



LEAN SIX SIGMA ? ADOÇÃO DO DMAIC NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E O SEU IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE

INÊS GOMES VASCO

novembro de 2023

LEAN SIX SIGMA – ADOÇÃO DO DMAIC NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E O SEU IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE

Inês Gomes Vasco

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

SIX SIGMA – ADOÇÃO DO DMAIC COMO METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Inês Gomes Vasco

1180306

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá.

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

AGRADECIMENTOS

Ao Professor José Carlos Sá como meu orientador do ISEP, pela disponibilidade e aceitação de orientar este trabalho desde o primeiro contacto, pelo conhecimento transmitido, e passagem de experiências profissionais tão enriquecedoras dada a sua experiência profissional e académica até ao momento.

À YAZAKI não só por apoiar o crescimento em conhecimento e competências pessoais, mas também por ser uma segunda família, por ano após ano acrescentar mais desafios ao meu percurso profissional.

Às minhas equipas que se tornaram essenciais e que em tudo estão dispostas a acompanhar, abertas a novos desafios, e que seguiram de perto este projeto. Ao José Veiga, que durante todo o percurso me apoiou e apostou nas minhas capacidades.

À minha família por todos os valores que me transmitiram, por me terem ensinado que a palavra desistir não existe, e que com muito trabalho e dedicação é possível atingir todos os objetivos, pelo amor e pelo investimento em toda a minha educação.

Aos amigos que são família, que nunca me deixam para trás, e que estão sempre que é necessário.

página propositadamente em branco

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido em uma indústria automóvel multinacional japonesa, na fábrica de Portugal, com o objetivo de otimização do processo de conetores airbag 90°, designados por SQUIB, e de eliminar uma inspeção após processo produtivo, designada por *firewall*, que impacta os custos de não qualidade, problemas de entrega, atingindo a sustentabilidade e que diretamente irá aumentar os níveis de qualidade e satisfação dos clientes. Poderemos reduzir ou eliminar processos não planeados através da análise DMAIC? Com a concorrência cada vez mais acirrada e clientes cada vez mais exigentes, as empresas precisam estar focadas na sustentabilidade financeira, para se manterem competitivas e se adequarem às necessidades do mercado que terá também impacto na sustentabilidade ambiental. Para tal é necessário ter foco na resolução de problemas e consecutiva melhoria contínua, pois é o principal pilar para tornar toda e qualquer empresa rentável. Através da metodologia DMAIC, recorrendo a ferramentas como o *Project Charter*, fluxograma de processo, FMEA, Diagrama de *Ishikawa*, Diagrama de Pareto, 5 porquês entre outras ferramentas, foi possível irradiar o defeito principal, passando de uma média de 11 000 PPM para 0 PPM. O defeito de laser era responsável por mais de 80% dos defeitos detetados na firewall, eliminando um desperfício médio mensal de 6358 de conetores de SQUIB devido à falha de laser, com um impacto médio mensal de 2 mil euros. Quando forem finalizadas todas as acções planeadas, e tendo por base os onze meses deste caso de estudo, haverá um impacto financeiro de mais de 50 mil euros, uma redução de desperdício de 400 quilogramas de material plástico e metálico ferroso e um ganho direto de 300 euros em energia elétrica eliminando a necessidade de produzir uma segunda vez.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Seis Sigma; DMAIC; Indústria Automóvel; Resolução de Problemas; Sustentabilidade

página propositadamente em branco

ABSTRACT

This work was developed in a Japanese multinational automobile industry, at the factory in Portugal, with the objective of optimizing the process of 90° airbag connectors, called SQUIB, and eliminating an inspection after the production process, called firewall, which impacts non-quality costs, delivery problems, reaching the sustainability and which will directly increase quality levels and customer satisfaction. Can we reduce or eliminate unplanned processes through DMAIC analysis? With competition becoming growth fierce and customers increasingly demanding, companies need to be focused on financial sustainability, to remain competitive and adapt to market needs, which will also have an impact on environmental sustainability. To do this, it is necessary to focus on problem solving and consecutive continuous improvement, as it is the main pillar to make any company profitable. Through the DMAIC methodology, using tools such as the project charter, process flowchart, FMEA, Ishikawa diagram, Pareto diagram, 5 Why's among other tools, it was possible to eradicate the main defect, going from an average of 11000 PPM to 0 PPM. The laser defect was responsible for more than 80% of the defects detected in the firewall, eliminating an average waste 6358 SQUIB connectors per month due to laser failure, with an average monthly impact of 2 thousand euros. Upon completion of all planned actions and based on the eleven months of this case study, there will be a financial impact of more than 50 thousand euros, a reduction in waste of 400 kilograms of plastic and ferrous metal material and a direct gain of 300 euros in electrical energy eliminating the need to produce a second time.

KEYWORDS

Lean Six Sigma; DMAIC; Automotive Industry; Problem Solving; Sustainability

página propositadamente em branco

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	5
RESUMO	I
ABSTRACT.....	III
ÍNDICE.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XV
GLOSSÁRIO DE TERMOS.....	XVII
1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Contextualização	19
1.2 Metodologia	21
1.3 Objetivos	21
1.4 Estrutura da Dissertação	21
1.5 Empresa de Acolhimento	22
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1. Lean Six Sigma	25
2.2. O Lean Seis Sigma e a Sustentabilidade	26
2.3. Os obstáculos e o futuro do Lean Seis Sigma	27
2.4. DMAIC.....	28
2.4.1. (D) – <i>Define</i>	29
2.4.2. (M) – <i>Measure</i>	29
2.4.3. (A) – <i>Analyze</i>	30
2.4.4. (I) – <i>Improve</i>	31
2.4.5. (C) – <i>Control</i>	31
2.5. Ferramentas e técnicas usadas no ciclo DMAIC.....	32
2.6. Estudos Lean Seis Sigma e DMAIC e o seu impacto na sustentabilidade.....	33
3. DESENVOLVIMENTO	36
3.1. Produto.....	36
3.2. Processo	43
4. METODOLOGIA DMAIC	48
4.1. Planeamento	48
4.2. <i>Define</i>	48
4.2.1. Defeito laser mal posicionado e ilegível	50
4.2.2. Defeito <i>hinge</i> danificada	51
4.2.3. Defeito terminal deformado	52

4.3. <i>Measure</i>	53
4.4. <i>Analyse</i>	54
4.4.1. Defeito laser mal posicionado e ilegível	55
4.4.2. Defeito <i>hinge</i> partida	56
4.4.3. Defeito terminal deformado	57
4.5. <i>Improve</i>	59
4.5.1. Melhorias na marcação laser	59
4.5.2. Melhorias na <i>hinge</i>	62
4.5.3. Melhorias no terminal deformado.....	64
4.6. <i>Control</i>	66
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
6. CONCLUSÃO	71
6.1. Conclusões finais	71
6.2. Limitações e trabalhos futuros.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
APÊNDICE A	77
ANEXO A.....	79

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura de integração Lean Six Sigma e Indústria 4.0 (Tissir et al., 2023).....	20
Figura 2 – Áreas de negócio da YAZAKI (Yazaki Worldwide - Yazaki Europe, n.d.)	23
Figura 3 – Instalações e localização da YAZAKI Portugal.....	23
Figura 4 – Exemplo de uma cablagem com vários componentes YAZAKI num automóvel	23
Figura 5 – Exemplo de conectores que são aplicados em cabos de comunicação e em cablagens elétricas.....	24
Figura 6 – Velocímetro	24
Figura 7 – Cabos de alta voltagem	24
Figura 8 – Ferramentas Lean e Seis Sigma e as comuns entre ambas (Drohomeretski et al., 2014)	26
Figura 9 – Fluxo de aplicação da DMAIC (Kumar Phanden et al., 2022)	28
Figura 10 – Vários steps do DMAIC	29
Figura 11 – Squib conector – Conetor Airbag – 90° (Potocki & Valjak, 2023).....	37
Figura 12 – Composição de um conetor airbag 90° (Potocki & Valjak, 2023).....	38
Figura 13 - Descrição do conetor airbag (Squib Connector) 90° fêmea.....	39
Figura 14 – Códigos dos conectores versão AK2 (Potocki & Valjak, 2023).....	40
Figura 15- Exemplo de um dispositivo contra peça	40
Figura 16 – Vários tamanhos de fio (Potocki & Valjak, 2023)	41
Figura 17 – Versões dos conectores 90° modelo AK2	42
Figura 18 – Visão geral do equipamento de conectores SQUIB 90° (AK2 & ABX5)	43
Figura 19 – Descrição exterior do equipamento de SQUIB 90° (AK2 & ABX5).....	44
Figura 20- Descrição das estações de processamento/inspeção.....	44
Figura 21 – Plano de trabalho do caso de estudo, definição de tempo das fases do ciclo DMAIC .	48
Figura 22 – Pareto de defeitos detetados e sucitados na firewall entre setembro de 2022 e janeiro de 2023.....	49
Figura 23 – Análise de PPM por defeitos causados pelos dois equipamentos	49
Figura 24 – Defeitos produzidos na M15	50
Figura 25 - Defeitos produzidos na M25	50
Figura 26 – Marcação laser de acordo com o desenho do produto	51
Figura 27 – Tipos de defeito da marcação laser.....	51
Figura 28 – Sequência de fecho do cover com o suporte da hinge após os terminais cravados.....	51
Figura 29 – Exemplo de uma hinge partida.....	52
Figura 30 – Especificação de terminal conforme versus terminal deformado	52
Figura 31 – Especificação da posição o ring em relação terminal.....	52
Figura 32 – Exemplo de um conector com terminal deformado detetado na firewall	53
Figura 33 – Medição do terminal da figura 29	53
Figura 34 – Impacto financeiro “causado” pela firewall entre setembro de 2022 e fevereiro de 2023	54
Figura 35 – Diagrama de Ishikawa do defeito de laser mal posicionado e laser ilegível	55
Figura 36 – Análise 5 porquês baseada no Ishikawa da figura 35.....	55
Figura 37 - Diagrama de Ishikawa do defeito da hinge partida	56
Figura 38 - Análise 5 porquês baseada no Ishikawa da figura 37	56

