating.

Mão de obra

No que diz respeito à mão de obra, esta pode ser devida à falta de *standardwork* dos operadores. Na Figura 49 está representado o correto manuseamento das placas que consiste em segurar no conector amarelo com a mão direita e no conector castanho com a mão esquerda.



Figura 49: Correto manuseamento das placas.

Após alguns dias de observação da linha, foi possível verificar que grande parte dos colaboradores não seguia a instrução de trabalho, manuseando a placa apenas com uma mão (Figura 50) o que provoca maior instabilidade no *load* e *unload* devido à perda de sensibilidade consequência do incorreto manuseamento nos postos de trabalhos, nomeadamente em postos críticos como o MOL, a limpeza e o *coating*.



Figura 50: Incorreto manuseamento das placas.

Método

Relativamente ao método de trabalho, este pode ser devido à instrução de trabalho ser pouca clara ou inadequada. Após uma análise dos postos de trabalho verificou-se que algumas estavam desatualizadas uma vez que ainda estavam adaptadas às paletes de seis cavidades, sendo atualmente de quatro cavidades. Além disso, verificou-se que não era referido aviso ao correto manuseamento das placas eletrónicas nas mesmas.

Meio ambiente

No que diz respeito à causa principal meio ambiente, esta possui as causas ruído e temperatura associadas. Estas duas variantes podem afetar o conforto e concentração dos operadores, impedindo que os mesmos se sintam 100% capazes de executar o seu trabalho de forma eficiente. Deste modo, através da recolha da perceção dos colaboradores, concluiu-se que não há fundamento para avançar com estas hipóteses tendo sido, por isso, descartadas estas potenciais causas.

Medida

Por sua vez, em relação à causa de não haver nenhum teste para detetar o modo de falha, verificou-se que apenas eram detetados componentes danificados nos testes finais, que estão localizados no final da linha e, caso fossem realizados testes nos processos intermédios nomeadamente antes do *coating*, seria possível reparar a placa eletrónica e, conseqüentemente reduzir o refugo.

Transporte

Por fim, uma possível causa identificada foi o não seguimento da *standardwork* no transporte do PCL, quer ao retirar das caixas, quer ao manusear entre postos de trabalho. No que diz respeito aos componentes D901, R4510 e D61 não há evidências desta causa ser responsável pela danificação do mesmo, uma vez que se localizam na parte de baixo da placa e, por isso, estão protegidas pelas extremidades dos tabuleiros.

Em suma, é possível visualizar as causas que se verificaram bem como as que não se encontraram dados as comprovar e, por isso, não foram tidas em consideração (Figura 51).

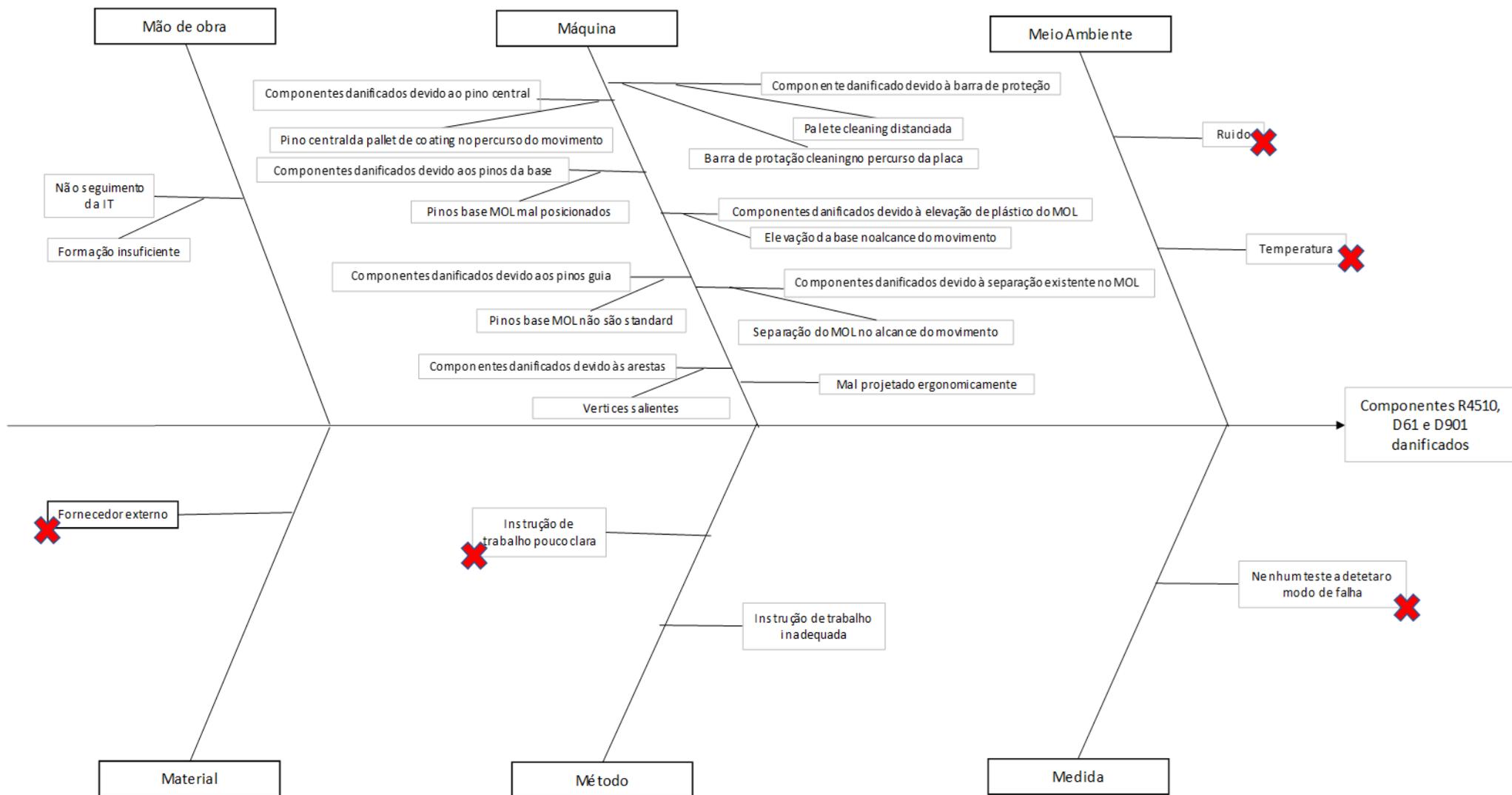


Figura 51: Diagrama de causa efeito resumo.

Relativamente aos componentes D22 e D23, também dada a sua proximidade na placa, foram consideradas as mesmas possíveis causas, sendo estas distintas dos componentes críticos analisados anteriormente, uma vez que se encontram na parte superior da placa e, conseqüentemente, têm modos de falha diferentes.

De seguida, recorreu-se à metodologia 5Why's (Figura 52) que se destaca como sendo uma ferramenta da qualidade frequentemente utilizada para encontrar a causa raiz para um dado problema. Através desta metodologia conseguiu-se entender a série de eventos ocorridos que conduziram ao acontecimento em estudo, ou seja, a danificação dos componentes D22 e D23.

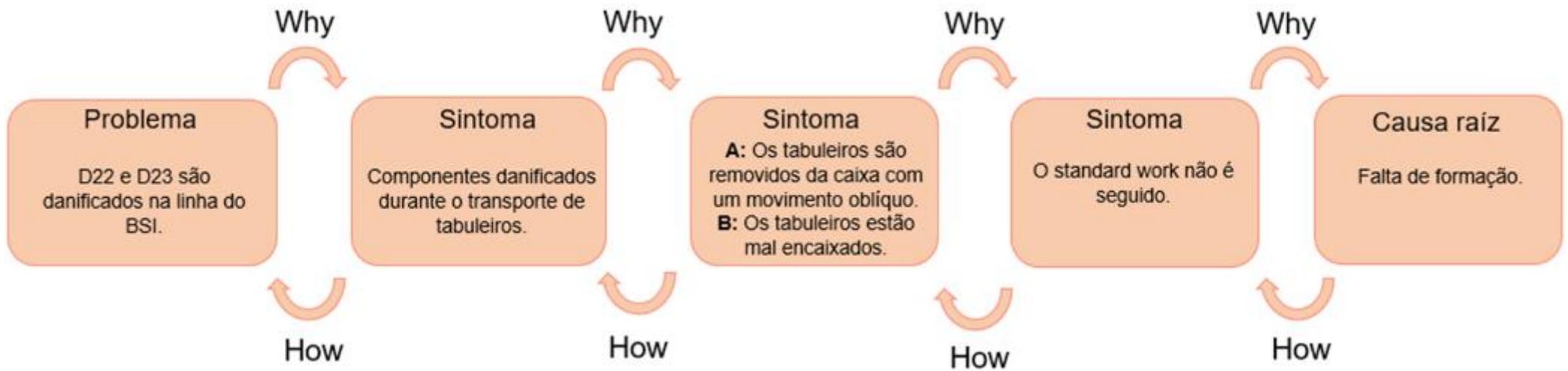


Figura 52: 5 Why's para os componentes D22 e D23.

É possível visualizar a existência de marcas pretas nas placas eletrônicas que comprovam que houve contacto naquela zona pelos tabuleiros, com os componentes D22 e D23 danificados associados (Figura 53). Deste modo, é possível concluir que a danificação destes componentes ocorre durante o transporte.

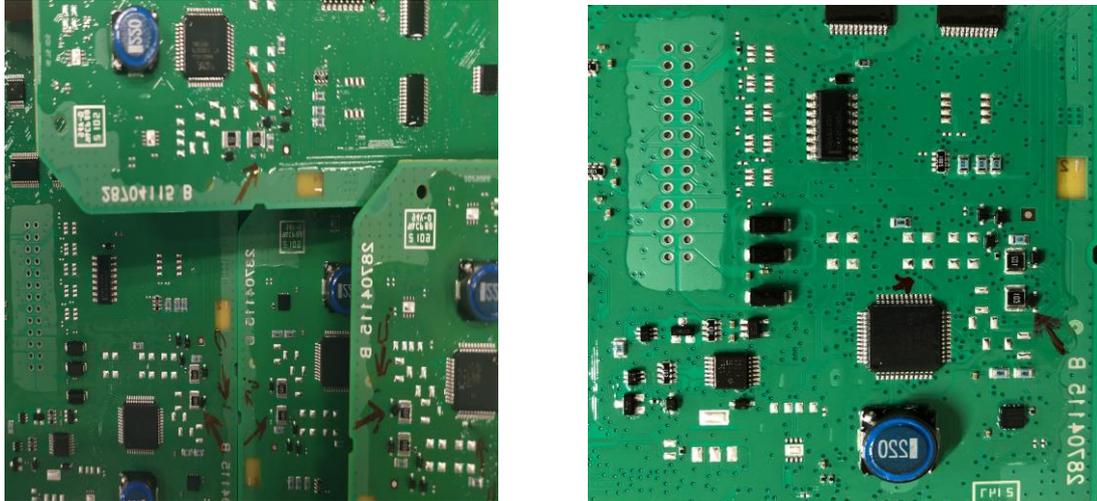


Figura 53: D22 e D23 com marcas pretas nas placas eletrônicas.

O correto manuseamento é retirar dois tabuleiros das caixas, com as duas mãos através de um movimento vertical (Figura 54).



Figura 54: Correto manuseamento dos tabuleiros.

No entanto, verificou-se que os colaboradores de modo a terem de ir menos vezes às caixas e às rampas de WIP manuseiam mais que dois tabuleiros e de forma incorreta, isto é, em vez de executarem um movimento vertical executam um movimento oblíquo (Figura 55) podendo provocar a danificação dos componentes D22 e D23, devido ao choque do tabuleiro superior na parte de cima da placa eletrónica do tabuleiro inferior.



Figura 55: Incorreto manuseamento dos tabuleiros.

Além disso, os tabuleiros só podem ser encaixados de uma forma (Figura 56). No entanto, por vezes os operadores posicionam-nos ao contrário (Figura 57) havendo por isso, maior probabilidade de danificação dos componentes localizados na parte superior da placa eletrónica, devido à possibilidade de queda do tabuleiro superior nas placas localizadas no tabuleiro inferior.



Figura 56: Tabuleiros bem posicionados.



Figura 57: Tabuleiros mal posicionados.

Deste modo, é possível concluir que o incorreto manuseamento e orientação dos tabuleiros ocorre devido à falta de *standardwork*. Por sua vez, inerente ao não do seguimento do *standardwork* está a falta de formação sendo, por isso, a causa raiz para o problema dos componentes D22 e D23 danificados na linha do BSI.

4.4 Melhorar

Consoante as conclusões das causas verificadas para a ocorrência de componentes danificados e através de regulares *brainstormings* com a equipa envolvida neste projeto, nesta fase do ciclo DMAIC, pretende-se implementar propostas de melhoria crucias para atingir o objetivo principal deste projeto.

4.4.1 Causa: pinos da base mal posicionados

Considerando a causa de componentes danificados devido aos pinos da base do MOL, figura 38, procedeu-se à implementação de melhorias com o apoio da equipa de engenharia e a equipa técnica de manutenção. Foi realizada uma análise junto da equipa técnica da viabilidade de retirar o pino que incidia sobre um dos componentes críticos, o R4510. Consequentemente, após uma autorização por parte dos mesmos a base do MOL foi alterada, sendo o pino em questão retirado inicialmente apenas num MOL, de modo a perceber se haviam rejeições associadas à remoção do mesmo. Após uma análise verificou-se que não haviam rejeições nem problemas subjacentes e foram retirados das restantes bases (Figura 58).

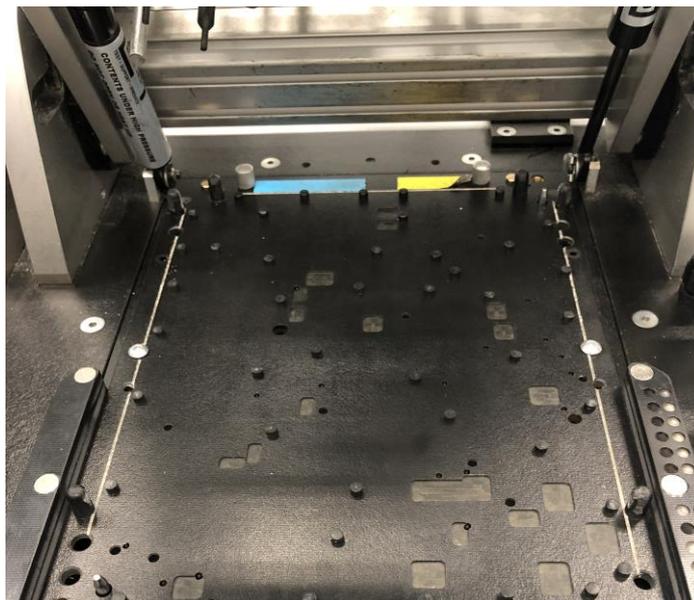


Figura 58: Base Mol sem pino R4510.

4.4.2 Causa: elevação de plástico do MOL

Relativamente aos componentes danificados devido às elevações de plástico, figura 39, inicialmente foi proposta o nivelamento das mesmas de forma a reduzir a altura e conseqüente probabilidade de choque das placas eletrônicas no *load* das mesmas (Figura 59).



Figura 59: Nivelamento da barra de proteção.

No entanto, com esta alteração, o componente R4510, que tinha reduzido drasticamente o número de componentes danificados com a ação corretiva anterior, voltou a ter um aumento significativo, surgindo a necessidade de realizar uma nova auditoria ao posto de trabalho. Após a mesma, foi possível observar que o pino guia era superior à elevação de plástico, figura 62, estando este no percurso do R4510. Após uma análise do movimento em que os componentes R4510 foram danificados, constatou-se que de facto correspondia ao movimento suspeito. Além disso, verificou-se que a barra ainda apresentava marcas de choque das placas eletrônicas na mesma (Figura 60).

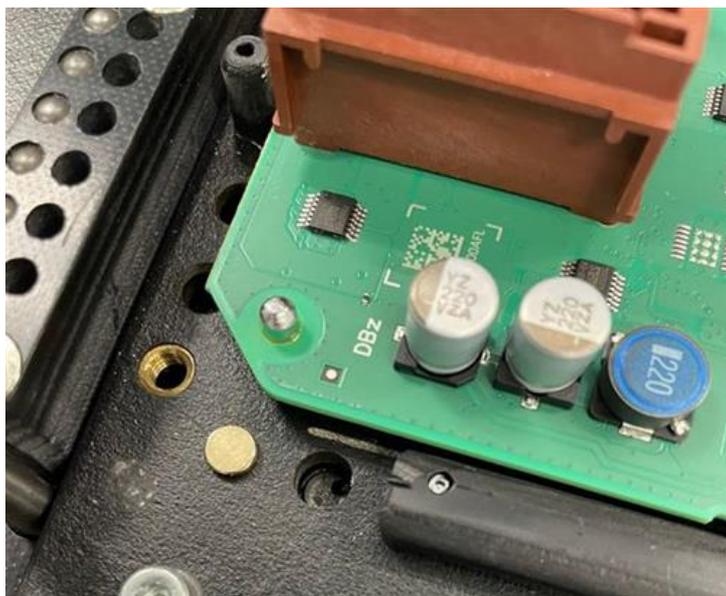


Figura 60: Problemas associados à mesma alteração.