Figura 39 - Diagrama de Ishikawa sobre o defeito terminal deformado	57
Figura 40 - Análise 5 porquês baseada no Ishikawa da figura 39	57
Figura 41 – Colisão do terminal com o ferrite.....	58
Figura 42 – Colisão do terminal com o conector	58
Figura 43 – Sistema de visão da estação 11.....	58
Figura 44 – Calcador implementado nas garras da estação 13	59
Figura 45 – Zona de contacto do cover com o calcador	60
Figura 46 – Sistema de quatro espelhos da marcação laser na estação 11.....	60
Figura 47 – Garras de origem da estação 13.....	60
Figura 48 – Posição do conector com as garras de origem	61
Figura 49 – Garras da estação 13 após a ação de melhoramento	61
Figura 50 – Posicionamento do conector após a melhoria das garras	61
Figura 51 – Fixação após mudança das garras	62
Figura 52 – Marcação Data Matrix Code (DMC)	62
Figura 53 – Exemplo de um conector com a hinge empenada.....	63
Figura 54 – Exemplo da variação das hinge na entrada para o equipamento.....	63
Figura 55 – Adição de um “batente” no equipamento M15.....	63
Figura 56 – Situação atual	64
Figura 57 – Nova estação com as melhorias de fixação do conector	64
Figura 58 – Ferrite atual – simétrico com 2 chanfres.....	65
Figura 59 – Ferrite novo - assimétrico com 1 chanfre	65
Figura 60 – Processo atual da inserção dos terminais após estampagem até 90°	65
Figura 61 – Novo sistema de fecho	65
Figura 62 – Nº de peças inspecionadas vs. nº de peças com defeito e custo das mesmas	67
Figura 63 – Análise da quantidade sucata em Kg e qual o valor recuperado pela valorização do material em €	68
Figura 64 – Total de custos de 11 meses (setembro de 2022 a agosto de 2023)	68
Figura 65 – Análise de defeitos de laser por máquina detetados na inspeção.....	69
Figura 66 – Comparação dos defeitos de laser antes e depois das ações implementadas	69
Figura 67 – Pareto dos defeitos encontrados na firewall entre junho e agosto de 2023.....	70

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Ferramentas e atividades da fase Define (Ferreira et al., 2019)	29
Tabela 2 - Ferramentas e atividades da fase Measure	30
Tabela 3 – Ferramentas e atividades da fase Analyze	30
Tabela 4 - Ferramentas e atividades da fase Improve	31
Tabela 5 - Ferramentas e atividades da fase Control.....	31
Tabela 6 – Ferramentas usadas por vários autores nas fases do DMAIC	32
Tabela 7 – Estudos e casos práticos elaborados por diversos autores baseados no Lean Seis Sigma e no ciclo DMAIC.....	33
Tabela 8 – Especificação das propriedades mecânicas do produto.....	36
Tabela 9 – Condições recomendadas de armazenagem.....	37
Tabela 10 – BOM (Bill of material) de um conector 90º Airbag, versão AK2	38
Tabela 11 – Descrição e função de cada componente representado na Figura 13	39
Tabela 12 – Medição do problema entre Setembro de 2022 e Fevereiro de 2023	54
Tabela 13 – Dados gerais do processo e da inspeção após processo	67

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

5S	<i>Seiri – Senso de utilização, Seiton - Senso de Organização, Seiso – Senso de Limpeza, Seiketsu - Senso de Saúde e Higiene, Shitsuke - Senso de Autodisciplina</i>
ACU	<i>Airbag Control Unit</i>
BOM	<i>Bill Of Material</i>
CL	<i>Control Limit</i>
CSR	<i>Customer Specific Requeriments</i>
CTO	<i>Critical to Output</i>
CTQ	<i>Critical to Quality</i>
DMAIC	<i>Define, Measurement, Analyze, Improvement, Control</i>
DPMO	<i>Defeitos por milhão de oportunidades</i>
DOE	<i>Design of Experiments</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
FTA	<i>Fault Tree Analysis</i>
IP. Porto	<i>Instituto Politécnico do Porto</i>
ISEP	<i>Instituto Superior de Engenharia do Porto</i>
MSA	<i>Measurement System Analysis</i>
No.	<i>Número</i>
LCL	<i>Lower Control Limit</i>
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
OED	<i>Orthogonal Experimental Design</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Action</i>
PPM	<i>Parts Per Million</i>
PLT	<i>Process Lead Time</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
RACI	<i>Responsible Accountable Consulted Informed</i>
RSM	<i>Response Surface Method</i>
SPC	<i>Statistical Process Control</i>
Sr.	<i>Senhor</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TRIZ	<i>Teoria da solução inventiva de problemas</i>
UCL	<i>Upper control limit</i>
USCAR	<i>United States Council for Automotive Research</i>

VOB	<i>Voice of Customer</i>
VOC	<i>Voice of Customer</i>
VOS	<i>Voice of Stakeholders</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WoS	<i>Web of Science</i>

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
€	Euros

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Airbag</i>	É um componente de segurança passiva dos veículos automotores que permite a abertura de uma “almofada” de ar.
<i>Bottleneck</i>	Ponto de estrangulamento que restringe a capacidade produtiva de um processo.
<i>Cycle time</i>	Tempo que é preciso para realizar um ciclo de uma determinada operação.
Conector	Um conector é componente que tem a função de conexão entre vários circuitos.
DMAIC	Sigla que significa <i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i> e que se refere às cinco fases do método DMAIC, usado para dirigir projetos de melhoria de processo seis sigma.
<i>Error proofing</i>	Validação do funcionamento dos poka yoke.
<i>Firewall</i>	Um controlo extra de inspeção após processo produtivo e antes de ser expedido para o cliente.
<i>Lead time</i>	Tempo que vai desde o pedido de encomenda por parte do cliente até que este a receba.
<i>Lean</i>	Método que engloba um conjunto de práticas e ferramentas que possibilitam a redução de desperdícios.
<i>Output</i>	Dados resultantes de um processo produtivo.
<i>Poka Yoke</i>	É qualquer mecanismo no processo de fabricação Lean que ajuda a evitar erros, com o intuito de prevenir a ocorrência de defeitos e/ou detetar defeitos para durante o processo de produção e não permita que os mesmos passem para o cliente.
<i>OEE</i>	Indicador quantitativo utilizado para controlar e monitorizar a produtividade dos equipamentos de produção.
<i>Setup</i>	Ações necessárias de preparação de um equipamento para uma troca, como a mudança de ferramentas ou <i>software</i> , mudança de produto.
<i>Sigma</i>	Parâmetro estatístico que reflete a variabilidade de processo.
<i>SIPOC</i>	Sigla que significa <i>Suppliers</i> (Fornecedores), <i>Inputs</i> (entradas), <i>Process</i> (processo), <i>outputs</i> (saídas) e <i>Customers</i> (clientes)
<i>Software</i>	Programa informático.
<i>Stakeholders</i>	Grupo de interesse a atingir.
Variância	Medida de dispersão que é usada para descrever a distância média de um conjunto de variáveis face ao seu valor médio.

página propositadamente em branco

1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo é feita a contextualização ao tema em análise nesta dissertação, são apresentados os objetivos e a estrutura da mesma, sendo também feita uma apresentação breve da empresa de acolhimento, assim como da metodologia usado neste trabalho.

1.1 Contextualização

Uma grande parte das empresas têm problemas na sistematização de metodologias na análise e resolução de problemas, quer em fase de projeto, fase protótipo ou em produção em massa. O arrastar da não resolução de problemas trazem grandes desperdícios, de tempo, de dinheiro que advém do número de reclamações, retrabalho ou sucata. Dinheiro esse que posteriormente deixa de ser válido para investir, e que faz com que um projeto tenha lucro ou prejuízo. Nos dias de hoje, o dinamismo do mercado, com a concorrência cada vez mais acirrada e clientes cada vez mais exigentes, empresas precisam estar focadas na redução de custos, para se manterem competitivas e se adequarem às necessidades do mercado (Dombrowski et al., 2012).

Devido à globalização, as empresas enfrentam pressões de mercado para conseguirem aumentar a produtividade, melhorar a qualidade e reduzir o tempo do ciclo de produção, o custo e o tempo de entrega. Diante deste cenário competitivo, as empresas precisam tomar decisões sustentadas em dados efetivos e confiáveis a fim de implementar o melhor processo produtivo (Barbosa et al., 2014). Posto este ritmo frenético, as produções exigem agilidade de fabricação, tecnologias e variação de produto (Jefferson et al., 2013), e como tal é imperativo que se opte por sistemas automatizados de forma a serem mais competitivos, mas também que se construa um sistema de produção que possa responder sem desperdício, reduzindo custos (Kwak & Anbari, 2006).

Dada a panóplia de mudanças na indústria, coloca-se a questão de como evoluirão as necessidades agregadas do cliente e que sistema de produção poderá idealmente satisfazer todos os requisitos axiomáticos no futuro, pois assistimos a projetos com uma alta variabilidade e baixo em volume (fabricação individual), bem como baixo nível de variabilidade mas com volumes elevados (fabricação em massa) (Rizwan et al., 2013). Como tal, as indústrias necessitam de se adaptar de forma veloz para que consigam manter a sua sustentabilidade, não só financeira, mas também de posicionamento no mercado.

Posto isto, é preciso apostar em processos automáticos, pois têm a capacidade de produzir maiores volumes mais rápido, são capazes de se adaptarem à variação de produtos, ainda que isso implique investimento. É necessário haver uma ligação à indústria 4.0 de forma construir uma plataforma de fabricação aberta e inteligente permitindo que empresas industriais de todos os tamanhos possam obter acesso fácil e acessível à modelagem e tecnologias analíticas que podem ser personalizadas para atender às suas necessidades (Trade, G. 2014).

O conceito Indústria 4.0 é definido como “fábrica inteligente” através da fusão do mundo virtual e físico, orientado para o crescente individualismo das necessidades do cliente, enfatizando a ideia de digitalização consistente (Bahrin et al., 2016). Estar focado para enfrentar a indústria 4.0 tornou-se o desafio de cada indústria para melhorar o desempenho (Hakim et al., 2018).

A quarta revolução industrial afetará significativamente a força de trabalho e virará o mundo do trabalho sobretudo na indústria automóvel (Verma & Venkatesan, 2021). A indústria automóvel devido à velocidade de evolução tecnológica, introdução de novos produtos e a alta taxa de produção são a chave para o crescimento e para conseguir acompanhar a concorrência (Jaisuk, 2018). Os avanços tecnológicos da Indústria 4.0 removem todas as barreiras físicas ou geográficas e permitem que homem e máquina se comuniquem em tempo real (Jerman et al., 2020) traz vantagem competitiva, eficácia organizacional, agilidade, inovação, lucro, maior segurança e qualidade do produto, melhor experiência ao cliente, operações e outros benefícios ambientais e sociais, no entanto implica que a mão de obra seja qualificada, e que exista maior capacidade de investimento (Sony & Naik, 2020).

Ainda assim, mesmo com toda a tecnologia, os riscos e os problemas continuam a existir e é necessário investir na sistematização de resolução de problemas, filosofias Lean, metodologias seis sigma, sendo o ideal juntar as duas como um todo a fim de “salvar” projetos e processos produtivos mal maturados, e indústrias que têm de reagir em prol da sua sustentabilidade (Di Nardo et al., 2020).

Como tal esta dissertação irá tocar em todos os pontos da figura 1, tendo como base o Lean Six Sigma juntos, em uma empresa que se encontra na era da tecnologia, com sistemas automáticos e inteligentes, mas com dificuldades em estabilizá-los na máxima eficiência sem desperdícios (Tissir et al., 2023). Através da metodologia DMAIC o processo será analisado através de várias ferramentas de forma a serem implementadas melhorias, e controlar e monitorizar os resultados.

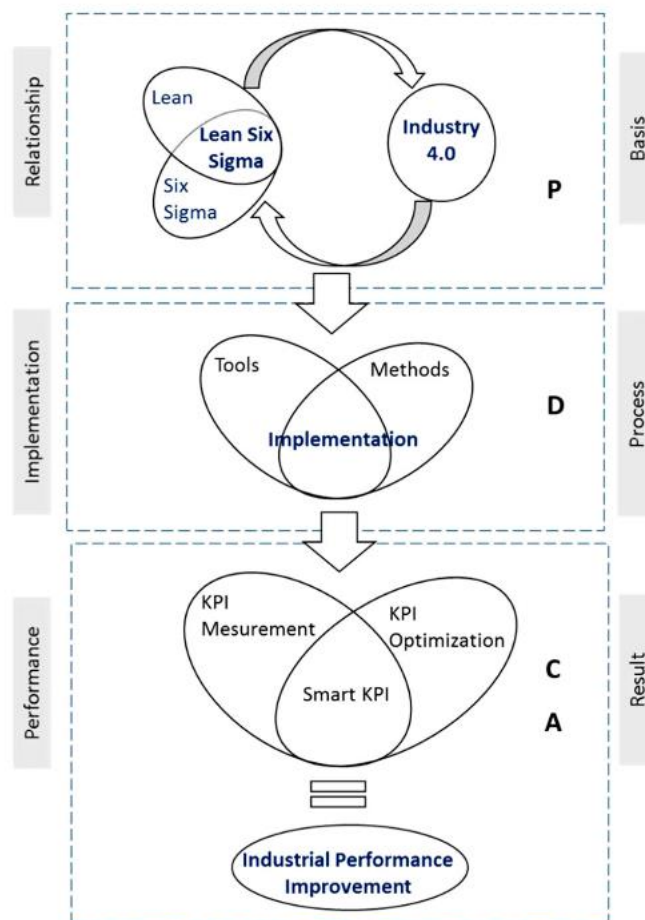


Figura 1 – Estrutura de integração Lean Six Sigma e Indústria 4.0 (Tissir et al., 2023)

1.2 Metodologia

A metodologia de investigação utilizada para a recolha de dados foi através da plataforma da *Web of Science (WoS)*, abrangendo artigos publicados entre 1999 e 2023, e como palavras-chave, Lean, Seis Sigma, DMAIC e indústria automóvel. Após leitura foram selecionados 97 artigos, mais de 200 autores diferentes, provenientes dos 6 continentes (Europa, Ásia, América do Norte, América do Sul, Rússia e África).

A metodologia aplicada no caso de estudo foi o DMAIC pois é uma boa “arma” para sistematização na resolução problemas. Uma solução rápida e precisa de problemas pode gerar uma vantagem competitiva comercial significativa para reduzir custos, aumentar a qualidade do produto e oferecer suporte à entrega no prazo (Jaisuk, 2018), no entanto a resistência à mudança por parte das empresas pode ser um problema para a aplicação desta metodologia (Ferreira et al., 2019) e que deve ser tida em consideração.

1.3 Objetivos

Este trabalho tem objetivo geral ter uma revisão bibliográfica de várias ferramentas Lean Seis Sigma de resolução de problemas incluídas no DMAIC, capazes de definir, medir, analisar, implementar e controlar os problemas, de forma a otimizar processos produtivos, ajudar na definição de melhorias a implementar, controlar a eficácia das mesmas, e até existir uma standardização a outros equipamentos e/ou processos. Tem como objetivo mostrar se através da metodologia DMAIC é possível reduzir ou eliminar processos não planeados, tais como processos de inspeção visual.

Tendo por base todo o conteúdo da revisão bibliográfica tem como objetivos específicos:

- Definição do problema;
- Analisar o processo de produção de conetores airbag;
- Medir o problema com base em dados recolhidos da inspeção;
- Analisar as possíveis causas raiz que fomentam o problema;
- Implementar melhorias possíveis e necessárias no processo;
- Controlar e monitorizar as melhorias implementadas de forma a eliminar a *firewall* existente;

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos principais.

O primeiro capítulo é constituído pela INTRODUÇÃO que tem como propósito contextualizar o tema em análise, apresentar os objetivos estabelecidos e a relevância dos mesmos, assim como a estrutura do relatório e a empresa de acolhimento.

No segundo capítulo irá ser feita a REVISÃO BIBLIOGRÁFICA, baseada numa revisão de conceitos de vários autores que irão sustentar o desenvolvimento desta dissertação.

O terceiro capítulo DENVOLVIMENTO são apresentados e descritos os produtos e os processos de manufatura.

No quarto capítulo METODOLOGIA DMAIC, é onde se apresenta a metodologia utilizada para efetuar a testagem das hipóteses propostas, assim como a estrutura do questionário, incluindo as suas escalas, e a sua respetiva validação. Neste capítulo, é também efetuada a caracterização da amostra do estudo e é indicado o período durante o qual se deu o levantamento de dados, incluindo ainda a referência à base de dados concebida para alocar os dados recolhidos a partir do questionário.

No quinto capítulo são apresentados os RESULTADOS E DISCUSSÃO dos mesmos de forma a sintetizar os principais impactos na qualidade, e na sustentabilidade quer ambiental, quer financeira.

Por fim, mas não menos importante, o capítulo seis rematará com as CONCLUSÕES, onde são apresentadas as considerações finais acerca desta dissertação. Neste sentido, são abordadas as contribuições e as implicações deste estudo, assim como as suas limitações e possíveis linhas de futura investigação.

1.5 Empresa de Acolhimento

A presente dissertação foi desenvolvida em parceria e colaboração da Yazaki Saltano de Ovar P.E. Lda., localizada em Ovar, Portugal e pertencente à Yazaki Europe Middle East Africa (YEMEA), sob a orientação do Engenheiro José Pedro Veiga.

A YAZAKI é uma multinacional japonesa de foro familiar focada na produção de componentes elétricos, fundada em 1941 pelo Sr. Sadami Yazaki. Iniciou atividades na Europa em 1980 acompanhando a internacionalização da Toyota. Oito em cada dez automóveis em circulação no mundo tem pelo menos um componente da YAZAKI (*Yazaki Worldwide - Yazaki Europe*, n.d.). As operações da YAZAKI dividem-se em 4 continentes, em 45 países e representa uma força laboral de 240000 colaboradores divididos por centros de desenvolvimento, fabricas e centros de serviço aos clientes.

Tem como visão ser o fornecedor de escolha e um parceiro comunitário responsável, como missão satisfazer todos os clientes e criar uma cultura de excelência operacional, e como valores agir com integridade, responsabilidade, vender produtos com altos níveis de qualidade e valorizar as pessoas, pois sem elas não é possível corresponder aos seguintes valores. Como organização global combinar a tradição e as raízes japonesas com o contemporâneo e assim unir o passado com o futuro.

A YAZAKI oferece uma gama diversificada de produtos nos setores automotivos e de sistemas de energia globais. Recentemente, começou a expandir para um terceiro setor, principalmente nas áreas de cuidados de enfermagem e negócios relacionados com o meio ambiente conforme representado na figura 2.