Deste modo, foi proposta o aumento da altura e largura da barra de proteção (Figura 61) com o propósito de combater o problema do pino guia ser superior à barra, eliminando a possibilidade de choque na mesma (Figura 62).



Figura 61: Barra antiga vs barra nova.

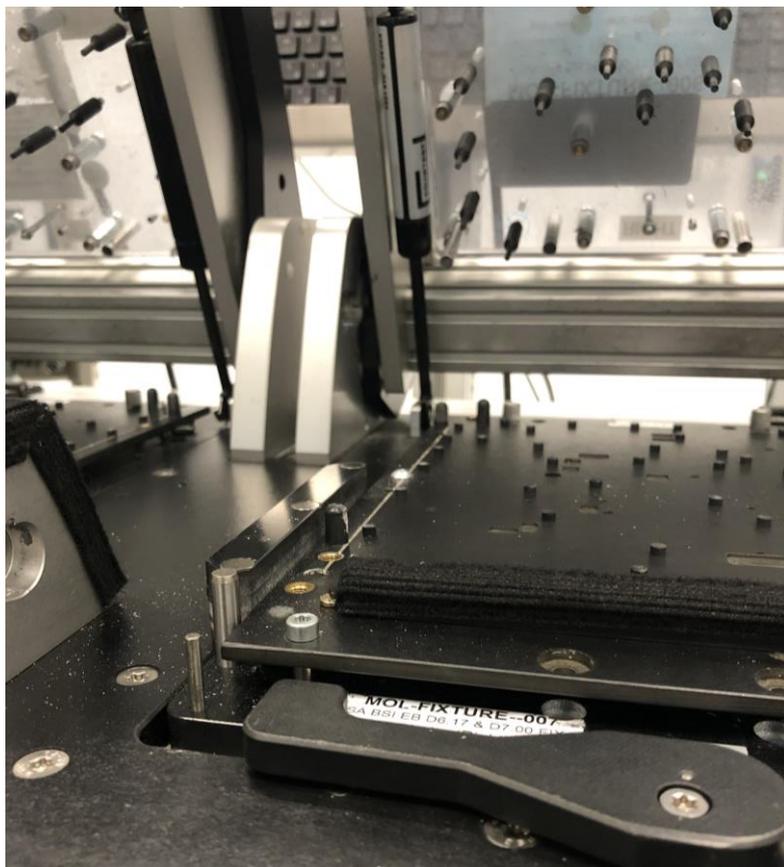


Figura 62: Barra de proteção superior ao pino guia.

No que diz respeito às marcas de choque, foi proposta a proteção com um material amortecedor (Figura 63) com a finalidade de reduzir o risco de danificação no caso de impacto na mesma.

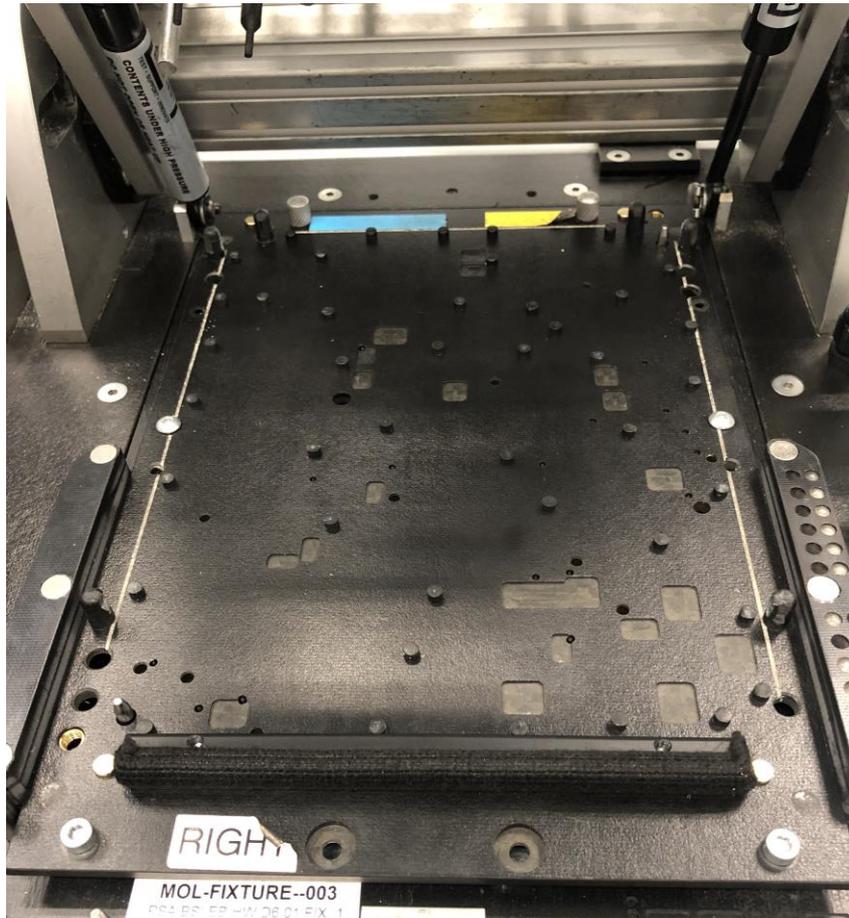


Figura 63: Barra de plástico protegida com material ESD.

4.4.3 Causa: separação das bases MOL

Relativamente à causa da separação das bases MOL que se encontra no alcance do movimento do *load* da base direita e do *unload* da base esquerda, Figura 40, foi sugerida o revestimento das mesmas com um material amortecedor, reduzindo o risco de danificação na eventualidade de toque da placa eletrónica na mesma (Figura 64).

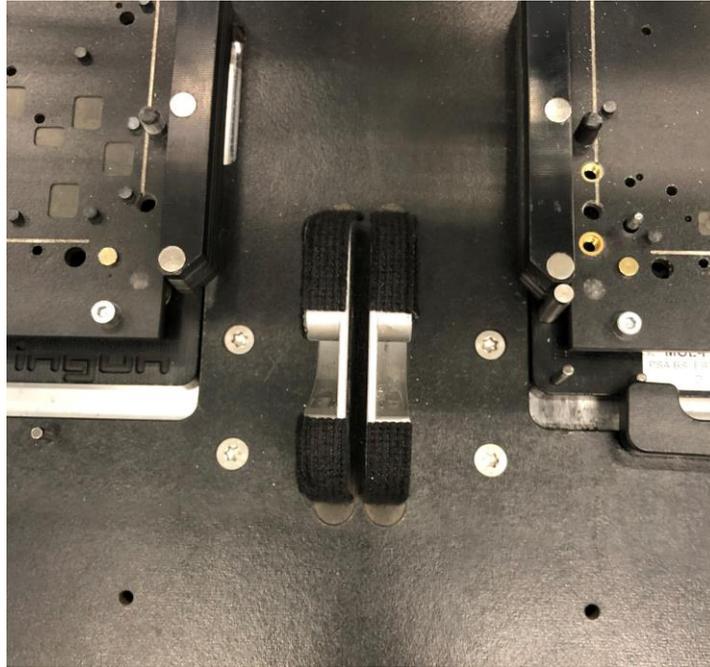


Figura 64: Separação protegida.

4.4.4 Causa: pinos guia não standard

No que diz respeito à causa dos pinos guia não *standard*, sugeriu-se a alteração dos mesmos de modo a torná-los iguais. Desta forma, através do estudo do posto de trabalho, identificou-se qual seria o tamanho ideal de pinos bem como o formato adequado. Relativamente ao tamanho determinou-se um que fosse visível para o encaixe de modo a garantir a correta colocação nos mesmos. Por sua vez, o formato ideal seria arredondado de modo a permitir o fácil encaixe das placas eletrónicas. A proposta de pinos está representada na Figura 65. Foi solicitado um pedido de orçamento ao fornecedor para os 24 pinos necessários. Após esta definição, foi marcada uma reunião com a equipa de modo a apresentar a alteração com o propósito de justificar o orçamento inerente à alteração. Após a apresentação, os mesmos foram aprovados e foi lançado o pedido ao fornecedor.

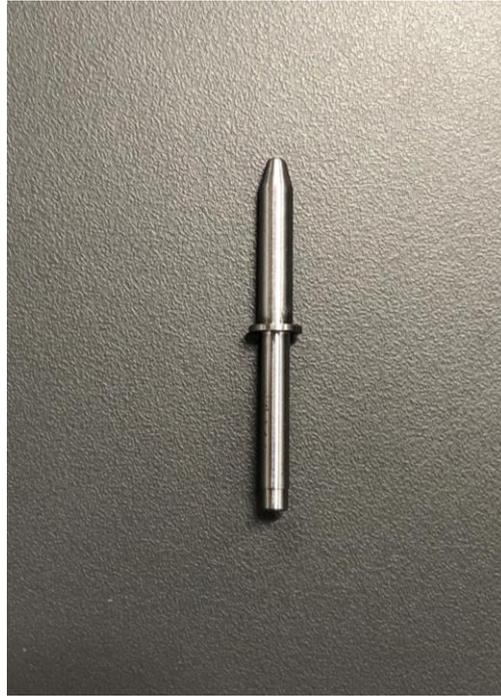


Figura 65: Nova proposta de pino.

4.4.5 Causa: não estar ergonomicamente projetado

Relativamente à causa ergonomicamente mal projetado correspondente aos pinos superiores impedirem a fácil colocação das placas foi avaliada a possibilidade de retirar os pinos das extremidades de modo a facilitar o correto manuseamento das placas eletrónicas. Inicialmente foi retirada numa máquina MOL de modo a verificar se ocorriam falhas. Após verificar que não existiram danos inerentes à sua remoção, foram retiradas das restantes bases (Figura 66).



Figura 66: Remoção dos pinos superiores.

4.4.6 Causa: barra de segurança

Tendo por base a causa dos componentes danificados devido à barra de segurança, figura 45 e 46, procedeu-se à implementação de medidas de correção. Deste modo, de forma a resolver o problema da distância do tabuleiro ao operador, foi retirado o teclado que impedia a junção total da rampa à máquina, reduzindo desta forma a distância a percorrer no *unload* e consequentemente reduzir a probabilidade de choque com a barra de segurança. A situação atual pode ser verificada na Figura 67.

Além disso, sugeriu-se a alteração das barras de proteção de modo a tentar reduzir o seu tamanho bem como localização, de forma a reduzir o choque nas mesmas.



Figura 67: Aproximação da rampa à máquina.

4.4.7 Causa: arestas salientes da paleta de limpeza

Relativamente à causa das arestas salientes da máquina da limpeza foi sugerida a proteção das arestas com um material amortecedor de modo a reduzir a danificação no caso de impacto com a mesma. Neste sentido, foi aplicado um revestimento nas arestas (Figura 68).

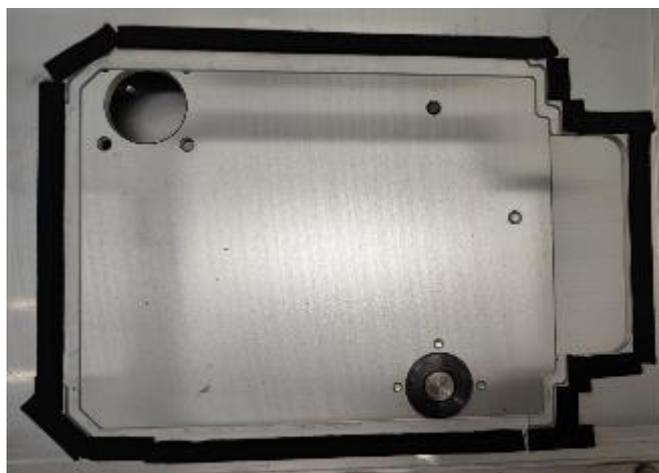


Figura 68: Paleta limpeza alterada.

4.4.8 Causa: pino central na paleta de coating

No que diz respeito aos componentes danificados devido ao pino central, figura 48, foi discutido com o Engenheiro Industrial e o fornecedor externo uma possível solução. Deste modo, idealizou-se uma paleta em que o pino de encaixe ficaria na parte superior eliminando o risco de impacto da placa no pino no *load/unload*, uma vez que a parte inferior da paleta seria lisa, sem elevações que proporcionassem possíveis choques das placas eletrônicas (Figura 69).

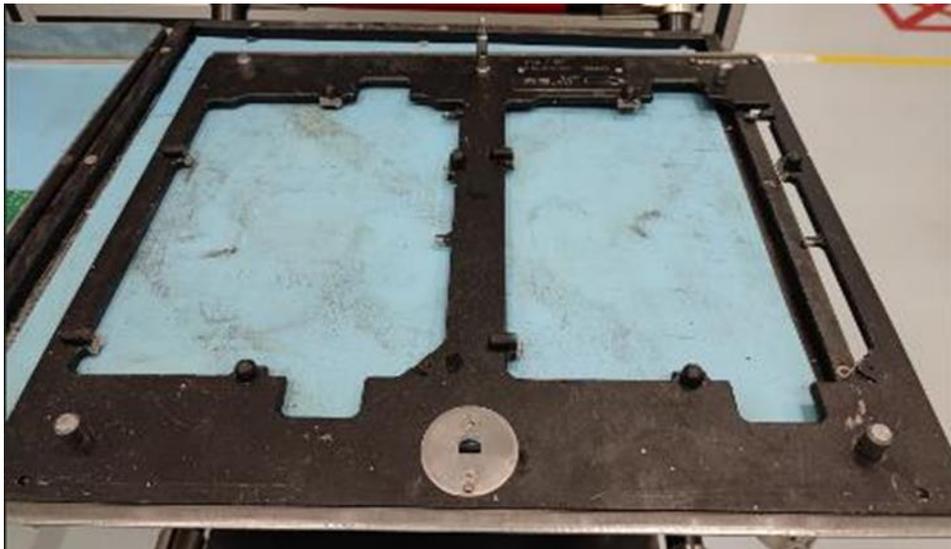


Figura 69: Nova proposta de paleta.

Neste sentido, foi pedido ao fornecedor uma paleta exemplo bem como o orçamento para retrabalhar todas as paletes necessárias no fluxo do *coating*, isto é, 40 paletes. Após a receção do mesmo, foi realizado um estudo de modo a verificar a viabilidade da alteração, tendo por base o retorno de um ano e meio exigido pela Aptiv para todos os investimentos.

Como referido anteriormente, um componente danificado numa placa eletrónica origina automaticamente refugo da mesma. Deste foi realizado o seguinte raciocínio (Figura 70):

- Refugo de uma placa eletrónica: 32€;
- Volume de produção – BSI (10 de fevereiro a 9 de março): 72381 peças;
- Volume de produção – BSI (1 ano de produção): 1366461 peças.

<p>Refugo de placas eletrônicas com componentes danificados (de 10 de fevereiro a 9 de março):</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Coating</i>: 448,00 € • <i>Coating</i> ou MOL: 512,00 € <p>Total: 960,00 €</p>	<p>Refugo de placas eletrônicas com componentes danificados (previstas para 1 ano):</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Coating</i>: 5376,00 € • <i>Coating</i> ou MOL: 6144€ <p>Total: 11520,00 €</p>
---	--

Figura 70: Refugo associado às placas eletrônicas.

O orçamento dado pelo fornecedor para o retrabalho das 40 paletes foi de 8 000€. Deste modo, este custo de retrabalho irá ser pago em aproximadamente um ano e meio, tendo por base os componentes que são danificados apenas no *coating*, apresentados anteriormente, representando assim o retorno estabelecido pela empresa para a implementação de projetos.

Neste sentido, foi realizada uma reunião com a equipa envolvida, apresentando o estudo realizado (Apêndice 1) bem como a proposta da nova paleta.

Complementarmente, de modo a conhecer a perceção dos colaboradores na linha de produção, a alteração foi introduzida e acompanhada durante duas horas, no turno da manhã e no turno da tarde. O *feedback* dos mesmos foi bastante positivo, onde mencionaram que a nova paleta lhes facilitava o fecho uma vez que não necessitavam de fazer tanta pressão no encaixe ao realizar o fecho.

Deste modo, a nova proposta além de reduzir o número de componentes danificados, devido à remoção do pino central que se encontra atualmente no alcance do movimento, também proporciona maior facilidade na sua utilização, melhorando ergonomicamente o posto.

4.4.9 Causa: Mão de obra

Relativamente ao não seguimento da instrução de trabalho, propôs-se a elaboração de uma formação de *Handling with care* dedicada à linha do BSI, Apêndice 6, com os colaboradores por grupo na linha, com o propósito de demonstrar em cada posto de trabalho a maneira correta de manusear. Além disso, foi criado um *quality alert* para o posto do MOL, no mês de maio, quando surgiu uma elevada percentagem de componentes danificados neste posto, devido à primeira alteração das barras de plástico anteriormente explicada (Apêndice 2).

4.4.10 Causa: Instrução de trabalho desatualizada

De modo a colmatar a causa das instruções de trabalho estarem desatualizadas, foi realizada uma atualização das mesmas correspondentes aos postos de trabalho do MOL, limpeza e *coating*, (Apêndices 3, 4 e 5, respetivamente). Complementarmente, foi colocado um aviso em todas as instruções de trabalho, sobre o correto manuseamento das placas.

4.4.11 Componentes danificados devido ao transporte

Por sua vez, no que diz respeito aos componentes danificados devido ao transporte, foi realizada uma apresentação com a alteração do *design* dos tabuleiros, Apêndice 7, de modo a reduzir o impacto do tabuleiro superior nos componentes D22 e D23. Deste modo, sugeriu-se a o fecho da área selecionada na Figura 71.

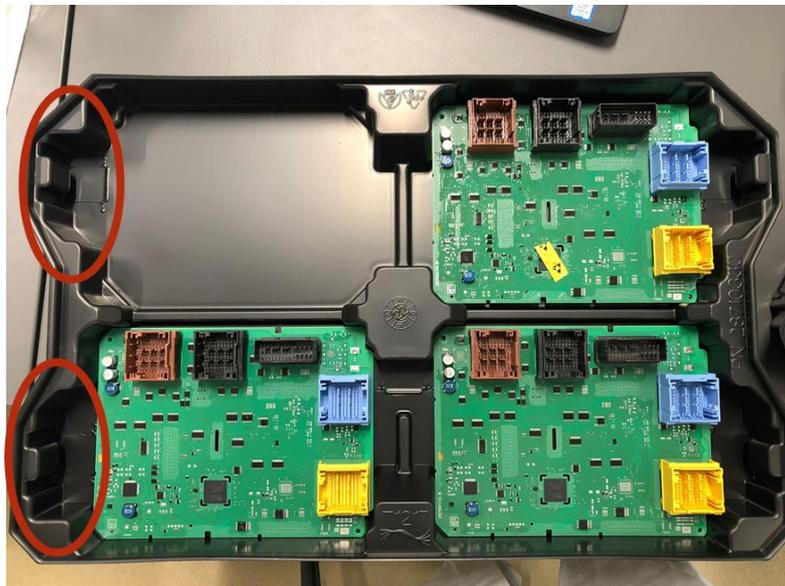


Figura 71: Zona de alteração dos tabuleiros.

Com o fecho do lado esquerdo do tabuleiro (Figura 72) mesmo no caso de ocorrer um mau manuseamento, o risco de impacto nos componentes mais críticos é reduzido, dado que o tabuleiro superior inclinado começa logo por embater no conetor castanho, não conseguindo alcançar o D22 e D23.

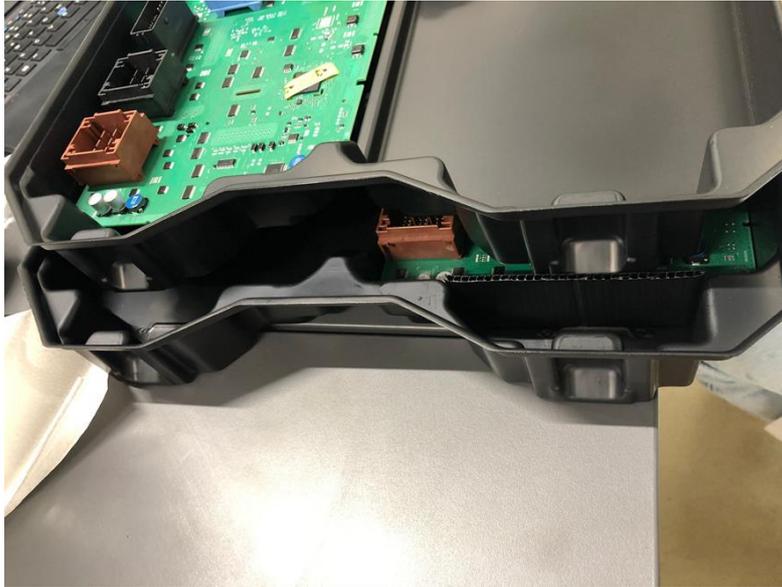


Figura 72: Simulação do fecho do tabuleiro.

Através desta alteração, as placas passam a ser manuseadas todas pelos conectores castanho e amarelo ou pelo lado direito de acordo com a Figura 73.

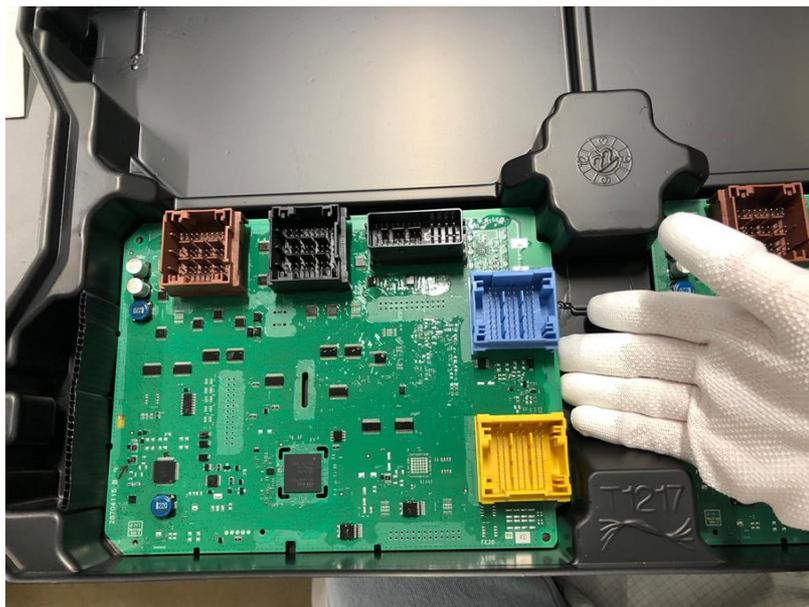


Figura 73: Modo de manusear as placas.

Na tabela seguinte, Tabela 5, encontra-se uma tabela resumo constituída pelos componentes afetados, a causa raiz da sua danificação, a ação corretiva proposta bem como o posto de trabalho onde ocorrerá.

Tabela 5: Resumos das ações corretivas.

Número	Componente danificado	Causa raiz	Ação corretiva	Posto de trabalho
1	R4510	Pino incidia sobre componente	Remoção dos pinos que incidiam no componente de todas as bases do MOL	MOL
2	R4510, D901, D61	Pinos não standard	Standardização de todos os pinos	MOL
3	R4510, D901, D61	Barra de plástico no percurso de load das placas	Retrabalho da barra de plástico	MOL
4	D901, D61	Separação de metal	Proteção da separação	MOL
5	D901, R4510, D61	Posto não projetado ergonomicamente	Remoção dos pinos superiores, junto ao pino guia superior	MOL
6	todos	Instruções de trabalho não atualizadas	Atualização das instruções de trabalho	MOL, Limpeza, Coating
7	D901, R4510, D61	Choque na barra de proteção	Alteração do formato da barra de proteção	Limpeza
8			Aproximação do tabuleiro do movimento de unload	
9	D61, R4510, D901	Vertices perigosos	Proteção dos vertices	Limpeza
10	D61, R4510, D901	Pino central	Alteração da palete de coating	Coating
11	D22, D23	Tabuleiros mal posicionados	Formação Handling with care	MOL, Limpeza, Coating
12		Incorreto manuseamento ao retirar	Alteração dos tabuleiros	PCL
13	todos	Não seguimento do standard work	Formação Handling with care	PCL, MOL, Limpeza, Coating

4.4.12 Matriz impacto esforço

Tendo por base a limitação temporal inerente ao projeto, foi elaborada uma matriz impacto esforço, de forma a priorizar as medidas a serem implementadas. Consequentemente para cada ação proposta foi avaliado o seu nível de impacto esforço e, posteriormente, foi realizada uma matriz de priorização. O nível de impacto caracteriza-se pelos benefícios que a melhoria traz para a redução dos componentes danificados na linha em estudo. Por sua vez, o nível de esforço representa o esforço necessário em termos de recursos para a implementação da melhoria proposta. Deste modo, foi considerada a seguinte divisão:

- Fazer imediatamente: estas ações devem ser realizadas de imediato, uma vez que são resultantes de um alto impacto e de um baixo esforço;
- Agendar para fazer: estas ações devem ser planeadas para realizar, uma vez que embora representem um alto impacto para a organização, necessitam de recursos para a sua implementação, isto é, custo e tempo de implementação.
- Fazer quando houver disponibilidade: estas ações embora exijam um baixo esforço para a organização, não revelam um grande impacto na sua implementação e, por essa razão, devem ser analisadas novamente de modo a estudar a sua viabilidade.
- Deixar no plano de ações: estas ações devem se possível ser evitadas, uma vez que se necessita de muitos recursos sendo que o seu impacto para a organização se revele reduzido.

No gráfico seguinte (

Figura 74) estão representadas as ações numeradas de acordo com a tabela 4 apresentada anteriormente.

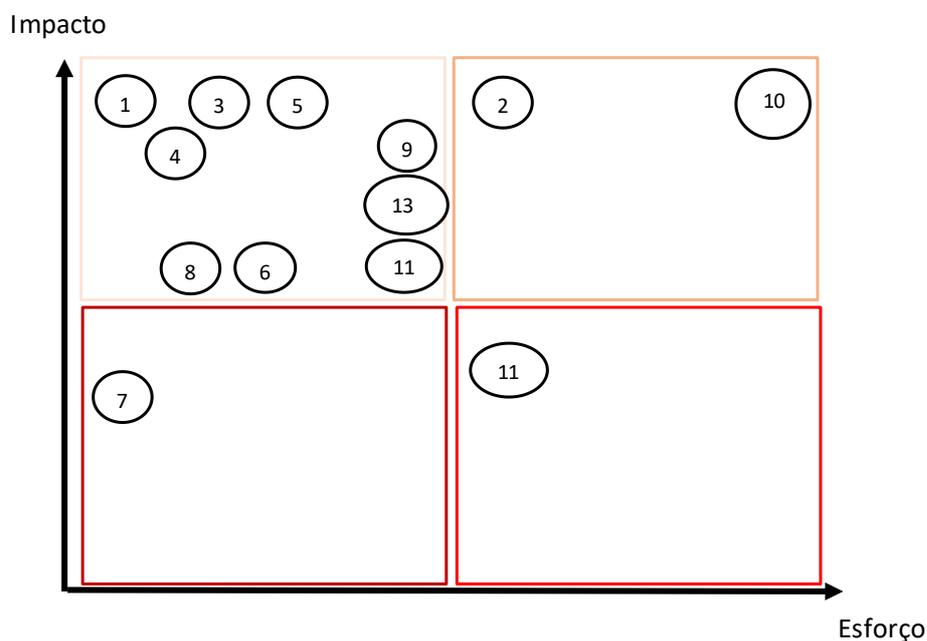


Figura 74: Matriz impacto esforço.

Deste modo, a equipa decidiu implementar as ações referentes aos quadrantes “fazer imediatamente” e “agendar para fazer” uma vez que os restantes quadrantes se revelam de baixo impacto para a organização e/ou apresentam elevado investimento para os retornos proporcionados.

Assim, inicialmente foram realizadas as ações “fazer imediatamente” uma vez que se necessitava de um baixo esforço e as ações proporcionariam um grande impacto. De seguida, procedeu-se à implementação das ações “agendar para fazer” dado serem ações que requeriam investimento e tempo para serem implementadas.

Com o propósito de complementar e justificar as propostas de melhoria apresentadas anteriormente, foi utilizada a metodologia 5W2H, tabela 5, de modo a representar qual era a medida a tomar, o motivo pelo qual ocorre, como é que se vai implementar a medida proposta, quem a vai implementar, quando se vai aplicar, onde e qual é o investimento associado a essa alteração. De notar que para a Tabela 6 apenas foi considerado o investimento no caso da necessidade de encomendar material.

Tabela 6: 5W2H das ações propostas.

What	Why	How	Who	When	Where	How much
Retirar o pino de todas as bases MOL	Incidia sobre o componente R4510	Remoção dos pinos de todas as bases do MOL e testar a viabilidade da remoção dos mesmos	Equipa de manutenção	fevereiro	MOL	0 €
Solicitar fabrico de pinos guia standard	Pinos com diferentes tamanhos e formatos	Alteração dos pinos atuais, por uns pinos standard com um formato adequado à inserção	Fornecedor A	maio	MOL	500 €
Proteger separação com material resistente	Choque das placas na separação	Proteção da separação com um material capaz de amortecer a intensidade do choque	Eduarda Oliveira, Arminda Gomes e Nuno Alvim	abril	MOL	0 €
Nivelar barra de plástico	Choque das placas na barra	Nivelamento das barras de proteção, através da redução da altura nas extremidades	Equipa de serralharia	maio	MOL	0 €
Aumentar tamanho e altura barra de plástico	Pino guia maior que a barra e danificiava o componente R4510	Fabricação de novas barras de plástico, mais altas e compridas	Equipa de serralharia	junho	MOL	0 €
Aproximar o tabuleiro do unload	Choque das placas na barra de proteção	Aproximação do tabuleiro do unload, através da remoção do teclado	Jorge Oliveira	abril	PCB cleaning	0 €
Proteger as arestas	Arestas salientes no alcance do movimento	Proteção das arestas com material anti estático	Eduarda Oliveira e Nuno Alvim	maio	PCB cleaning	0 €
Alterar palete de coating	Pino pontiagudo no alcance do movimento	Alteração da palete de coating, removendo o pino pontiagudo	Fornecedor A	julho-setembro	Coating	8 000 €
Alterar tabuleiros	Parte inferior do tabuleiro toca nos componentes da placa	Alteração dos tabuleiros, aumentado as paredes laterais do lado esquerdo	Fornecedor B	pendente	PCL	50 000 €

4.5 Controlo

Por fim, a última fase do ciclo DMAIC, controlo, revela-se crucial para o sucesso de qualquer projeto Seis Sigma, dado que, se as medidas anteriormente implementadas não forem devidamente monitorizadas e sustentadas, poderão voltar ao estado inicial. Assim, através desta fase é possível sustentar as ações de melhoria propostas.

4.5.1 Evolução dos componentes danificados

Na fase definir foi referido que, tendo por base a melhoria contínua, o objetivo era reduzir o número de componentes danificados da linha BSI de 550 ppm para 500 ppm, representando uma redução de 10%. Deste modo, foi estudada a evolução dos componentes danificados em ppm, no ano de 2022 (Figura 75) à medida que as ações de melhoria foram implementadas.