O sistema de negócios integrado da YAZAKI incorpora pesquisa e desenvolvimento, produção, vendas e gestão.

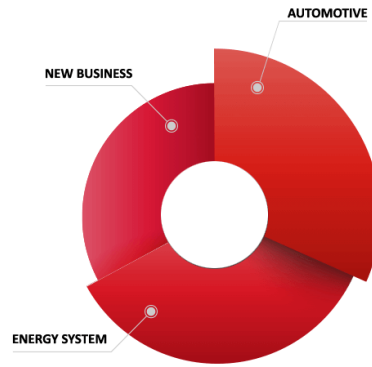
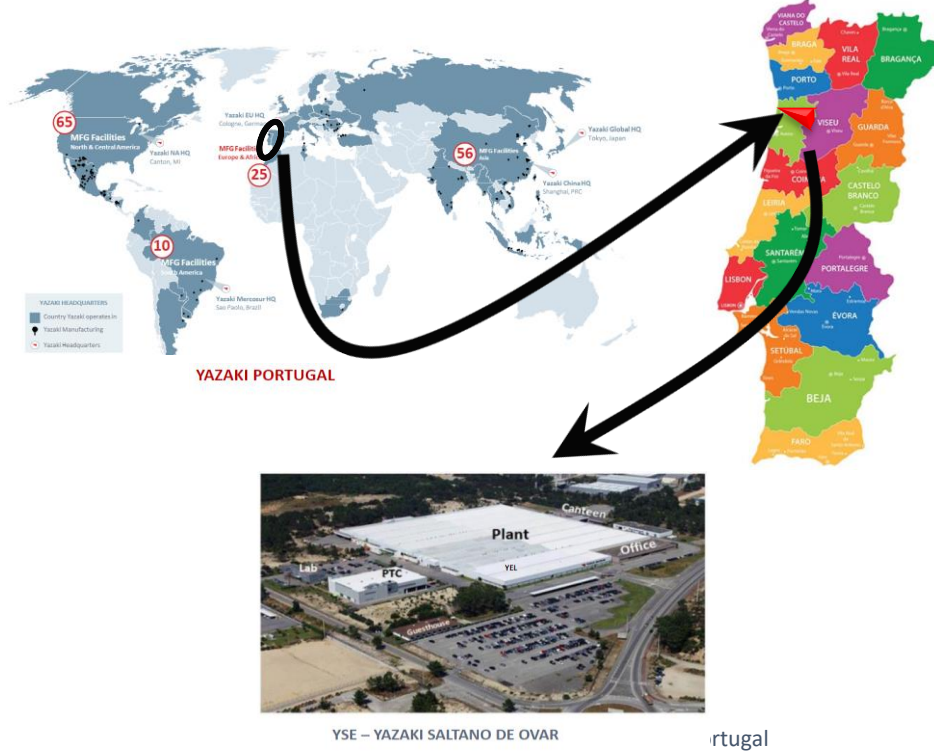


Figura 2 – Áreas de negócio da YAZAKI (Yazaki Worldwide - Yazaki Europe, n.d.)

As instalações em Portugal foram fundadas em 1986, em Vila Nova de Gaia, e em 1991 existiu a transferência para Ovar, de forma a expandir as áreas de produção e a apostar em novos projetos.



O portefólio de produtos automóveis da YAZAKI baseia-se em:

- 1- Cablagens elétricas, fio, distribuidores de energia como o exemplificado na figura 4;



Figura 4 – Exemplo de uma cablagem com vários componentes YAZAKI num automóvel

- 2- Componentes – Cabos de comunicação (USB e coaxiais), conectores, sensores;



Figura 5 – Exemplo de conectores que são aplicados em cabos de comunicação e em cablagens elétricas

- 3- Instrumentos eletrônicos – baterias com fusíveis, velocímetros, entre outros;



Figura 6 – Velocímetro

- 4- Produtos de alta voltagem – sistema de conexão, *plugues*, módulos de barramento de bateria, centros de distribuição de energia;



Figura 7 – Cabos de alta voltagem

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Lean Six Sigma

O conceito Lean surgiu como resultado da crise no Japão após a Segunda Guerra Mundial com taxas de desemprego elevadas com um mercado essencialmente destruído e uma produtividade inferior à da América. Posto isto iniciou-se um processo sistemático para banir o desperdício foi implementado pela primeira vez no setor automotivo, um conceito muito focado na melhoria da produção. A sua aplicação eficaz e bem-sucedida fez com que um grupo de empresas o adotasse e usufrísse de seus benefícios em relação à redução de desperdícios e otimização de fluxos (Rifqi et al., 2021). A filosofia Lean tem como alvo sete tipos de desperdícios, sendo estes a sobreprodução, espera, transporte, defeitos, processamento inadequado, inventário, movimentação desnecessária (Verrier et al., 2013). Com o Lean podemos reduzir e ou eliminar os desperdícios, a flexibilidade, e um fornecimento em curtos espaços de tempo e baixo custo.

O conceito Seis Sigma tem como foco medir a qualidade do produto/serviço, reduzindo a variação, levando a melhoria e redução de custos (Arnheiter & Maleyeff, 2005). O Seis Sigma tem sido caracterizado como a última moda de gestão para reformular princípios antigos, práticas e ferramentas/técnicas de gestão da qualidade (Clifford, 2001). No entanto, organizações líderes com um histórico de qualidade adotaram o Seis Sigma e afirmaram que ele transformou a sua organização (Schroeder et al., 2008).

A Motorola foi a primeira organização a usar o termo seis sigma na década de 1980, mais concretamente em 1987, como parte de seu programa de medição e melhoria do desempenho da qualidade, tendo no ano de 1992 reduzido 150 vezes o seu nível de defeitos no processo, e em 1999 conseguiu atingir um ganho total de 15 mil milhões de dólares em onze anos. Tal como a Motorola, também a *AlliedSignal* uma empresa americana de engenharia mecânica e aeroespacial aumentou a sua capacidade de entrega dentro do prazo para perto de 100%, e que desde a fase inicial de desenvolvimento do conceito até ao envio reduziu de dezoito para oito meses (Kwak & Anbari, 2006). Para além das empresas de sucesso supracitadas também outras empresas usaram este conceito de melhoria contínua como a Ford, a General Electric, Boeing e Sony para melhorar os seus produtos e processos.

O Lean Seis Sigma, é uma filosofia de resolução de problemas, que incorpora de forma integrada duas metodologias, o Lean e o Seis Sigma, e que contribui para o aumento da eficiência dos processos, para a otimização dos recursos e para o aumento da satisfação dos clientes, melhorando assim os lucros e reduzindo os custos (Kharub et al., 2022). O autor Ronald D. Snee define o LSS como uma estratégia de negócios e ao mesmo tempo uma metodologia que aumenta o desempenho dos processos, resultando em maior satisfação dos clientes e resultados (Snee, 2010).

Segundo os autores M.P.J. Pepper, T.A. Spedding tanto o sistema Lean como o Seis Sigma exigem que a organização tenha uma cultura focada na melhoria contínua. A integração do Lean e do Seis Sigma permite que os colaboradores tenham maior autonomia em relação aos processos operacionais tornando mais sólido o processo de melhoria contínua. Permite também à organização obter um melhor desempenho através da aplicação de ferramentas que contribuem para a melhoria contínua dos processos. Em um estudo teórico conceitual descobriram que o LSS,

leva a um aumento incremental no nível de qualidade dos produtos e confiabilidade dos processos e, assim, apoia a implementação de práticas Lean como kanban, TPM e outras.

A utilização de ferramentas Lean Seis Sigma é considerada uma solução simples, eficiente e económica para atingir produtividade e lucro (Ferreira et al., 2019) assim como remover as atividades que não acrescentam valor (Verrier et al., 2013). As ferramentas VSM, DMAIC e 5S são usadas para reduzir as atividades sem valor agregado e produzir produtos de qualidade, eliminando as variações do processo (Pereira et al., 2019).

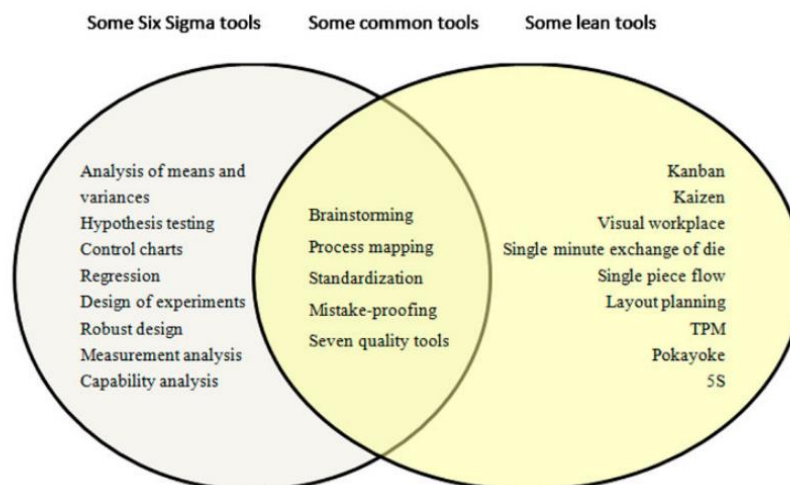


Figura 8 – Ferramentas Lean e Seis Sigma e as comuns entre ambas (Drohomeretski et al., 2014)

2.2. O Lean Seis Sigma e a Sustentabilidade

O mercado global é atualmente complexo e competitivo, resultado da globalização dos mercados, levando as empresas a se esforçarem para produzir produtos e serviços de alta qualidade a baixo custo em um curto período de tempo (Alsmadi et al., 2012), desta forma é necessário apostar em otimização eliminando os desperdícios, todas as tarefas e processos que não acrescentam valor.