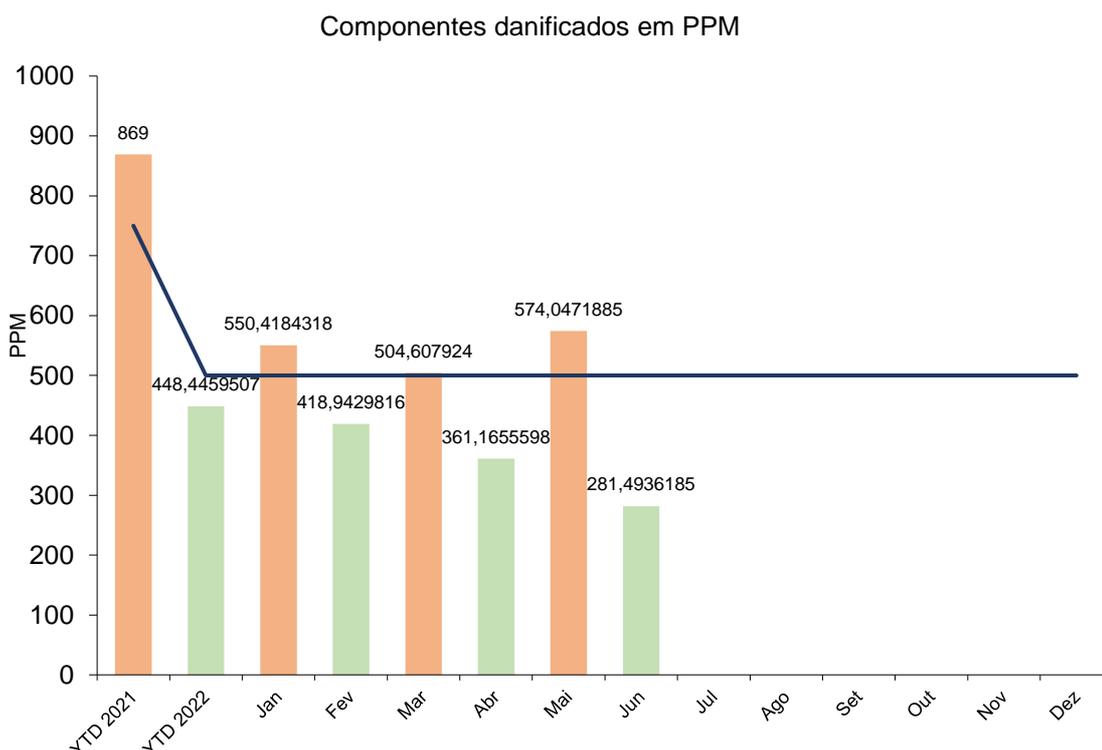


Figura 75: Evolução dos componentes danificados em PPM.

Através da análise do gráfico, é possível verificar que após as ações anteriormente propostas terem sido aplicadas, houve uma redução, no mês de junho, de 46% em relação ao *target*, o que permite concluir

que o objetivo do projeto da redução de 550 ppm, referentes ao mês de janeiro, para 500 ppm foi cumprido.

Além disso, com o propósito de analisar o historial dos componentes críticos definidos na fase *define*, R4510, D901, D61, D22 e D23 foi realizado um gráfico com a evolução dos mesmos ao longo do primeiro semestre de 2022 (Figura 76).

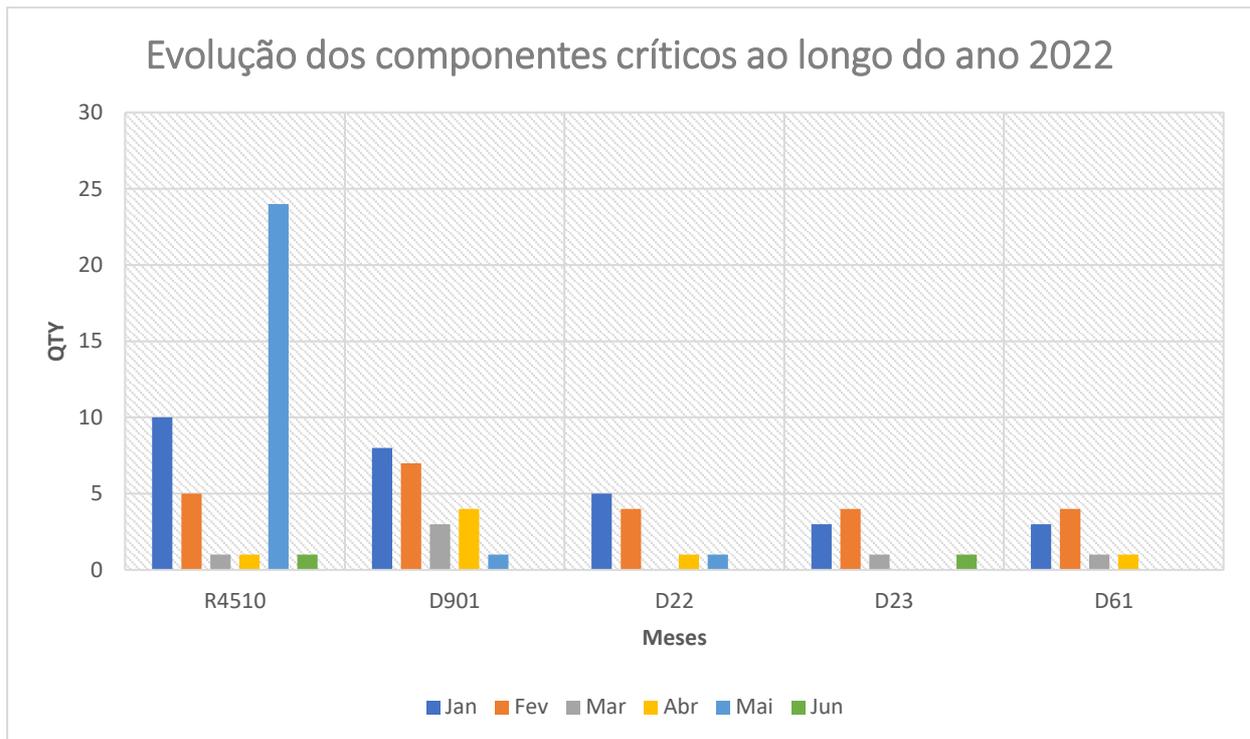


Figura 76: Evolução dos componentes críticos ao longo do ano 2022.

É de notar que ao longo do projeto, foram recolhidos diariamente os dados de refugo, com a finalidade de monitorizar os componentes e agir em conformidade com o comportamento dos mesmos ao longo da implementação de todas as ações. Além disso, é possível verificar que houve uma redução no número de componentes danificados ao longo do tempo, através da implementação das ações corretivas e melhoria contínua das mesmas.

4.5.2 Plano de Controlo

De forma a sustentar os resultados a equipa definiu medidas que considera cruciais para o efeito. Assim, foi realizado um plano de controlo, que permitirá monitorizar e sustentar os ganhos obtidos (Figura 77).

Plano Controlo

Projeto: Redução dos componentes danificados na linha BSI.
 Equipa: Eduarda Oliveira e Arminda Gomes
 Sponsor: Arminda Gomes

Data (Orig): 27/06/2022
 Data (Rev):
 Assinatura: Eduarda Oliveira

Departamento	O que necessita de ser controlado?	Objetivo	Mecanismos de Controlo	Measuring Plan				Response Plan		
				Técnicas de Medição	Tamanho da amostra	Frequencia	Quem mede?	Ação	Timing	Responsável
Dep. Qualidade	Standardwork	Cumprir o standardwork em todo o processo	Auditorias	Visual	100%	Todas as TIER 0	Area Leader	Validar ferramentas	Todas as TIER 0	Team Leader
Dep. Qualidade	<i>Componentes danificados</i>	Garantir que todos os colaboradores têm consciência dos problemas existentes	<i>Auditorias</i>	Visual	Todas as placas danificadas	Todas as TIER 0	Area Leader	Analisar produção	Todas as TIER 0	<i>Team Leader</i>
Dep. Manutenção	Proteções dos pontos críticos com material ESD	Garantir que as proteções estão em bom estado	Manutenção autónoma	<i>Visual</i>	100%	1x/semana	Operador	Proteger com material ESD	1 dia	<i>Team Leader</i>
Dep. Qualidade	Pontos críticos de ocorrência de componentes danificados	Garantir o alerta em casos considerados de risco para as placas	Auditorias	<i>Visual</i>	100%	Quando necessário	Eng. Qualidade	Criação de quality alerts	1 dia	<i>Team Leader</i>
Dep. Engenharia	Implementação das paletes de coating	Garantir a implementação e monitorização da alteração.	Auditorias	<i>Visual</i>	40 paletes	Quando necessário	Eng. Industrial	Implementação da ação de substituição das melhorias	6 meses	<i>Eng. Qualidade</i>

Figura 77: Plano de controlo.

4.5.3 Cálculo do nível sigma atual

Com o propósito de comparar com o nível sigma calculado inicialmente foram recolhidos os dados referentes à quantidade produzida do mês de junho bem como o número de unidades danificadas nesse período e com base nisso, foi calculado o número de componentes danificados em ppm. Posteriormente, tendo todos os dados necessários recorreu-se à utilização de uma calculadora sigma, disponibilizada online, com a finalidade de calcular o nível sigma atual (Figura 78).

✓ Calculation results		
Control Level	3.67 Sigma	
Yield	99.9753%	
Defects (%)	0.0247%	
DPMO	246.629	
Rolling Throughput Yield (RTY)	94.09%	
Defect Units (%)	5.91%	
DPM	59,106.17	

Figura 78: Nível sigma atual.

O nível sigma atual é de 3,67, o que se traduz num desempenho de 99,9753% e uma taxa de produtos defeituosos de 0,0247% o que representa uma melhoria em relação ao estado inicial de 0,0163%.

5. RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos através da aplicação do projeto Seis Sigma suportado pela metodologia DMAIC. Tendo por base os componentes críticos identificados na primeira fase do ciclo, foi estudada para cada um deles a evolução ao longo dos meses do projeto bem como realizada uma análise de forma a entender se as ações corretivas implementadas surtiram o seu efeito. Além disso, foram calculados os custos associados às perdas de placas eletrônicas no mês de junho e posteriormente previstos para o ano de 2022. Por fim, foi realizada uma comparação entre a quantidade de placas eletrônicas danificadas bem como custos associados às mesmas antes e depois da implementação das medidas corretivas.

5.1 Componente R4510

No que diz respeito ao componente R4510, um dos componentes mais críticos ao longo do ano 2021, foi realizado um gráfico para estudar o comportamento do mesmo ao longo do primeiro semestre de 2022 (Figura 79).

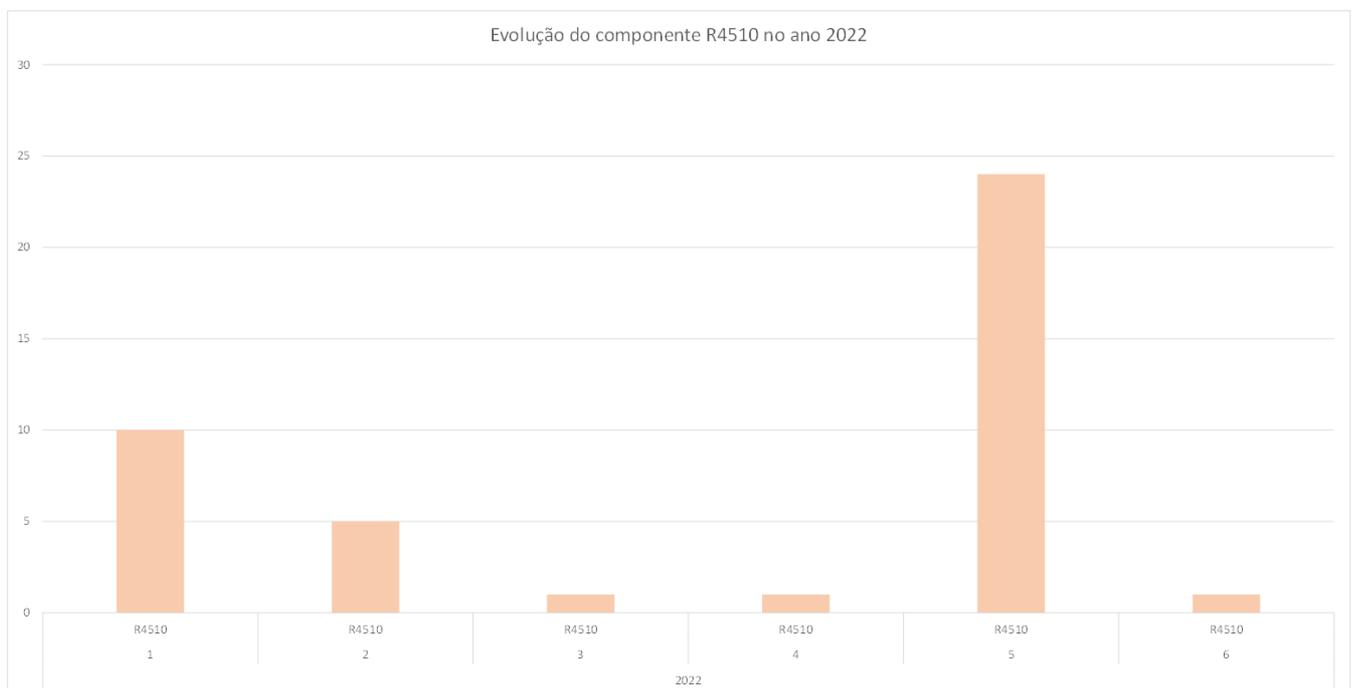


Figura 79: Evolução do componente R4510 no primeiro semestre do ano 2022.

Através da análise do gráfico é possível verificar que houve uma redução de 50% no mês de fevereiro em relação ao mês de janeiro que é justificado pela remoção do pino da base do MOL que incidia sobre esse componente. Como consequência dessa remoção o mês de março e abril tiveram apenas 1 componente danificado. No que diz respeito ao mês de maio, este foi caracterizado por um pico de 24 componentes

R4510 danificados como consequência do nivelamento da barra de plástico do MOL que, como anteriormente mencionado, conduziu ao pino guia ficar mais alto que a barra e no percurso do *load* da placa eletrónica, especificamente do componente R4510. No início do mês de junho, esta barra foi novamente retrabalhada deixando de estar abaixo do pino guia. Inerente a esta alteração houve uma redução para 1 componente danificado no mês de junho.

5.2 Componente D901

Por sua vez, para o componente D901 também destacado como um dos mais críticos no ano de 2021 e o segundo mais problemático no mês de janeiro, foi também analisada a sua evolução (Figura 80).

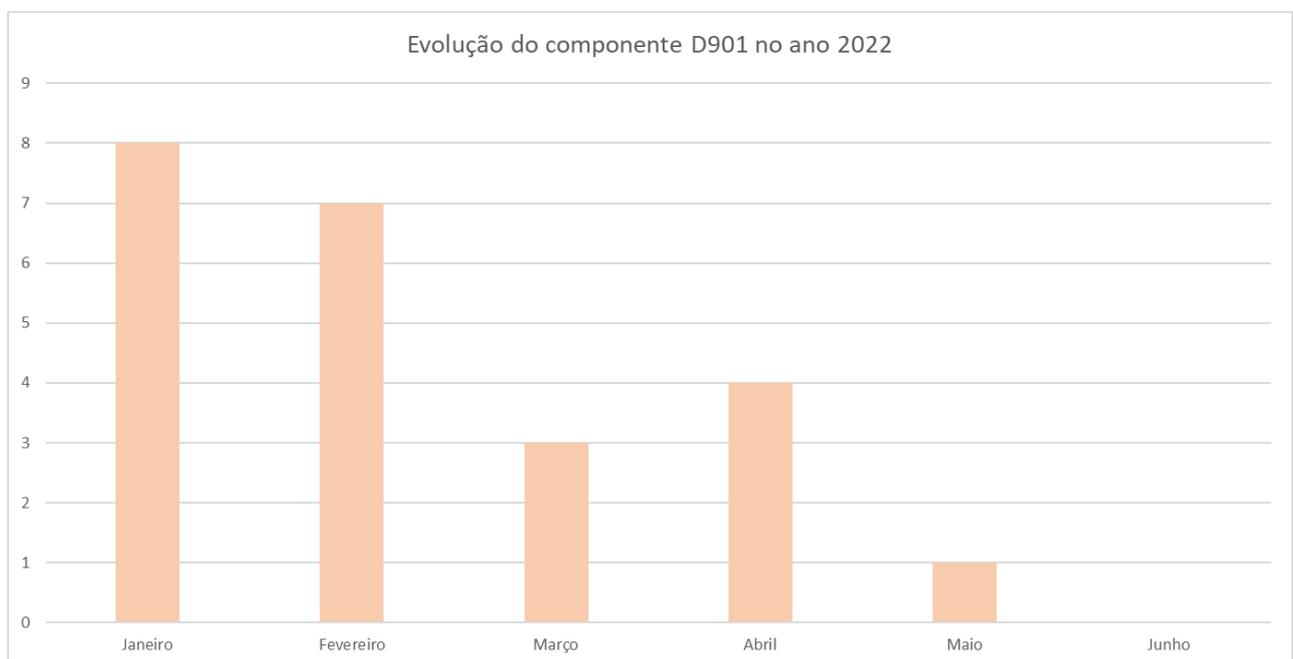


Figura 80: Evolução do componente D901 no primeiro semestre do ano 2022.

Através da análise da Figura 80 é possível verificar que no mês de maio, após a proteção dos separadores MOL com um material amortecedor adequado a percentagem de componentes danificados reduziu para 1. Complementarmente, no início de junho com o retrabalho da barra de plástico o número de componentes danificados reduziu para 0.

5.3 Componentes D22 e D23

Relativamente aos componentes D22 e D23, dada a sua proximidade na placa eletrónica e dada a causa raiz de ambos ser a mesma foi estudado o seu comportamento ao longo do primeiro semestre do ano 2022 em conjunto.

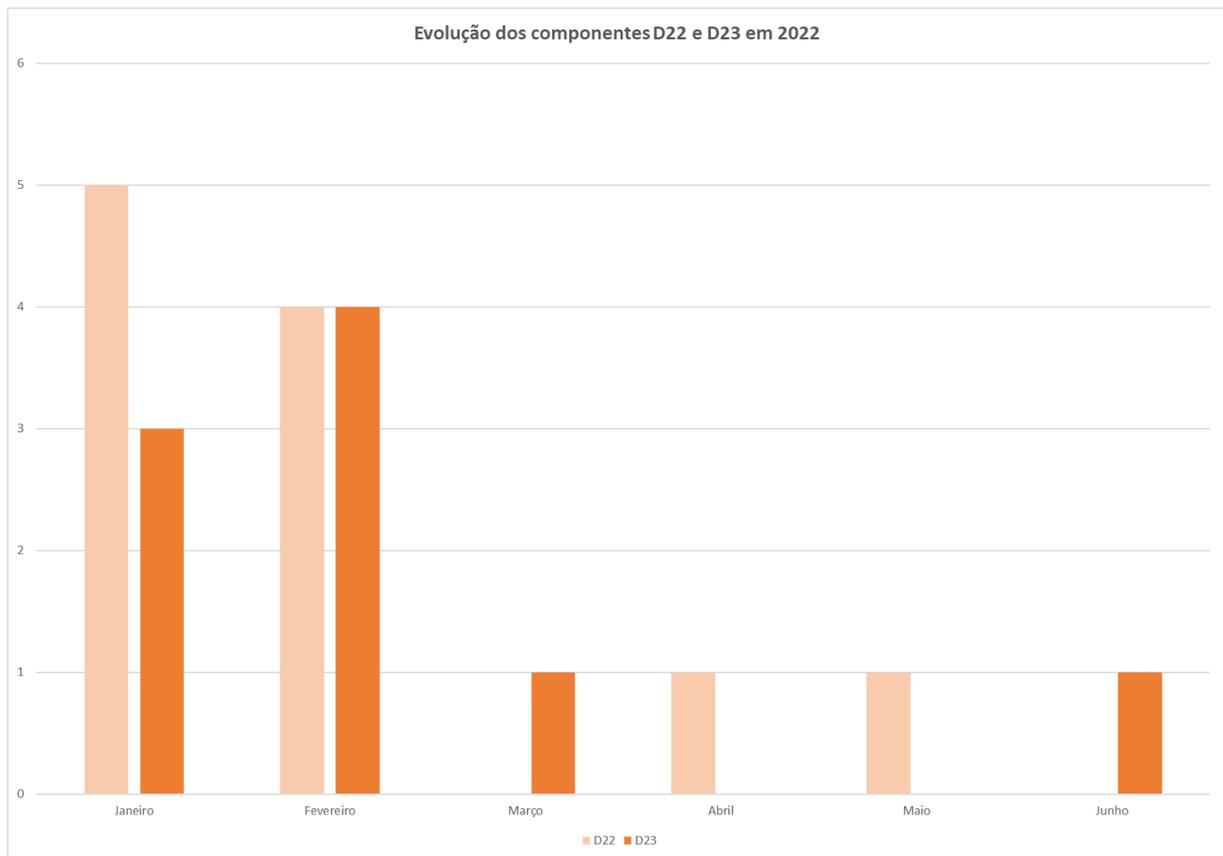


Figura 81: Evolução dos componentes danificados D22 e D23 no primeiro semestre do ano 2022.

Através da análise da Figura 81 é possível confirmar que após ter sido solicitado às chefes de equipa, no final de fevereiro, que em todas as reuniões diárias demonstrassem a importância do *standardwork* para a qualidade e conseqüente redução dos componentes danificados, houve uma redução notável do aparecimento desses componentes danificados. É de notar que através da ferramenta dos 5 Why's, a causa raiz inerente à danificação destes componentes era a falta de formação que levava ao não seguimento do *standardwork* e, através da aplicação das medidas corretivas confirmou-se que de facto era a causa raiz.

5.4 Componente D61

Por fim, foi realizado o mesmo estudo para o componente D61 (Figura 82).

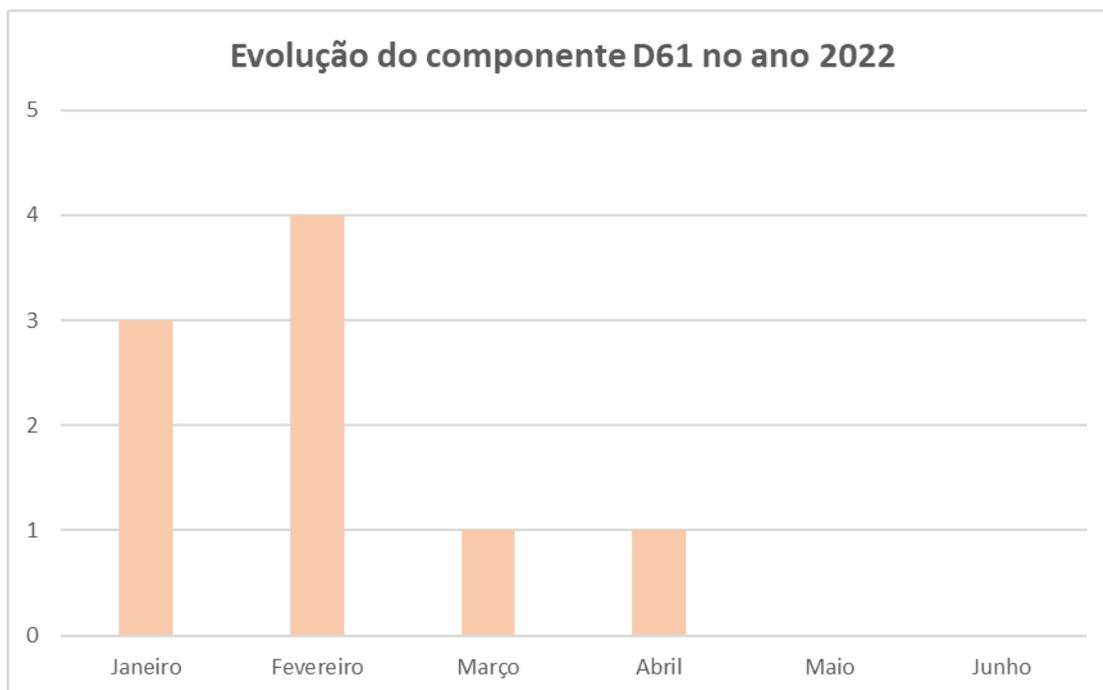


Figura 82: Evolução do componente danificado D61 no primeiro semestre no ano 2022.

Através da análise do gráfico é possível verificar que após terem sido protegidas as separações do MOL, no final de abril, com um material adequado, o número de componentes D61 desceu para zero componentes.

5.5 Cálculo dos custos associados às placas danificadas após as melhorias

Com a finalidade de demonstrar o impacto destas melhorias em termos monetários, foram calculados os custos inerentes às placas eletrônicas danificadas no mês de junho de 2022. Assim, na Tabela 7, está representado o custo associado a cada placa, o total de placas danificadas analisadas no mês de junho bem como o consequente custo associado a estas perdas nesse mesmo intervalo de tempo. Além disso, foi previsto qual seria o custo associado às placas danificadas no ano de 2022, assumindo que os seguintes meses se comportariam como o mês de junho, o que não é o previsto, uma vez que, ainda há ações de melhoria em fase de implementação e ainda por implementar sendo, por isso, previsto que este valor reduza ainda mais.

Tabela 7: Cálculo do valor total de placas danificadas no mês de junho e previstos para o ano 2022.

Cálculo do valor total de placas danificadas no mês de junho e previstas para o ano 2022		
Descrição	Valores	Unidade
Custo placa eletrónica	32,00	euro
Total placas eletrónicas danificadas por mês	15	placa
Total placas eletrónicas danificadas por ano	180	placa
Montante por mês	480,00	euro
Montante por ano	5 760,00	euro

De seguida, com base nos dados da quantidade de placas eletrónicas danificadas, foi realizada uma comparação entre os valores previstos para o ano 2022 antes das melhorias implementadas e após as mesmas, Figura 83. Através da análise da figura é possível verificar uma redução de aproximadamente 76% na quantidade de placas danificadas antes e depois da implementação das propostas de melhoria.

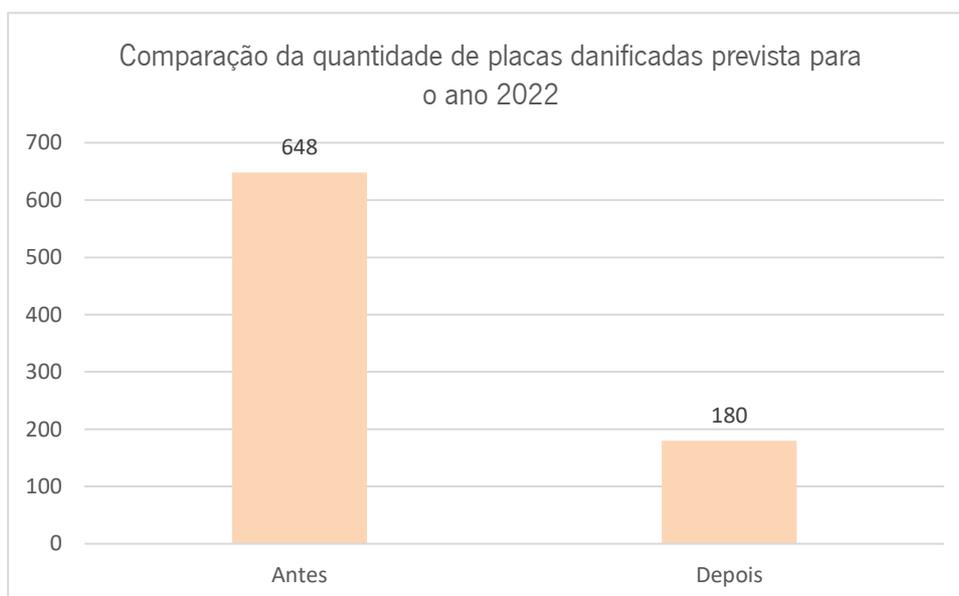


Figura 83: Comparação da quantidade de placas danificadas prevista para o ano 2022.

Por fim, foi realizada a mesma comparação entre os custos inerentes a estas placas danificadas previstas para o ano 2022 antes e depois das ações executadas, Figura 84, permitindo verificar uma redução de 14 976,00 € nos custos após a implementação das mesmas.

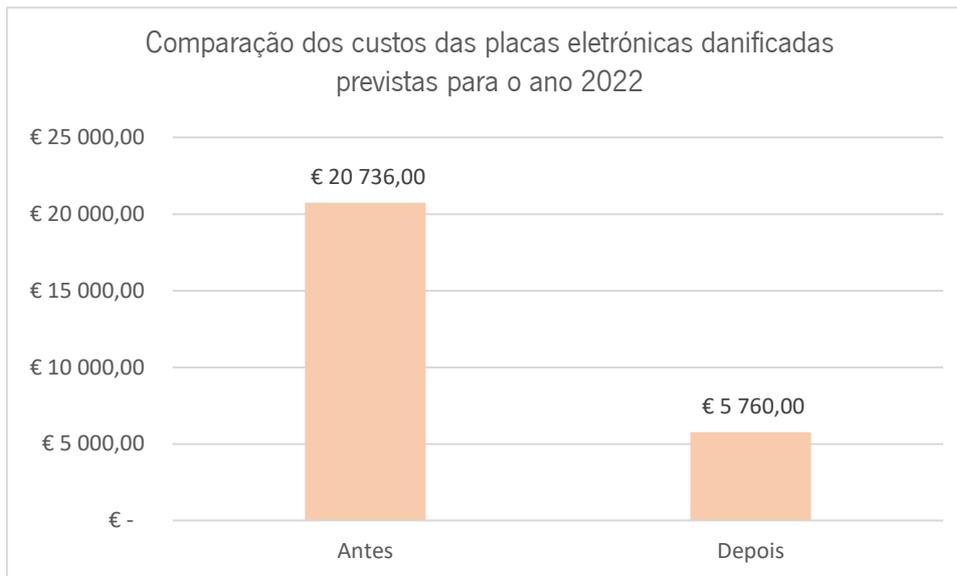


Figura 84: Comparação dos custos das placas eletrónicas danificadas previstas para o ano 2022 antes e depois das melhorias.

6. CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões deste projeto de dissertação. Numa primeira instância são referidas as principais conclusões retiradas do projeto, as lições aprendidas, as limitações ao estudo e por fim, o trabalho futuro a desenvolver pela organização.

6.1 Conclusões

O presente projeto de dissertação, desenvolvido numa multinacional do ramo automóvel, teve como principal objetivo a redução do número de componentes danificados numa linha de produção de componentes eletrónicos. Desta forma, o projeto foi desenvolvido recorrendo à implementação do Seis Sigma, apoiado na metodologia DMAIC, constituída por cinco fases: definir, medir, analisar, melhorar e controlar.

Inicialmente, na fase definir, foi estudada a evolução dos componentes danificados no ano 2021 em relação ao respetivo *target* definido para esse ano, 550 ppm. De seguida, de modo a apresentar o propósito do projeto bem como as metas a alcançar foi elaborado um *Project Charter*. Na mesma fase, foi explicado o sistema de recolha e análise dos componentes danificados bem como elaborado um SIPOC de forma a obter uma visão geral do processo em estudo. Esta fase foi terminada com a explicação do funcionamento dos turnos e rastreamento da qualidade. Por sua vez, na fase medir, foram construídos dois diagramas de Pareto que se complementam de forma a identificar os componentes críticos que seriam alvo de estudo: R4510, D901, D61, D22 e D23. Além disso, foram localizados os componentes danificados na placa eletrónica, através de um diagrama de concentração, com a identificação dos críticos identificados nos diagramas de Pareto realizados. Ainda nesta fase, foram recolhidos dados durante um mês de modo a restringir a localização dos postos de trabalho de ocorrência dos defeitos, isto é, se ocorreram antes ou depois do *coating* bem como a direção em que ocorreram de modo a auxiliar no estudo das possíveis causas de danificação. Por fim, nesta fase foram calculados os custos associados aos componentes danificados bem como o nível sigma. Posteriormente, na fase analisar, foi analisada se existia uma relação entre turnos e o número de componentes danificados bem como uma relação entre bases MOL e os mesmos. Além disso, de modo a estudar as possíveis causas associadas aos componentes identificados como críticos realizou-se um diagrama de causa efeito para os componentes R4510, D901 e D61 e um 5 Why's para os componentes D22 e D23, sendo que estes componentes foram divididos consoante a sua localização na placa eletrónica. Por fim, no controlo, foi

elaborado um plano de controlo de modo a monitorizar e sustentar os ganhos, bem como apresentada uma evolução em ppm dos componentes danificados no primeiro semestre de 2022.

Embora não tenham sido aplicadas todas as medidas propostas, foi possível verificar, através da análise dos resultados e das ações implementadas, que houve uma redução para 281,49 ppm no mês de junho, atingindo o objetivo do projeto de redução do *target* para 500 ppm no ano 2022.

Além disso, é de destacar que este projeto de dissertação foi selecionado entre vários projetos para a final local do Opex Tournament Lean 2.0 da Aptiv de Braga onde ganhou o prémio de terceiro lugar.

6.2 Lições Aprendidas

Além dos resultados positivos associados à implementação do projeto na redução dos componentes danificados na linha do BSI, foi possível verificar um progresso quer a nível pessoal quer profissional ao longo do desenvolvimento do projeto. Através das recorrentes reuniões de *brainstorming* com a equipa multidisciplinar envolvida, foi possível observar diversos pontos de vista e lidar com diferentes personalidades, aprendendo com eles que proporcionaram o desenvolvimento do trabalho em equipa, crucial para o sucesso de qualquer organização. Paralelamente, durante o estágio curricular a autora da dissertação envolveu-se em diversos *workshops* de melhoria contínua com equipas multidisciplinar proporcionando *know-how* de diversas áreas. Ademais, a utilização da metodologia Seis Sigma associado à implementação de ferramentas da qualidade, revelou-se crucial para o desenvolvimento e sucesso de projeto, permitindo complementar a aprendizagem obtida durante a revisão de literatura.