A ênfase no conceito de sustentabilidade nos negócios e operações tem vindo a crescer devido ao aumento do interesse público, pressões regulatórias ou responsabilidade social corporativa. No entanto, onde e como integrar a sustentabilidade precisa de mais desenvolvimento para ampliar suas aplicações. O uso dos princípios Lean e Seis Sigma (LSS) em estudos de sustentabilidade está a tornar-se muito popular na pesquisa e na prática. A abordagem comum nesses estudos é identificar um projeto de sustentabilidade seguido por uma avaliação de desempenho de sustentabilidade do estado atual e, em seguida, trabalhar para melhorar o desempenho de sustentabilidade usando ferramentas LSS. O objetivo deste estudo foi desenvolver uma estrutura modelo para incorporar totalmente a sustentabilidade em qualquer projeto LSS com base nas práticas atuais. A ampla cobertura do LSS, seu registo de eficácia e sua sobreposição com as metas de sustentabilidade estabelecem a base para a expansão da metodologia LSS para incluir conceitos de sustentabilidade. A estrutura proposta não é específica para uma indústria, mas destina-se a ser aplicável a um amplo espectro de projetos onde o LSS pode ser aplicado. Exemplos foram fornecidos pelas indústrias de manufatura e construção no estudo. As metodologias existentes são estruturadas para direcionar

apenas iniciativas de sustentabilidade, enquanto a estrutura apresentada visa integrar a sustentabilidade em qualquer tipo de iniciativa de melhoria (Erdil et al., 2018).

Conexões entre práticas Lean e medidas ambientais encontradas na literatura, resultando na identificação de vários possíveis impactos positivos de cada prática em cada indicador. Esta contribuição facilita a compreensão geral dos efeitos específicos das práticas Lean em cada medida até agora investigada na literatura, reagrupando-as e atribuindo-lhes um valor numérico para enfatizar sua importância (Dieste et al., 2019).

Paralelamente, a sustentabilidade ambiental é hoje um imperativo estratégico para as organizações, que deve estar alinhada com as suas prioridades tradicionais de rentabilidade e eficiência. (Garza-Reyes, 2015). Limitando o conceito de sustentabilidade ambiental, surge a noção de produção verde (et al. Berkel, 1997), que visa uma integração contínua de melhorias ambientais de processos e produtos industriais para reduzir ou prevenir a poluição do ar, da água e da terra; reduzir os resíduos na fonte; e minimizar os riscos para os seres humanos e outras espécies (Dieste et al., 2019).

Esta cultura ambiental geral de uma organização pode ser muito importante como impulsionador. No entanto, por vezes é difícil estabelecer se são os funcionários, a gestão superior, os ideais dos fundadores, a gestão intermédia ou os “campeões verdes” que impulsionam os programas ambientais (Kumar et al., 2014).

A necessidade de melhorar a sustentabilidade nas empresas de manufatura, o que lhes permitiria reduzir a emissão de poluentes e a geração de resíduos industriais, estimulou a adoção da economia circular (EC) juntamente com práticas de manufatura enxuta (LM) para melhorar significativamente o desempenho sustentável de organizações (Maldonado-Guzmán & Garza-Reyes, 2023).

2.3. Os obstáculos e o futuro do Lean Seis Sigma

O Lean Seis Sigma é extremamente eficaz, com provas dadas em variadíssimos casos de estudo em todo o mundo, em diversas indústrias, no entanto para ele ser introduzido nas empresas também existem obstáculos, que para o sucesso devem ser ultrapassados. A infraestrutura organizacional precisa de ser estabelecida com indivíduos bem treinados e prontos para a ação. A implementação de projetos seis sigma significa comprometimento de recursos, tempo, dinheiro e esforço de toda a organização (Kwak & Anbari, 2006), requer dedicação da administração e contribuição com esforço, com disponibilização recursos e investimento (Michael, n.d.), e existe uma percentagem de organizações que pretendem resultados mas sem o envolvimento e o investimento necessário da gestão de topo, como tal esse paradigma tem de ser mudado.

No entanto o Lean Seis Sigma, continuará com o futuro assegurado, provavelmente permanecerá como um das principais iniciativas para melhorar o processo de gestão, e não apenas ser lembrado como uma “moda” (Johnson & Swisher, 2003). O futuro passará por continuar a alargar o Lean Seis Sigma para todas as áreas que não seja apenas a produção, será necessário integrar o Lean Seis Sigma como um componente do sistema geral de gestão, pois é excelente no que faz, impulsiona melhorias nos resultados financeiros em um curto período de tempo, uma abordagem holística (Hoerl, 2004).

Para assegurar a sustentabilidade das organizações, o futuro passa por investir no crescimento de *black belts* e *champions* nas organizações, vincular o Seis Sigma ao cliente (Coronado & Antony, 2002).

A compreensão dos mercados, das operações, das medidas utilizadas e da criatividade para maximizar o valor e o desempenho têm de continuar a ser os elementos centrais da abordagem seis sigma (Pande et al., 2000).

2.4. DMAIC

O ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) como é mostrado na figura 9, é uma metodologia de resolução de problemas com foco na melhoria dos processos, permite a redução de defeitos e redução da variabilidade do processo, permitindo às empresas soluções para alcançar produtividade e lucro (Ferreira et al., 2019). O DMAIC é a metodologia mais popular de apoio à estratégia Seis Sigma na melhoria de produtos e processos já existentes dentro de uma organização. É inspirado nas práticas de *Deming* e no Ciclo (PDCA) Plan, Do, Check e Act (Gupta, n.d.), uma abordagem sistemática usada para orientar o cronograma e a execução de projetos Seis Sigma. É considerada uma das abordagens essenciais e distintivas para liderar projetos Seis Sigma em melhoria de processos e qualidade (Jirasukprasert et al., 2014). Para (Kwak & Anbari, 2006) o DMAIC é um processo de circuito fechado que elimina etapas improdutivas, muitas vezes concentra-se em novas medições e aplica tecnologia para melhoria contínua. Esta metodologia está dividida em dois passos, a caracterização do problema através do *Define*, *Measure* e *Analyze* e na otimização do problema através do *Improve* e do *Control*.

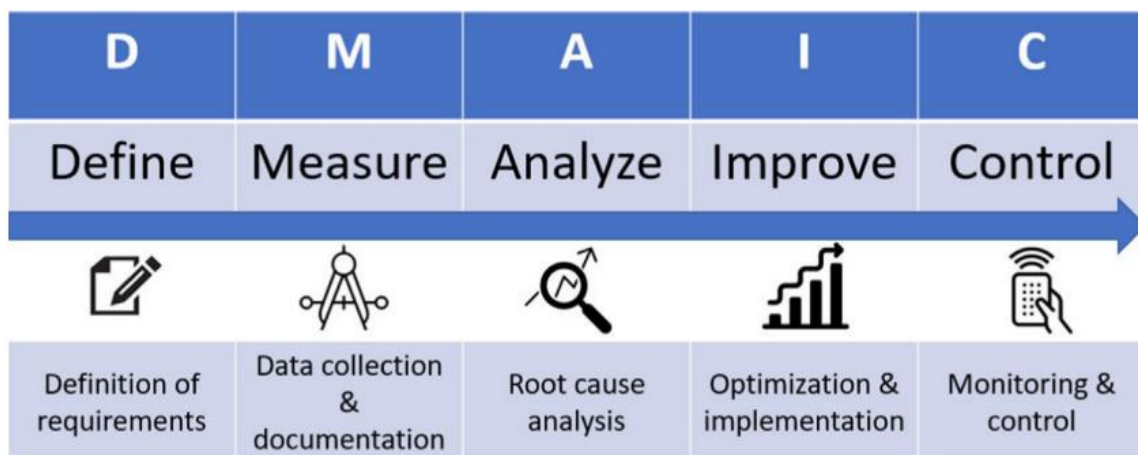


Figura 9 – Fluxo de aplicação da DMAIC (Kumar Phanden et al., 2022)

Qualquer projeto com o intuito de alcançar resultados quantitativos e qualitativos deve seguir o caminho de início como na figura 10, fazendo uma boa e detalhada análise do problema baseada em dados e documentação recolhida, uma análise profunda das possíveis causas do problema, para que as ações sejam eficazes e o problema possa ser eliminado. Após as melhorias e as otimizações implementadas, é necessário que as mesmas sejam monitorizadas através de controlo recorrendo a várias ferramentas para garantir que problema não volta a ocorrer. Caso exista reincidência de

problema, o mesmo deve ser resolvido da mesma forma passando todas as fases do ciclo de *Deming*.

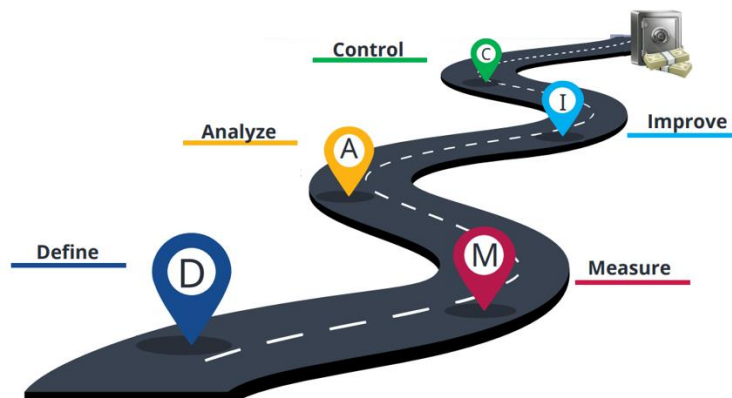


Figura 10 – Vários steps do DMAIC

2.4.1. (D) – Define

O problema deve ser definido de forma clara e explícita, pois é um passo importante na seleção e priorização de um projeto (Dedhia, 2005). É a fase mais importante pois é parte da caracterização do problema. Pode ser feito através do Project charter, antecipação das expectativas do cliente, Customer Supply Chain (SIPOC), determinação os inputs e outputs importantes fornece *inputs* importantes para monitorizar a oferta de produtos e serviços visando a satisfação do cliente. Nesta fase, um problema sério é identificado e uma equipe de projeto é formada e recebe a responsabilidade e os recursos para resolver o problema.