6.3 Limitações ao estudo

Apesar do sucesso evidente associado ao projeto implementado, houve dificuldades e limitações inerentes ao mesmo. O primeiro desafio foi lidar e analisar exaustivamente uma grande quantidade de informação, naturalmente associada às organizações multinacionais. Além disso, não foi possível implementar todas as ações de melhoria propostas uma vez que algumas delas requeriam um tempo superior ao da duração do projeto.

Outra dificuldade associada à implementação do projeto foi a resistência à mudança presente nos colaboradores, tendo sido necessário explicações diárias acompanhadas de demonstrações de modo a entenderem que as mudanças seriam sempre em prol dos mesmos e do seu bem-estar.

Além disso, em todas as fases de alterações tentou-se sempre envolver as operadoras bem como valorizar todos os seus *feedbacks*.

Por fim, devido ao contexto pandémico vivido atualmente, houve paragens da linha devido a baixas de Covid-19, que proporcionaram a transferência de operadoras entre áreas produtivas. Consequentemente, devido à falta de consciencialização dos problemas associados à linha bem como a falta de formação e hábito com aquele produto e postos de trabalho, influenciou o aparecimento de componentes danificados.

6.4 Trabalho futuro

Através da realização deste projeto, foi possível verificar que embora não tenham sido aplicadas todas as ações de melhorias, o objetivo do projeto, mencionado na primeira fase do ciclo DMAIC, foi cumprido. No entanto, numa primeira instância pretende-se que todas as ações que ficaram por implementar ou em fase de implementação sejam acompanhadas pelo departamento de Engenharia da Qualidade e posteriormente monitorizadas. Complementarmente, é necessário seguir o plano de controlo de forma a sustentar os ganhos obtidos e se, necessário, realizar alterações.

Tendo por base um princípio de melhoria contínua, recomenda-se o seguimento do plano de controlo bem com destaque no investimento em formação das operadoras, dado que são estas quem mais lidam com o produto.

Além disso, a nível do sistema de registo dos componentes danificados, sugere-se a implementação de um campo dedicado ao registo da direção do componente danificado permitindo, deste modo, facilitar as possíveis causas inerentes ao mesmo.

Recomenda-se ainda a robustez da linha através da automatização dos processos, reduzindo o *handling* de forma a diminuir consequentemente o aparecimento dos componentes danificados.

Por fim, após uma verificação dos processos das diversas Aptiv espalhadas pelo mundo, denotou-se que os seus processos de produção de placas eletrónicas são semelhantes aos da Aptiv Braga antes das implementações das ações corretivas. Assim, sugere-se a partilha deste projeto e dos benefícios inerentes ao mesmo com essas organizações, de modo a incutir e proporcionar uma vantagem competitiva da organização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas, J. (2020). Impact of total quality management on corporate sustainability through the mediating effect of knowledge management. *Journal of Cleaner Production*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118806>
- Albliwi, S. A., Antony, J., & Lim, S. A. H. (2015). A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. *Business Process Management Journal*, 21(3), 665–691. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2014-0019>
- Albuquerque, A. (n.d.). *Ferramentas da qualidade*.
- Al-Refaie, A., Lepkova, N., & Camlibel, M. E. (2022). The Relationships between the Pillars of TPM and TQM and Manufacturing Performance Using Structural Equation Modeling. *Sustainability*, 14(3), 1497. <https://doi.org/10.3390/su14031497>
- Alshamlan, M., Alzahrani, A., Binyousef, M., Abdelhadi, A., Akkad, K., & Alyamani, R. (2022). Optimization for Sustainable Train Shunting Services Using DMAIC Cycle. *Sustainability (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031719>
- Antony, J. (2006). Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234–248. <https://doi.org/10.1108/14637150610657558>
- Antony, J., Gijo, E. v., & Childe, S. J. (2012). Case study in Six Sigma methodology: Manufacturing quality improvement and guidance for managers. *Production Planning and Control*, 23(8), 624–640. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.576404>
- Antony, J., McDermott, O., & Sony, M. (2021). Revisiting Ishikawa's Original Seven Basic Tools of Quality Control: A Global Study and Some New Insights. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3095245>
- Antunes, M. G., Mucharreira, P. R., Justino, M. R. T., & Teixeira-Quirós, J. (2021). Effects of total quality management (Tqm) dimensions on innovation—evidence from smes. *Sustainability (Switzerland)*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/su131810095>
- Aoieong, R. T., Tang, S. L., & Ahmed, S. M. (2002). A process approach in measuring quality costs of construction projects: Model development. *Construction Management and Economics*, 20(2), 179–192. <https://doi.org/10.1080/01446190110109157>
- Billinton, Roy., & Allan, R. N. (Ronald N. (1996). *Reliability evaluation of power systems*. Plenum Press.
- Borrer, C. M. (n.d.). *The certified quality engineer handbook*.

- Carvalho, A. M., Sampaio, P., Rebentisch, E., & Saraiva, P. (2017). Quality, excellence and culture in the pursuit of organizational agility. *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1714–1718. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290184>
- Chen, M., & Lyu, J. (2009). A Lean Six-Sigma approach to touch panel quality improvement. *Production Planning and Control*, 20(5), 445–454. <https://doi.org/10.1080/09537280902946343>
- Chugani, N., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., & Upadhyay, A. (2017a). Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: A systematic literature review. In *International Journal of Lean Six Sigma* (Vol. 8, Issue 1, pp. 7–32). Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2015-0043>
- Chugani, N., Kumar, V., Garza-Reyes, J., Rocha-Lona, L., & Upadhyay, A. (2017b). *Investigating the green impact of Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: A systematic literature review*.
- Costa, J. (2018). *Aplicação da Metodologia Seis Sigma na Melhoria da Qualidade do Processo de Inserção de Pinos*. Universidade do Minho.
- Cruz, J. (2021). *Aplicação da metodologia Lean Six Sigma numa empresa de indústria automóvel*. Universidade do Minho.
- Dahlgard-Park, S. M. (2011). The quality movement: Where are you going? *Total Quality Management and Business Excellence*, 22(5), 493–516. <https://doi.org/10.1080/14783363.2011.578481>
- de Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604–614. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.035>
- Fisher, N. I., & Nair, V. N. (2009). Quality management and quality practice: Perspectives on their history and their future. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 25(1), 1–28. <https://doi.org/10.1002/asmb.756>
- Garvin, D. A. (1987). *Competing on the Eight Dimensions of Quality Harvard Business Review*.
- George, M. L. (n.d.). *The Lean Six Sigma pocket toolbox : a quick reference guide to nearly 100 tools for improving process quality, speed, and complexity*.
- Godfrey, A. B., & Kenett, R. S. (2007). Joseph M. Juran, a perspective on past contributions and future impact. *Quality and Reliability Engineering International*, 23(6), 653–663. <https://doi.org/10.1002/qre.861>
- Guimarães, T. (2021). *Conceção e implementação de um programa de melhoria de processos suportado na abordagem Lean Six Sigma*. Universidade do Minho.

- Henderson, K. M., & Evans, J. R. (2000). Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company. *Benchmarking: An International Journal*, 7(4), 260–282. <https://doi.org/10.1108/14635770010378909>
- Hess, J. D., & Benjamin, B. A. (2015). Applying Lean Six Sigma within the university: Opportunities for process improvement and cultural change. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(3), 249–262. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2014-0036>
- Jirasukprasert, P., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., & Lim, M. K. (2015). A six sigma and dmaic application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(1), 2–22. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2013-0020>
- Joshi, A., & Jugulkar, L. M. (2014). *INVESTIGATION AND ANALYSIS OF METAL CASTING DEFECTS AND DEFECT REDUCTION BY USING QUALITY CONTROL TOOLS*.
- Kumar, M., Antony, J., Antony, F. J., & Madu, C. N. (2007). Winning customer loyalty in an automotive company through Six Sigma: a case study. *Quality and Reliability Engineering International*, 23(7), 849–866. <https://doi.org/10.1002/qre.840>
- Kumar, M., Antony, J., Singh, R. K., Tiwari, M. K., & Perry, D. (2006). Implementing the lean sigma framework in an Indian SME: A case study. *Production Planning and Control*, 17(4), 407–423. <https://doi.org/10.1080/09537280500483350>
- Kuvvetli, Ü., & Firuzan, A. R. (2019). Applying Six Sigma in urban public transportation to reduce traffic accidents involving municipality buses. *Total Quality Management and Business Excellence*, 30(1–2), 82–107. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1297198>
- Lopes, J. (2015). *Redução de Contaminações – Um Projeto de Melhoria Contínua em Ambiente Seis Sigma*. Universidade do Minho.
- Magar, V. M., & Shinde, V. B. (n.d.). Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Processes. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2(4). www.ijergs.org
- Mckeever, C. (n.d.). The Project Charter-Blueprint for Success. In *CROSSTALK The Journal of Defense*. www.stsc.hill.af.mil
- Mehrjerdi, Y. Z. (2011). Six-Sigma: Methodology, tools and its future. *Assembly Automation*, 31(1), 79–88. <https://doi.org/10.1108/01445151111104209>
- Montgomery, D. C., & Woodall, W. H. (2008). An overview of six sigma. In *International Statistical Review* (Vol. 76, Issue 3, pp. 329–346). <https://doi.org/10.1111/j.1751-5823.2008.00061.x>

- Morais, V. (2014). *Implementação de Ferramentas Lean Six Sigma numa linha de Produção*. Universidade do Minho.
- Neyestani, B. (n.d.). *Seven Basic Tools of Quality Control: The Appropriate Techniques for Solving Quality Problems in the Organizations*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.400832>
- Othman, I., Norfarahhanim Mohd Ghani, S., & Woon Choon, S. (2019). The Total Quality Management (TQM) journey of Malaysian building contractors. *Ain Shams Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.11.002>
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2000). *THE SIX SIGMA WAY*. McGraw-Hill Education - Europe.
- Pinto, C., & Sampaio. (2020). *Innovation, Technology and Quality*.
- Porter, L. J., & Rayner, P. (1992). Quality costing for total quality management. In *international Journal of Production Economics* (Vol. 27).
- Reid, R., & Sanders, N. (2020). Operations Management: An Integrated Approach. In J. Wile & Sons (Eds.), *Operations Management: An Integrated Approach* (6th ed., pp. 136–169). Wiley.
- Riley, J. F., & Juran, J. M. (Joseph M.). (1999). *The quality improvement process*. McGraw-Hill.
- Rodriguez, R. D., Medini, K., & Wuest, T. (2022). A DMAIC Framework to Improve Quality and Sustainability in Additive Manufacturing—A Case Study. *Sustainability (Switzerland)*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/su14010581>
- Sampaio, P., & Saraiva, P. (2016). Quality in the 21st century: Perspectives from ASQ feigenbaum medal winners. In *Quality in the 21st Century: Perspectives from ASQ Feigenbaum Medal Winners*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21332-3>
- Sampaio, P., Saraiva, P., & Monteiro, A. (2012). A comparison and usage overview of business excellence models. *TQM Journal*, 24(2), 181–200. <https://doi.org/10.1108/17542731211215125>
- Samy, M. A., Bharathiraja, G., Jayakumar, V., Ajmal, F. M., Muniappan, A., & Ragul, G. (2017). Article ID: IJMET_08_08_096 Educational Arena: A Case Study. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 8(8), 882–891. <http://www.iaeme.com/IJMET/index.asp882><http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=8&IType=8><http://www.iaeme.com/IJMET/issues.asp?JType=IJMET&VType=8&IType=8><http://www.iaeme.com/IJMET/index.asp883>
- Santos, V., & Amaral, L. (n.d.). *Using the Action-Research Method in Information Systems Planning creativity research Disruptive e-learning View project A Sociedade da Informação nas regiões portuguesas: medir para desenvolver View project*. <https://www.researchgate.net/publication/261464482>

- Sindha, N., & Suthar, K. (2017). Review on Implementation of Six Sigma DMAIC Methodology in Manufacturing Industries. *IJSTE-International Journal of Science Technology & Engineering* |, 3. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36680.21767>
- Smętkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to Improve the Quality of the Production Process: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590–596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Srivastava, S. K. (2008). Towards estimating Cost of Quality in supply chains. *Total Quality Management and Business Excellence*, 19(3), 193–208. <https://doi.org/10.1080/14783360701600605>
- Stanivuk, T., Gvozdrenović, T., Mikuličić, J. Ž., & Lukovac, V. (2020). Application of Six Sigma model on efficient use of vehicle fleet. *Symmetry*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/SYM12050857>
- Suthummanon, S., & Sirivongpaisal, N. (2011). INVESTIGATING THE RELATIONSHIP BETWEEN QUALITY AND COST OF QUALITY IN A WHOLESALE COMPANY. In *ASEAN Engineering Journal Part A* (Vol. 1, Issue 1).
- Sweis, R., Ismaeil, A., Obeidat, B., & Kanaan, R. K. (2019). Reviewing the Literature on Total Quality Management and Organizational Performance. *Journal of Business & Management (COES&RJ-JBM)*, 7(3), 192–215. <https://doi.org/10.25255/jbm.2019.7.3.192.215>
- Tenera, A., & Pinto, L. C. (2014). A Lean Six Sigma (LSS) Project Management Improvement Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119, 912–920. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.102>
- The Quality Trilogy by JM Juran.* (n.d.).
- Trimarjoko, A., Purba, H. H., & Nindiani, A. (2020). Consistency of dmaic phases implementation on six sigma method in manufacturing and service industry: A literature review. *Management and Production Engineering Review*, 11(4), 34–45. <https://doi.org/10.24425/mper.2020.136118>
- Uluskan, M. (2016). A comprehensive insight into the Six Sigma DMAIC toolbox. In *International Journal of Lean Six Sigma* (Vol. 7, Issue 4, pp. 406–429). Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2015-0040>
- Wartati, D., Garza-Reyes, J. A., Dieste, M., Nadeem, S. P., Joshi, R., & González-Aleu, F. (2021). A Six-Sigma DMAIC Approach to Improve the Sales Process of a Technology Start-Up. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 6(6), 1487–1517. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2021.6.6.089>

- Zaini, Z., & Saad, A. (2019). Business Process Reengineering as the Current Best Methodology for Improving the Business Process. *Journal Of ICT In Education*, 6, 66–85.
<https://doi.org/10.37134/jictie.vol6.7.2019>
- Zhang, M., Wang, W., Goh, T. N., & He, Z. (2015). Comprehensive Six Sigma application: A case study. *Production Planning and Control*, 26(3), 219–234.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2014.891058>

COMPONENTES DANIFICADOS
ELETRONIC BOARD - BSI
BRAGA

MARCH 24TH 2022



COMPONENTES DANIFICADOS ELETRONIC BOARD – BSI | Ocorrência de defeitos

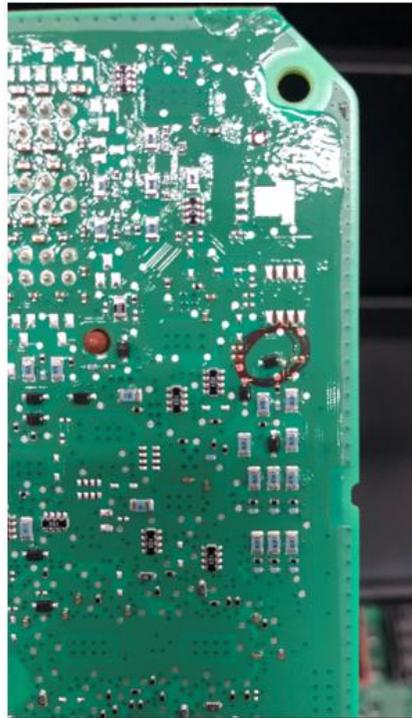
Data	Componente	Coating	Movimento
10/fev	D901	antes	arrancado
11/fev	D58	antes	cima-baixo
14/fev	D901	antes	baixo-cima
14/fev	D900	antes	direita-esquerda
15/fev	R4510	antes	arrancado
17/fev	D901	antes	cima-baixo
18/fev	D899	antes	baixo-cima
18/fev	R469	antes	arrancado
21/fev	D61	antes	esquerda-direita
21/fev	R4510	antes	esquerda-direita
21/fev	C214	antes	arrancado
21/fev	R4510	antes	arrancado
23/fev	D58	antes	cima-baixo
24/fev	D901	antes	direita-esquerda
24/fev	D23	antes	arrancado
24/fev	R4600	antes	cima-baixo
25/fev	D30	antes	arrancado
25/fev	R4601	antes	direita-esquerda
28/fev	D901	antes	arrancado
28/fev	D61	antes	direita-esquerda
28/fev	D901	antes	cima-baixo
02/mar	R165	antes	cima-baixo
02/mar	D61	antes	direita-esquerda
02/mar	RV14	antes	arrancado
03/mar	D901	antes	baixo-cima
04/mar	D905	antes	arrancado
07/mar	Q122	antes	direita-esquerda
08/mar	R4510	antes	baixo-cima
08/mar	R898	antes	direita-esquerda
09/mar	D901	antes	direita-esquerda



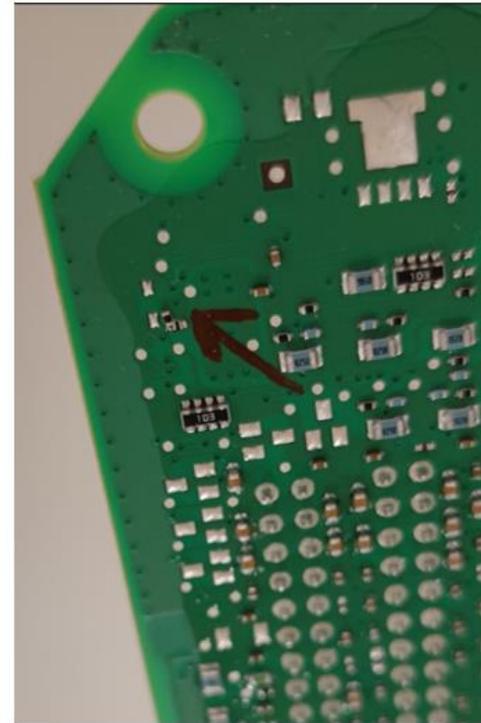
Os defeitos de qualidade na placa eletrônica do BSI têm maior incidência no load do processo de coating, representando, no mínimo, 41% do total de defeitos.