Tabela 1 - Ferramentas e atividades da fase *Define* (Ferreira et al., 2019)

D – Fase <i>Define</i>	
Ferramentas	Atividades
<ul style="list-style-type: none"> • SIPOC • <i>Project Charter</i> • <i>Critical to Quality (CTQ)</i> • <i>Critical to Process (CTP)</i> • Diagrama de Pareto 	<ul style="list-style-type: none"> • Selecionar a equipa multidisciplinar; • Treinar a equipa; • Planeamento do projeto; • Definição clara do problema, objetivos e benefícios; • Mapeamento de processo em detalhe;

2.4.2. (M) – Measure

Preparação de VSM, de um plano de recolha de dados, sistema de análise de medições (MSA), análises gráficas, análises de capacidades de forma a medir o problema. Nesta fase são recolhidos e analisados dados que descrevem com precisão e exatidão. O que é atual ou básico e o nível de

desempenho do processo que cria o problema. Também produz algumas ideias preliminares sobre possíveis causas do problema.

Tabela 2 - Ferramentas e atividades da fase *Measure* (Coronado & Antony, 2002)

M – Fase <i>Measure</i>	
Ferramentas	Atividades
<ul style="list-style-type: none"> • Histograma • Diagrama de Pareto • Cartas de Controlo • Cálculo do nível sigma • Benchmarking • Voice of the Customer (VOC) • Cartas de Controlo • VSM 	<ul style="list-style-type: none"> • Estruturas de recolha de dados; • Plano de recolha de dados, que dados, que datas, etc; • Mapeamento dos processos; • Categorizar o problema;

2.4.3. (A) – Analyze

Esta fase tem como principal objetivo analisar as causas dos defeitos e fontes de variação, determinar as variações no processo e priorizar oportunidades para melhorias futuras.

Analisar os dados fornecidos pela fase *measure*, a fim de tratar as causas raiz que permitirão gerar soluções ótimas através do estudo das ações corretivas possíveis de implementar (Rifqi et al., 2021) através de várias ferramentas como as que são indicadas na tabela 3.

Nesta fase, são geradas teorias sobre o que pode causar o problema e, por meio do teste das teorias, são identificadas as causas raiz.

Tabela 3 – Ferramentas e atividades da fase *Analyze* (Ganguly, 2012)

A – Fase <i>Analyze</i>	
Ferramentas	Atividades
<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de <i>Ishikawa</i> • <i>Brainstorming</i> • 5WHY'S • Matriz Causa Efeito • FMEA • Gráficos de dispersão 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise dos dados recolhidos; • Identificação das fontes de variação dos processos e dos problemas; • Determinação das possíveis causas raiz; • Priorização de oportunidades de melhoria; • Determinação dos fatores relacionais;

2.4.4. (I) – Improve

Esta fase serve para implementar melhorias para as causas críticas identificadas nas fases anteriores do ciclo DMAIC, com base em 5S, *standard work*, entre outras. Nesta fase, as causas raízes são removidas por meio do desenho e implementação de mudanças no processo que está produzindo o problema.

Tabela 4 - Ferramentas e atividades da fase *Improve* (T. Costa et al., 2017)

I – Fase <i>Improve</i>	
Ferramentas	Atividades
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema Kanban • Diagrama de Gant • Standard Work • VSM • Brainstorming • Design of Experiments (DOE) • 5 S • Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) • Software de simulação 	<ul style="list-style-type: none"> • Definição de limitações operacionais; • Avaliação dos modos potenciais modos de falha das possíveis soluções; • Validação das potenciais melhorias através de estudos piloto; • Correção e reavaliação das possíveis soluções apresentadas; • Desenvolvimento de ações de melhoria;

2.4.5. (C) – Control

Após a fase das atividades de implementação de melhorias a monitorização torna-se essencial para controlar os processos (Dedhia, 2005). Nesta fase são desenhados e implementados novos controlos, que evitam o retorno do problema original e que retêm os ganhos obtidos com as melhorias. A análise do antes e do depois, documentação e standardização, controlo com SPC, monitorização e reporte.

Tabela 5 - Ferramentas e atividades da fase *Control* (Oliveira & Guarulhos, 2015)

C – Fase <i>Controlo</i>	
Ferramentas	Atividades
<ul style="list-style-type: none"> • Cartas de controlo • Poka Yoke • Error proofing • MSA • Estudos de capacidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Definição e validação do sistema de monitorização e controlo; • Desenvolvimento de procedimentos padrão;

<ul style="list-style-type: none"> • TPM 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação do Controlo Estatístico de Processo; • Determinação da Capacidade do Processo; • Verificação de benefícios e crescimento de lucros; • Conclusão do projeto;
---	--

2.5. Ferramentas e técnicas usadas no ciclo DMAIC

Na tabela 6 podemos encontrar as várias ferramentas usadas em alguns casos práticos e estudos efetuados no mundo inteiro.

Tabela 6 – Ferramentas usadas por vários autores nas fases do DMAIC

Autores	Define	Measure	Analyze	Improve	Control
(Jaisuk & Thawes aengsku lthai, 2018)	Diagrama de Pareto (80:20);	Diagrama Ishikawa; Matriz Causa & Efeito; FMEA;	ANOVA;	'TRIZ (<i>Theory of Inventive Problem Solving</i>); <i>Pugh decision matrix</i> ; <i>PMA - Pugh Matrix Analysis</i> ;	Gráficos de Controlo de PPM
(Ganguly, 2012)	SIPOC	CTQ Matrix; MSA; FMEA;	Gráficos de correlação;		
(Guleria et al., 2021)	Project Charter; SIPOC;	Pareto chart; X-Bar Chart; R Chart;	Diagrama Ishikawa	Kaizens	X-Bar R-charts
(Ferreira et al., 2019)	Diagrama de Pareto; <i>CTQ Charter</i> ; <i>CTP Charter</i> ; <i>SIPOC</i> ;	Diagrama Ishikawa; ANOVA; MSA;	DOE;	Gráficos de correlação;	Poka Yoke e Full proofing;

	<i>X-Bar e R chart;</i>				
(Guo et al., 2019)	SIPOC; Digrama de Pareto; Modelo Kano; QFD; SWOT;	MSA; <i>Data collection;</i> DPMO; Histograma; <i>Spider chart;</i>	FMEA; OED; FTAs; 5W2H; <i>Brainstorming;</i>	RACI; Poka yoke; DOE; RSM; <i>Priority Matrix;</i>	Control Chart; PDCA; 5S; TPM; MSA;
(Rifqi et al., 2021)		Diagrama de esparguete; VSM		A3; Heijunka; KANBAN	GEMBA <i>walking;</i> Mizusumashi;

É visível através da análise de vários estudos que os autores usam ferramentas distintas nas várias fases, ou seja, não há um padrão obrigatório de quais ferramentas usar em cada fase.

2.6. Estudos Lean Seis Sigma e DMAIC e o seu impacto na sustentabilidade

Na Tabela 7 é possível analisar vários estudos e trabalhos desenvolvidos por diversos autores, em diversos anos, e desenvolvidos em vários países e continentes no âmbito da utilização de ferramentas Lean incluindo o ciclo DMAIC não só na indústria automóvel como em outro tipo de indústria ou serviço e o impacto que os mesmos tiveram na sustentabilidade ambiental e financeira.

Tabela 7 – Estudos e casos práticos elaborados por diversos autores baseados no Lean Seis Sigma e no ciclo DMAIC

Autores	Descrição e resultados do estudo
(Jaisuk, 2018)	Este estudo foi desenvolvido numa indústria global na Tailândia em que lançou vários produtos novos, no entanto com uma taxa alta de peças defeituosas e desta forma não estava a conseguir atingir as necessidades impostas pelos clientes O artigo tem como objetivo desenvolver uma solução inventiva de problemas para solucionar preventivamente os defeitos em peças automotivas, aplicando os métodos seis sigma em conjunto com a teoria da solução inventiva de problemas (TRIZ). A utilização desta metodologia no tratamento das 4 peças defeituosas foi positiva, pois o total de defeitos foi reduzido de 387 PPM para 198 PPM, ou seja aproximadamente 51,2% em relação à média de defeitos de sete meses atrás.
(Powell et al., 2017)	Um produto de laticínios da Noruega através do VSM-DMAIC (<i>Define, Measure, Analyse, Improve e Control</i>) conseguiu identificar o local de ocorrência de desperdício de leite e, consequentemente reduzi-lo. Os autores demonstraram que o Lean Seis Sigma pode ser aplicado na indústria de processamento de alimentos e ser contribuidor para uma maior sustentabilidade ambiental.
(Kumar Phanden et al., 2022)	Neste trabalho literário foram abordados os vários impactos que o <i>problem solving</i> tem numa indústria automóvel. A importância que um <i>problem solving</i> tem nos “ganhos” de uma empresa, crescimento da performance em termos de tempo de ciclo e consecutivo <i>output</i> dos equipamentos, melhorias nos <i>profit</i> , feita uma comparação da eficácia entre a ferramenta 8D e DMAIC.

Autores	Descrição e resultados do estudo
(Henny et al., 2019)	A abordagem utilizada no trabalho com o método Seis Sigma é DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar). Os resultados são obtidos a partir dos produtos de fios onde existem 4 tipos de defeitos. O valor médio de DPMO é de 7.786 <i>threads</i> , e um nível sigma médio de 4. As principais causas dos defeitos do produto são fadiga dos operadores, idade das máquinas, falta de verificações da máquina, fibras de algodão dos países orientais e falta de ventilação. A conclusão obtida usando o DMAIC para analisar 4 tipos de defeitos de resistência é que os defeitos de resistência não correspondem ao padrão sendo o tipo de defeito mais dominante. Além disso, os resultados do valor DPMO e nível sigma indicam que a qualidade do produto é boa, superando o nível sigma médio da empresa na Indonésia.
(Guleria et al., 2021)	Este estudo foi realizado numa indústria automóvel que produz componentes de transmissão, mais propriamente 33 tipos de eixos diferentes. Num desses eixos a empresa tinha uma rejeição de cerca de 10,4%, pois produzia cerca de 3976 eixos e sucata 394 peças todos os meses. O estudo teve como base a metodologia LSS que é a combinação entre do LEAN de manufatura e seis sigma. Para a identificação e eliminação do problema foram usadas as ferramentas 5S, seis sigma, carta de projeto, diagrama SIPOC, gráfico de Pareto, diagrama de espinha de peixe, índice de capacidade, entre outras. Com as melhorias implementadas através deste trabalho a taxa de rejeição foi reduzida de 10,4% para 3,20% após a implementação do LSS e o <i>lead time</i> deste produto passou de 12 para 11 dias.
(Ferreira et al., 2019)	Neste estudo é abordada a importância de maximizar os lucros através da redução de desperdícios, sobre a aposta necessária na melhoria contínua em prol da satisfação dos clientes com produtos de qualidade. A ferramenta DMAIC tem esse papel, resolução de problemas, metodologia para melhorar os processos, reduzir defeitos, minimizar a variabilidade do processo. Este estudo teve como propósito aumentar os ganhos numa indústria de produtos de madeira. Através do VSM verificou-se que a troca de produtos demorava cerca de 39 minutos, e que era um dos <i>bottleneck</i> do processo, com o suporte do DMAIC foi definido implementar a ferramenta SMED na troca de produtos, e teve uma melhoria de 44%, o <i>setup</i> passou de 39 minutos para 17 minutos.
(Yusof et al., 2020)	Este artigo aborda a importância da atividade de escolha de material no início e desenvolvimento de um projeto, pois uma escolha menos assertiva do material pode condenar a o tempo de vida do projeto, pois a escolha inicial pelo valor pode mais tarde trazer custos mais avultados. A abordagem DMAIC do método Six Sigma desempenhou um papel importante ao fornecer várias ferramentas para cada fase do processo de seleção de materiais. O processo de seleção final levou à seleção da fibra de dendê como a melhor fibra natural para reforçar o poliuretano como matrizes poliméricas devido à satisfação de todos os selecionados. Neste estudo, a fibra de óleo de palma foi proposta como a fibra natural mais apropriada para ser selecionada como reforço em caixa de colisão automotiva composta.
(Azevedo et al., 2019)	Neste trabalho é abordada a filosofia LEAN, é feito um estudo de linhas identificando operações de valor agregado, aumentando a produtividade, instalação de sete linhas de produção final e mais sete linhas de pré-montagem, redução pode ser alcançada em um cenário de produção, identificando operações de valor agregado, aumentando a produtividade. Após implementação e validação, os custos foram avaliados e a poupança atingiu 10,9 % (2 159 000 €) considerando todos os custos de industrialização.

Autores	Descrição e resultados do estudo
(Barbosa et al., 2014)	Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de demonstrar as vantagens da utilização da ferramenta DMAIC para a implementação de um sistema de projeção a laser na pintura de aeronaves. Com esta implementação é possível melhorar a qualidade do produto final, aumentar a produtividade reduzindo o retrabalho, e ao mesmo tempo melhorar as condições de trabalho em termos de ergonomia, saúde ocupacional e segurança, assim como o ambiente. Foram utilizadas várias ferramentas ao longo do projeto tais como diagrama causa efeito, SPC, TPM, e de acordo com tudo o que o cliente considerou como crítico para a qualidade (CTQ). Com a solução encontrada esperam-se melhores resultados em termos de eficiência de processos e inovação tecnológica que são exigências competitivas do mercado, proporcionando maior satisfação dos clientes.
(Marques & Matthé, 2017)	Este caso de estudo foi aplicado numa indústria metalomecânica portuguesa, com o objetivo de reduzir a taxa de rejeição de maçanetas de janelas devido a defeitos gerados no processo de fundição gravítica. A capacidade do processo aumentou de 2.3 para 3.1, o número médio de defeitos por maçaneta produzida reduziu de 1.47 para 0.36 e a taxa de maçanetas defeituosas diminuiu de 79% para 25%.
(Hakim et al., 2018)	Este estudo teve como objetivo aumentar a flexibilidade de produção em produtos de maior proporção inigualável numa grande indústria automóvel na Indonésia, teve como foco o problema da incapacidade de absorver flutuações de pedidos por revendedor ou cliente final. Para tal foi usada a ferramenta DMAIC para analisar como combater as flutuações do esquema de absorção fazendo a análise com base no input, no processo e no output. Os resultados obtidos com este estudo foram essencialmente o aumento da flexibilidade de produção conseguindo o stock de segurança necessário para a peça necessária com a redução do índice inigualável de 4,9% na condição anterior para 1,2% na condição posterior ao estudo.
(J. P. Costa et al., 2019)	Estes autores portugueses basearam-se no Lean Seis Sigma para resolver um problema de força excessiva na inserção de terminais em <i>Printed Circuit Boards</i> (PCBs), e através da metodologia DMAIC houve uma superação dos objetivos propostos na fase de definição do projeto, através da redução do número de unidades defeituosas de 3.231 PPM para 312 PPM um aumento do nível sigma de 4,22 para 4,92, que resultou numa poupança significativa para a empresa em cerca de 122 mil euros.
(Machado et al., 2020)	Este caso de estudo foi desenvolvido em uma indústria automóvel e através da análise de causas, utilizando o diagrama de <i>Ishikawa</i> , o brainstorming, e posteriormente os 5 porquês para validação das causas, foi possível implementar melhorias tais como reorganização das sequências de produção para tornar o fluxo de produção mais eficaz, e parametrização de um lote extra associado a sistema kanban para que não existissem paragens de produção. Com este trabalho foi possível reduzir em cerca de 68% nos custos de envio.

Através da análise dos casos de estudo desenvolvidos por vários autores, utilizando variadíssimas ferramentas lean, aplicados em diversas indústrias todos eles têm impactos positivos, quer em redução de custos, analisado em euros, quer em redução de defeitos, quantificados em PPM, aumento de capacidade produtiva tendo um aumento percentual no OEE.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Produto

Este produto tem como designação SQUIB conector, que é um conector *airbag*. Um conector de airbag é um componente crucial num sistema de airbag automotivo, foi projetado para aumentar a segurança dos passageiros em caso de colisão. O conector do airbag serve como interface entre vários componentes do sistema de airbag, permitindo o acionamento adequado quando necessário. São usados para conectar os módulos de airbag ao sistema de segurança do veículo (Wu et al., 2018).

Estes conectores Figura 11, versão AK2, existindo também a versão ABX5, foram desenhados e desenvolvidos com base na USCAR-2 revisão 7, fevereiro de 2020 e na USCAR-25 revisão 3, de março de 2016 pela equipa de desenvolvimento da YAZAKI (Potocki & Valjak, 2023).

Ambas as versões respeitam as propriedades mecânicas designadas na Tabela 8 de forma a garantir o correto funcionamento do produto após o carro entrar na estrada.

Tabela 8 – Especificação das propriedades mecânicas do produto

Classe de temperatura	USCAR T2 (-40 °C to +100 °C)
Classe de vibração	USCAR V1 (<i>chassis profile</i>)
Classe de sealing	USCAR S1 (<i>unsealed</i>)
Forças de <i>mating force</i>	60 N max.

Estes conectores podem ser localizados no volante, no painel do lado do passageiro, nas laterais dos bancos dianteiros ou nos painéis das portas, ou podem estar localizados no teto e acionados para baixo. Todas estas localizações são estratégicas de forma a proteger os passageiros em caso de colisão frontal, traseira ou lateral (Rizwan et al., 2013).

Os conectores airbag desempenham um papel vital no bom funcionamento do sistema de airbag. Veja como eles são normalmente usados: (Dürrwang et al., 2018)

- **Conexão Elétrica:** O conector do airbag fornece a conexão elétrica entre o módulo do airbag e o sistema elétrico do veículo. Esta conexão permite que a unidade de controle do airbag (ACU) envie um sinal ao módulo do airbag para acionar o airbag quando uma colisão for detetada.
- **Sinal de implantação:** Em caso de colisão, os sensores do veículo detetam o impacto e enviam um sinal para a ACU. A ACU, por sua vez, envia um sinal elétrico através do conector do airbag para o módulo do airbag, ativando o acionamento do airbag.
- **Bloqueios de segurança:** Os conectores dos airbags também podem incluir bloqueios de segurança para garantir que os airbags só sejam acionados quando determinadas condições forem atendidas, como a presença de um passageiro no banco ou um determinado nível de força de impacto.

- Interface de diagnóstico: Os conectores do airbag geralmente possuem uma interface de diagnóstico que permite que mecânicos e técnicos verifiquem o status e a funcionalidade do sistema de airbag durante a manutenção ou solução de problemas.