COMPONENTES DANIFICADOS ELETRONIC BOARD – BSI | Refugo

D901



R4510



Os componentes D901 e R4510 são os que aparecem com mais frequência, representando cerca de 40% dos defeitos.

COMPONENTES DANIFICADOS ELETRONIC BOARD – BSI | Refugo

Refugo de uma placa eletrónica: 26 €

Volume de produção – BSI (de 10 Fevereiro a 9 Março): 72381 pçs

Volume de produção – BSI (1 ano de produção): 1366461 pçs

Refugo de placas eletrónicas com componentes danificados (de 10 de fevereiro a 9 de março):

Coating: 448,00 €

Coating ou MOL: 512,00 €

Total: 960,00 €

Refugo de placas eletrónicas com componentes danificados (previstas para 1 ano):

Coating: 5376,00 €

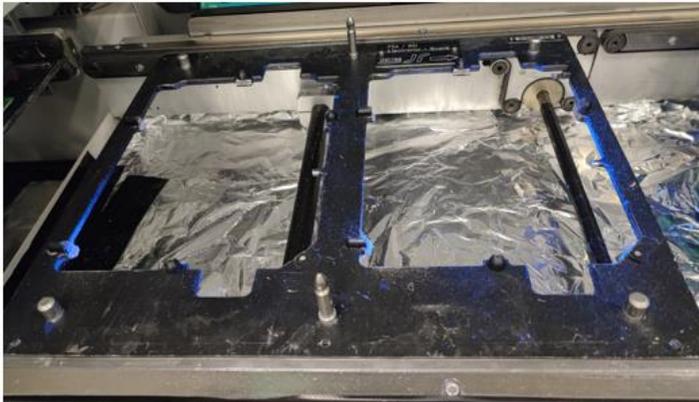
Coating ou MOL: 6144€

Total: 11520,00 €

O refugo de placas eletrónicas devido a componentes danificados está associado ao handling de placas nos processos de coating e MOL.

COMPONENTES DANIFICADOS ELETRONIC BOARD – BSI | Possível solução

Paleta de coating antiga

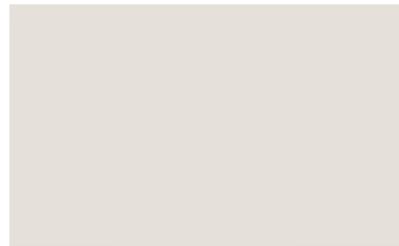


Paleta de coating nova



A nova paleta tem como objetivo reduzir o número de componentes danificadas (com a remoção do pino inferior da paleta), não prejudicando a ergonomia do posto.

COMPONENTES DANIFICADOS ELETRONIC BOARD – BSI | Custo da proposta



Contribuinte
Telefone
Fax
e-mail



Orçamento		ORI001/220
(Original)		17-03-2022
Exmo(s).Sr(s).	Codigo Cliente	3
APTIVPORT SERVICES, S.A.		
Braga		
BRAGA PLANT, Apartado 34		
4711-953 Braga		
Contribuinte		

DU8U-Processado por programa certificado no.0001/AT

Cond. Pagamento	Prazo de Entrega	Vendedor	Pág.
90 Dias	76 dias após aprovação do Projecto		1/1

Codigo	Descrição	Quantid.	Preço	Desc.	IVA	Total
	Produto acabado	40.00	200.00	0.0000	0%	8 000.00
*	Alteração de paletes de Coating	0.00				
*	Orçamento A/c.º Eng.º Nuno Alvim	0.00				

O custo do retrabalho de 40 paletes iria ser pago em menos de 1 ano e meio, tendo em conta o histórico de componentes danificados, apresentado anteriormente



Obrigado.

• **APTIV** •

APÊNDICE 2 – QUALITY ALERT

Problema	
Aparecimento de componentes danificados	(Selecionar origem de Chamada de Atenção) <input type="checkbox"/> Reclamação do Cliente <input type="checkbox"/> Red Alert <input type="checkbox"/> Yellow Alert <input checked="" type="checkbox"/> FTQ
Causa	
Manuseamento da placa, apenas com uma mão, no processo MOL.	

ATENÇÃO

Deve manusear a placa com as duas mãos



Mecanismo de falha: Ao manusear o PCB, apenas com uma mão, perde o controlo da placa e acaba por danificar os componentes eletrónicos que se encontram na parte inferior da mesma.

O que fazer para minimizar a falha? Pegar no PCB como está ilustrado na imagem "Manuseamento OK". Deve pegar com uma mão no conector castanho e com a outra no conector amarelo, inserindo a placa no MOL, guiando-se pelo pino superior.

Figura 85: Alerta de qualidade.

APÊNDICE 3 – INSTRUÇÃO DE TRABALHO MOL

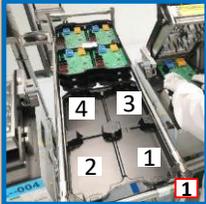
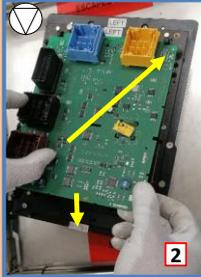
APTIV ADVANCED SAFETY & USER EXPERIENCE										ESEW_5-3_MG-BRG_00-171_PT	
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho											
Modelo / Processo:		FA.PSA.BSI.MOL								Notas Importantes:	
Lugar:		Posto 1		Sinalética de Segurança				COLOCAR PARA ANÁLISE EM CASO DE ALGUMA NÃO CONFORMIDADE			
								ANTES DE QUALQUER PAUSA FINALIZAR OS ELEMENTOS DE OPERAÇÃO DESCRITOS			
Job Sheet	Task ID	Elements	Motion	Manual Work	Mach Time	Walk Time	Golden Zone	Golden Zone	Golden Zone	Golden Zone	
	1	Pegar na placa 1 pela zona dos conectores do tabuleiro de acordo com a ordem indicada na figura - Foto 1	4	2,4			1	0			
	2	Colocar placa 1 no MOL- guiar primeiro nos pinos de trás e só depois de encaixar, pousar a placa no resto do suporte (5 af - Safety Compliance) - Foto 2	2	1,2			0	0			
	3	Pegar na placa 2 pela zona dos conectores do tabuleiro de acordo com a ordem indicada na figura - Foto 1	4	2,4			1	0			
	4	Colocar a placa 2 no MOL - guiar primeiro nos pinos de trás e só depois de encaixar, pousar a placa no resto do suporte(5 af - Safety Compliance) - Foto 2	2	1,2			0	0			
	5	Fechar as duas tampas simultaneamente	4	2,4			0	0			
	6	Fim de teste SEM defeitos sinalizados (monitor indica "REMOVE THE GOOD PRODUCT") - Foto 3					0	0			
	7	Retirar a placa 1 da máquina e colocar no tabuleiro de acordo com a ordem indicada na figura - Foto 4	4	2,4			1	0			
	8	Retirar a placa 2 da máquina e colocar no tabuleiro de acordo com a ordem indicada na figura - Foto 4	4	2,4			1	0			
	9	Fim de teste COM defeitos sinalizados (monitor indica "FAIL")					0	0			
	10	Pegar na placa e colocá-la para análise - Foto 5					0	1			
	11	Quando o tabuleiro estiver completo, colocá-lo na rampa de entrada da máquina de limpeza - Foto 6	5	3,0			0	0			
Total			29	17,4			0,40	0,09			
Tempo de ciclo operador	17										
Operação crítica											
Verificação de qualidade											
Segurança											
Fit Function											
Customer interface											
Safety compliance											

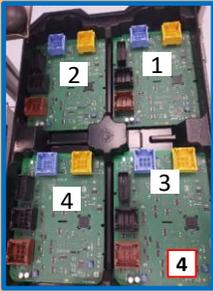
ATENÇÃO

RETIRAR PLACA NA VERTICAL PARA EVITAR TORÇÕES NOS PINOS GUIA

MANUSEAR AS PLACAS, COM A MÃO ESQUERDA NO CONETOR CASTANHO E COM A MÃO DIREITA NO CONETOR AMARELO







QUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA IDENTIFICADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)

APÊNCIDE 4- INSTRUÇÃO DE TRABALHO LIMPEZA

APTIV ADVANCED SAFETY & USER EXPERIENCE							ESEW_5-3_MG-BRG_00-F01_PT	
Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho								
Modelo / Processo: Cleaning Station Lugar: P1			Sinalética de Segurança 		Notas Importantes: COLOCAR PARA ANÁLISE EM CASO DE ALGUMA NÃO CONFORMIDADE ANTES DE QUALQUER PAUSA FINALIZAR OS ELEMENTOS DE OPERAÇÃO DESCRITOS			
Job Item Sheet	Task ID	Elements	Mission	Manual Work	March Time	Walk Time	Golden Zone Sika Zone	Golden Zone Sika Zone
	1	Retirar placa limpa 4x - Foto 1	12	7,2				
	2	Colocar no tabuleiro limpo 4x	12	7,2				
	3	Retirar placa do tabuleiro da rampa 4x	12	7,2				
	4	Colocar placas na palate 4x - Foto 2	12	7,2				
	5	Pressionar o botão verde para avançar - Foto 3	2	1,2				
	6	Tempo de limpeza				42		
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
Total			50	30	42			
Tempo de ciclo operador								
Operação crítica	▼							
Verificação de qualidade	◆							
Segurança	+							
Características especiais	◇							
Características especiais	◊							
Características especiais	⊖							

Atenção



Manusear as placas, com a mão esquerda no conector castanho e com a mão direita no conector amarelo

Area para representação grafica / Imagens

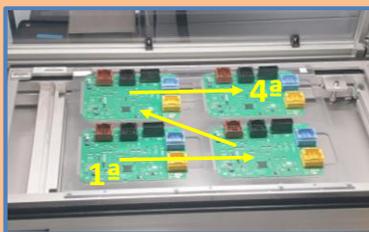


Foto 1

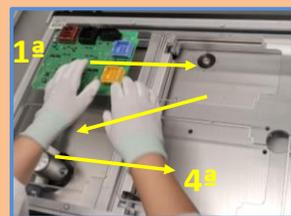


Foto 2



Foto 3

APÊNDICE 5-INSTRUÇÃO DE TRABALHO COATING

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Modelo / Processo: CBA.PSA.BSI.Coating.P1

Lugar: Posto 1

Sinalética de Segurança



Notas Importantes:

COLOCAR PARA ANÁLISE EM CASO DE ALGUMA NÃO CONFORMIDADE

ANTES DE QUALQUER PAUSA FINALIZAR OS ELEMENTOS DE OPERAÇÃO DESCRITOS



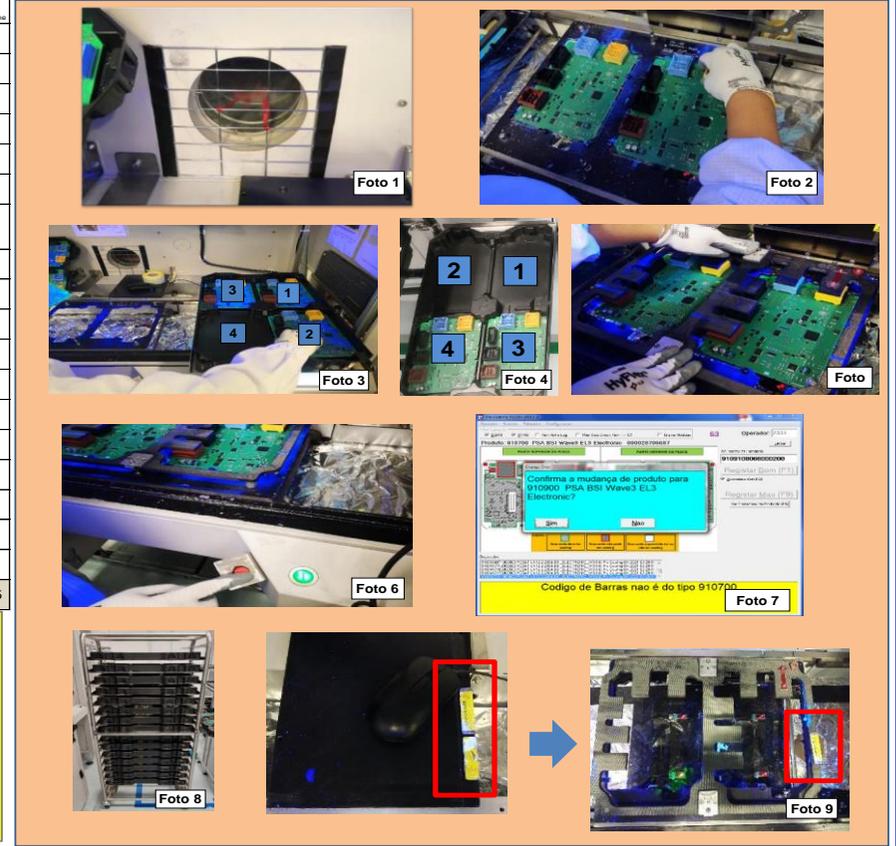
Job Item Sheet	Task ID	Elements	Motion	Manual Work	Mach Time	Walk Time	Golden Zone Strike Zone	Golden Zone Strike Zone
+	1	Verificar que o sistema de exaustão está em funcionamento - fita em movimento - Foto 1	4	2,4				
✓	2	Retirar placa do lado direito, inspecionar sob a luz UV (de acordo com o procedimento descrito na página 2 (5B- Safety Compliance)) e colocar no blister de acordo com as sequências- Foto 2 e 3	4	2,4			2	0,5
✓	3	Repetir para o lado esquerdo	4	2,4			2	0,5
	4	Pegar na placa pelos conectores, de acordo com a sequência, e colocar do lado direito da paleta - Foto 4	4	2,4			4	0,5
	5	Repetir para o lado esquerdo	4	2,4			4	0,5
	6	Retirar calçador da próxima paleta e colocar na atual - Foto 5	3	1,8				0,5
	7	Pressionar botão vermelho para ler as placas - Foto 6 Em caso de change-over, surgirá a mensagem da Foto 7. Informe o chefe de linha ou operador de máquina para proceder à mudança de programa caso necessário.	2	1,2				
	8	Pressionar botão verde para avançar paleta - Foto 6 (2)	2	1,2				
	9	Quando tiver 2 blisters completos na base, estes devem ser colocados no carrinho para exaustão - Foto 8	6	3,6				1,5
	10	Caso se proceda ao Change Over, colocar na paleta a chapa assinalada a vermelho - Foto 9						
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
Total			33	19,8			1,25	0,35

Tempo de ciclo operador	
Operação crítica	⚠
Verificação de qualidade	◇
Segurança	+
Características especiais	◇
Características especiais	◇
Características especiais	✓

Atenção
MANUSEAR AS PLACAS, COM A MÃO ESQUERDA NO CONETOR CASTANHO E COM A MÃO DIREITA NO CONETOR AMARELO



Consultar página extra para informações adicionais.



HANDLING WITH CARE- BSI

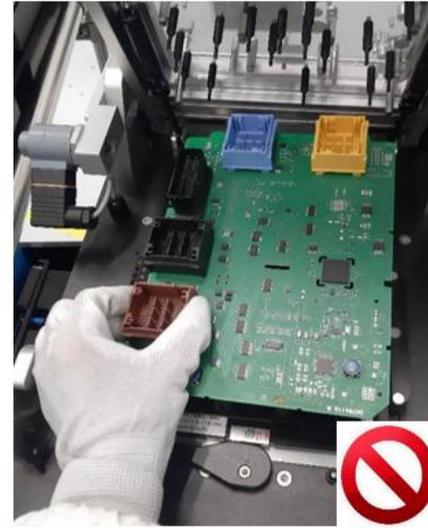
BRAGA

MAY 29TH 2022



• **APTIV** •

HANDLING WITH CARE – BSI | Regras Gerais



→ Manusear o PCB no conector amarelo, utilizando a mão direita e no conector castanho, utilizando a mão esquerda.

HANDLING WITH CARE – BSI | Regras gerais

1º passo



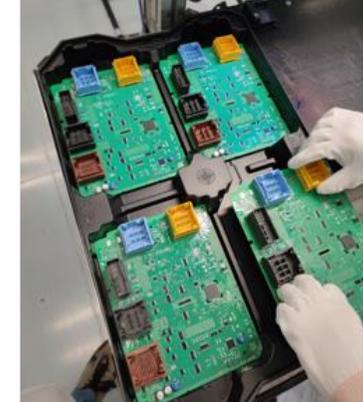
2º passo



3º passo



4º passo



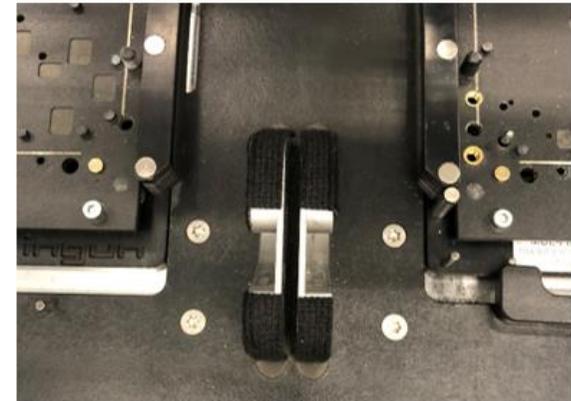
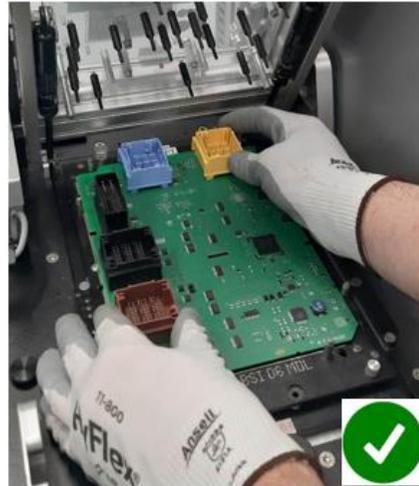
- Ao colocar o PCB no tabuleiro, inicialmente dispor na cavidade mais afastada, seguidas das mais próximas, como na sequência acima ilustrada;
- Ao retirar o PCB do tabuleiro, realiza-se a sequência inversa, isto é, começar pela cavidade mais próxima até à mais distante.

HANDLING WITH CARE – BSI | PCL



- Retirar dois tabuleiros da caixa, de cada vez, na vertical, utilizando as pegas laterais do tabuleiro;
- O operador deverá ser cauteloso na colocação dos dois tabuleiros na rampa do MOL, bem como em todo o fluxo da linha do BSI.

HANDLING WITH CARE – BSI | MOL



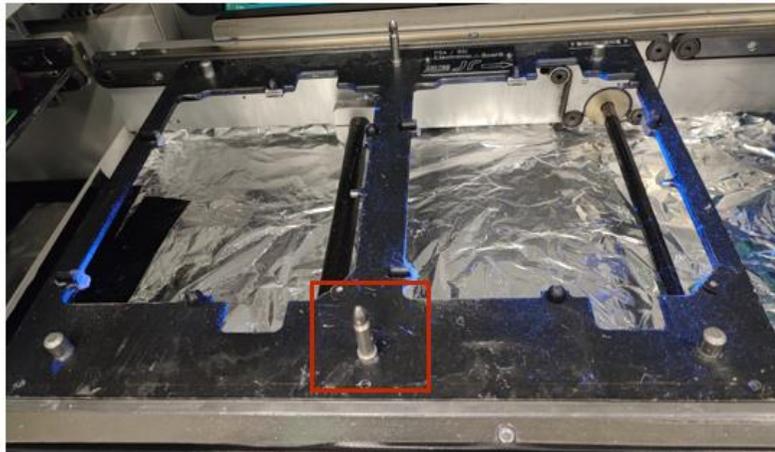
- Manusear o PCB no conector amarelo, utilizando a mão direita e no conector castanho, utilizando a mão esquerda.
- Ao colocar o PCB na base do MOL, guiar primeiro pelo pino superior e deixar pousar, lentamente, a placa;
- Ao manusear a placa, ter especial atenção à separação das bases de MOL, ilustrada na imagem à esquerda.

HANDLING WITH CARE – BSI | Limpeza



- Manusear o PCB no conector amarelo, utilizando a mão direita e no conector castanho, utilizando a mão esquerda.
- Ao colocar e retirar placas da máquina ter especial cuidado para não tocar com as mesmas nas proteções das barreiras de segurança;
- Ao manusear a placa, ter especial atenção às arestas/vértices da paleta de limpeza.

HANDLING WITH CARE – BSI | Coating



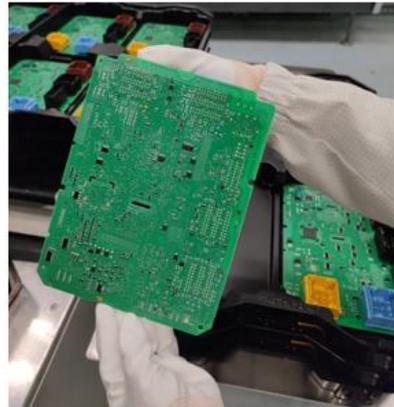
- Manusear o PCB no conector amarelo, utilizando a mão direita e no conector castanho, utilizando a mão esquerda.
- Ao colocar e retirar placas da paleta de coating ter muita atenção ao pino destacado na imagem.

HANDLING WITH CARE – BSI | Pressfits

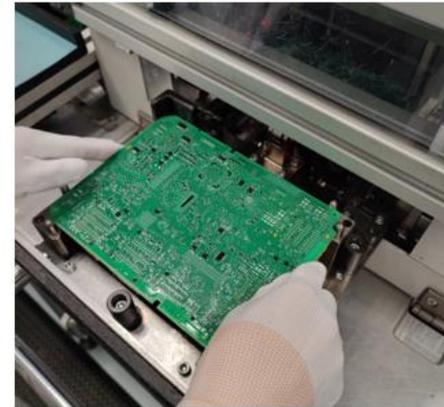
1º



2º



3º



- 1º: Pegar no PCB pelo conector azul;
- 2º: Rodar o PCB, pegando pelas extremidades da placa, sem tocar nos componentes;
- 3º: Colocar o PCB na base do pressfit, pressionando pelas extremidades, sem pressionar os componentes.



Obrigado.

• **APTIV** •

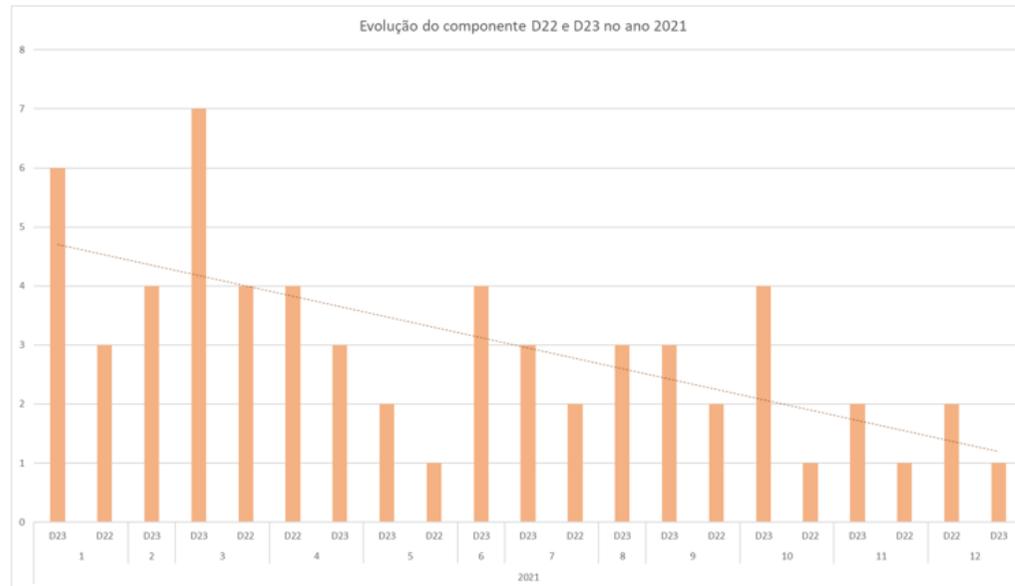
COMONENTES DANIFICADOS ELETRONIC BOARD - BSI BRAGA

APRIL 5TH 2022



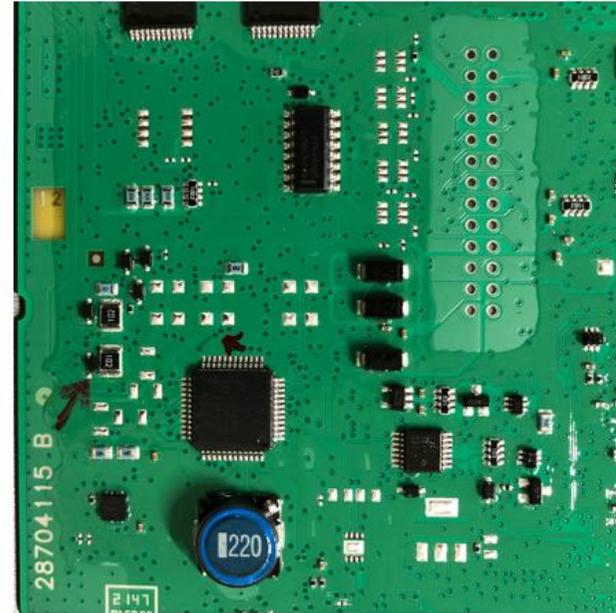
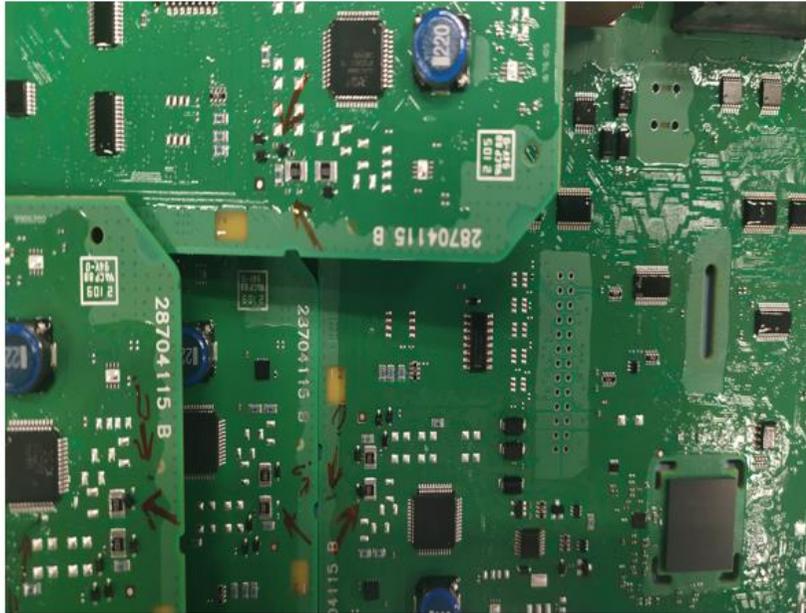
• APTIV •

COMPONENTES DANIFICADOS ELETRONIC BOARD – BSI | Refugo



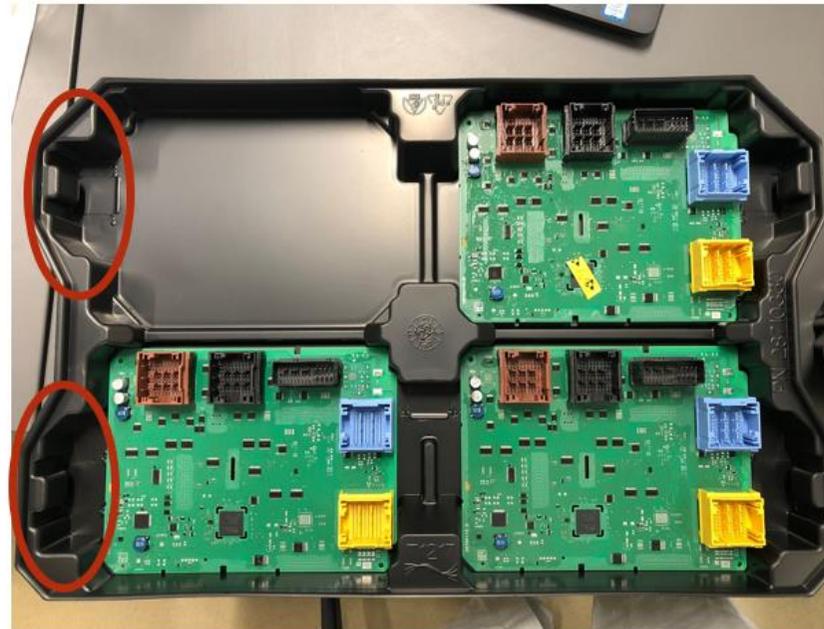
Os componentes D22 e D22 constituem o top 5 de componentes danificados na linha do BSI, desde janeiro de 2021.

COMPONENTES DANIFICADOS ELETRONIC BOARD – BSI | Ocorrência de defeitos



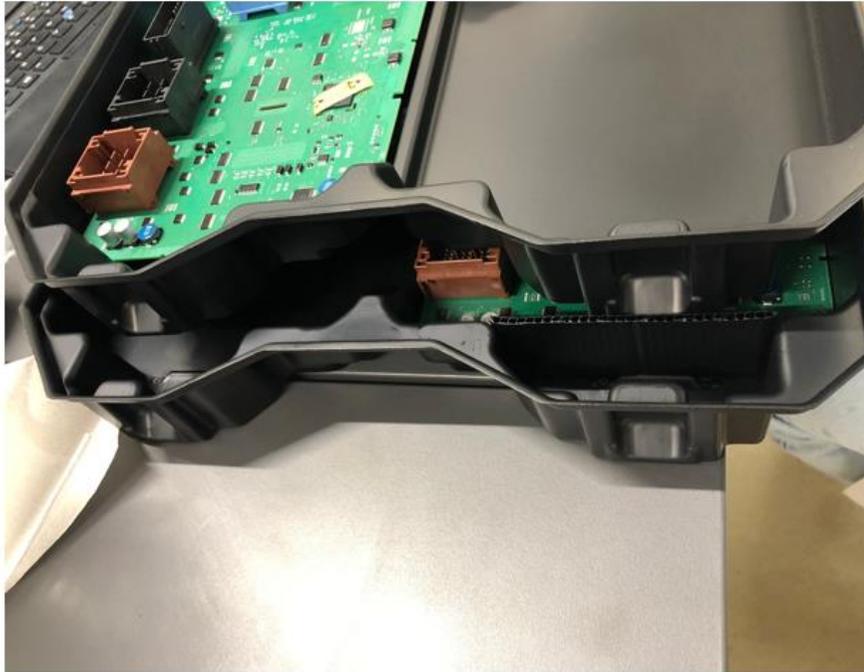
Normalmente, junto aos componentes D22 e D23 surgem associados riscos pretos, revelando a incidência dos tabuleiros nessa área.

COMPONENTES DANIFICADOS ELETRONIC BOARD – BSI | Causa



As cavidades realçadas na imagem permitem que os tabuleiros superiores encaixem nos inferiores e tocam nos componentes D22 e D23.

COMPONENTES DANIFICADOS ELETRONIC BOARD – BSI | Proposta



Se essas cavidades, do lado esquerdo do tabuleiro forem fechadas, reduz-se a probabilidade de embate do tabuleiro nos componentes D22 e D3. Desta forma, as placas seriam manuseadas todas pelo lado direito.

A night-time cityscape with a network overlay. The image shows a multi-lane highway with light trails from cars, and several tall buildings in the background. A semi-transparent network of white lines and nodes is overlaid on the scene, suggesting a digital or data network. The overall color palette is dark blue and black with some white highlights from the network and city lights.

Obrigado.

• APTIV •