É importante observar que trabalhar com sistemas de airbag pode ser perigoso se não for feito corretamente. Devido à natureza explosiva do acionamento do airbag, qualquer manutenção ou reparo envolvendo conectores de airbag deve ser realizada por profissionais treinados que sigam os protocolos de segurança e as orientações do fabricante. A adulteração não autorizada dos conectores ou da fiação do airbag pode causar o acionamento acidental do airbag ou mau funcionamento do sistema, o que pode resultar em ferimentos graves (Rizwan et al., 2013).

As condições de armazenamento podem ter impacto na conformidade do produto. Desta forma devem seguir as recomendações especificadas na Tabela 9.

Tabela 9 – Condições recomendadas de armazenagem

Tempo de armazenagem	Máximo: 12 meses após data de produção
Temperatura de armazenagem	+10 °C to +35 °C
Humidade relativa na armazenagem	10 % to 75 %

Este produto Figura 11 é usado em vários modelos da FORD, TESLA, STELLANTIS, JAGUAR. É vendido em nove versões diferentes tal como é possível ver na Figura 17, pois depende do tipo de cablagem em que será aplicado, porque pode variar o tamanho do fio, e o tipo de contra peça onde será montado, que estará aplicada no sistema de segurança do carro.

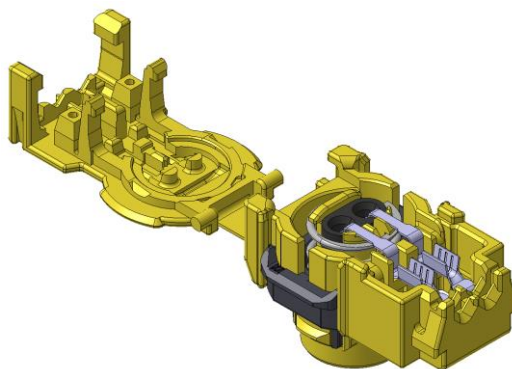


Figura 11 – Squib conector – Conetor Airbag – 90° (Potocki & Valjak, 2023)

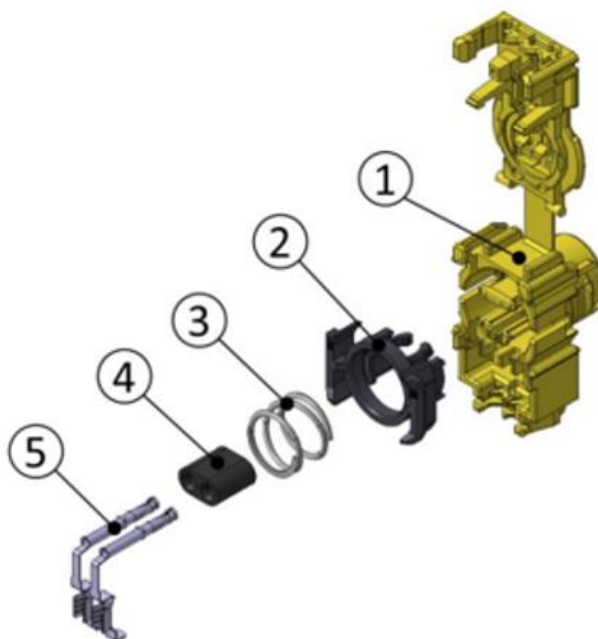


Figura 12 – Composição de um conector airbag 90° (Potocki & Valjak, 2023)

Os conectores 90° são compostos por todos os materiais da Tabela 10 produzidos por fornecedores diferentes e com materiais e composições diferentes.

Tabela 10 – BOM (Bill of material) de um conector 90° Airbag, versão AK2

Número	Descrição	Quantidade para produzir uma peça	Yazaki part No.	Tipo de material	Cor
1	Conector plástico	1	7198-1505-70 7198-1506-70 7198-1507-70 7198-1508-70 7198-1509-70 7198-1510-70 7198-5486-70 7198-5487-70 7198-5488-70	PBT-(GF+MD)17	Amarelo
2	CPA	1	7172-1588-30 7172-1589-60 7172-1590-70	PA66-GF30	Preto Verde Amarelo
3	Mola	1	7173-4342	Steel	–
4	Ferrite	1	7181-5854	Nonconductive NiZn	–
5	Terminal Fêmea	2	7115-5101-08 7115-5178-08	CuNiSi	–

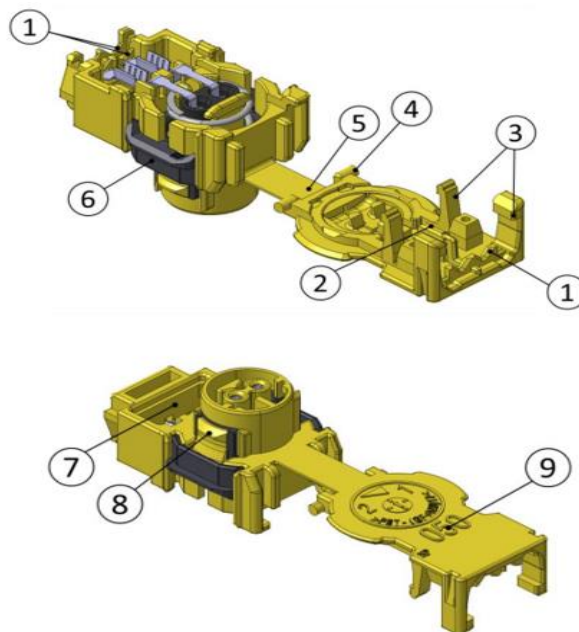


Figura 13 - Descrição do conector airbag (*Squib Connector*) 90° fêmea

Cada componente tem uma descrição diferente, assim como uma função a desempenhar. Como tal, na tabela 11 é possível analisar qual identificação técnica de cada componente enumerado na figura 13 assim como também a sua função no produto final.

Tabela 11 – Descrição e função de cada componente representado na Figura 13

No.	Identificação técnica	Descrição e função do componente
1	<i>Wire strain relief</i>	Fornece aderência sobre isolamento de fio aquando cravação do fio nos terminais
2	<i>Terminal separators</i>	Tem a função de separar os terminais para prevenir um curto-circuito entre os terminais
3	<i>Cover hook</i>	Previne que o cover se abra depois de fechado. Fornece força de aderência ao fio.
4	<i>Cover hook pin</i>	Um encaixe necessário para que depois seja fechado corretamente Impede a abertura da tampa pois tem a função de “trancar”
5	<i>Flexible Hinge</i>	Permite a rotação da tampa da posição inicial para a posição final
6	<i>CPA</i>	Fornece superfície de contato para desacoplamento do conector
7	<i>Crimp tool opening</i>	Espaço necessário para permitir a entrada do aplicador de cravação dos terminais e a sonda de teste elétrico para aceder aos terminais
8	<i>Locking arms</i>	Encaixa o conector no interface macho quando totalmente acoplado
9	<i>Wire size mark</i>	Marca que identifica o tamanho de fio admissível

Todos os conectores têm a mesma cor, amarelo, mas diferentes códigos frontais como é possível analisar na figura 14, que servem para diferentes aplicações, e têm de ter a mesma “chave” que as contra peças.

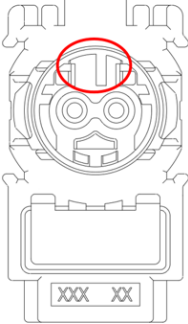
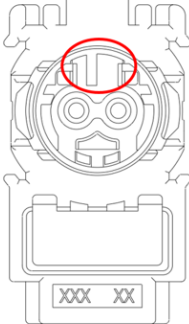
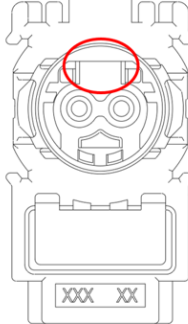
Código	I	II	III
Vista Frontal			

Figura 14 – Códigos dos conectores versão AK2 (Potocki & Valjak, 2023)

A contra peça tal como a figura 15 está sempre inserida nos dispositivos eletrônicos no carro para que após a montagem da cablagem no carro sejam ligadas através do conector e se mantenha fixo. Após a montagem o CPA ativa e permite que não exista um desencaixe entre as mesmas. Em caso de ser necessário desmontar o mesmo é também através da inativação do CPA.



Figura 15- Exemplo de um dispositivo contra peça

Os conectores 90° AK2 e ABX5 podem ser cravados com vários diâmetros de fio, como tal existem produtos para três tipos de tamanho de fio. Os mesmos têm de ser obrigatoriamente cravados no tamanho de fio correspondente, pois caso contrário terá impacto na conformidade da cravação, assim como impacto na correta funcionalidade do produto.




Tamanho do fio	0.35 mm ²	0.50 mm ²	0.75 mm ²
Diâmetro externo do isolamento	1.1 mm – 1.4 mm	1.3 mm – 1.6 mm	1.6 mm – 1.9 mm
Vista traseira do conector			

Figura 16 – Vários tamanhos de fio (Potocki & Valjak, 2023)

Para a versão AK2 existem nove produtos diferentes tendo em consideração o terminal que está diretamente ligado com o tamanho de fio, o código, tal como é possível ver na figura 17. Para a versão ABX5 também existem nove produtos diferentes pois tem outra versão de conector e outras de CPA.










		Código		
		I	II	III
		Preto	Verde	Amarelo
Tamanho do fio	0.35 mm ²			
		7298-1508-30	7298-1509-60	7298-1510-70
	0.50 mm ²			
		7298-1505-30	7298-1506-60	7298-1507-70
	0.75 mm ²			
		7298-5486-30	7298-5487-60	7298-5488-70

Figura 17 – Versões dos conectores 90° modelo AK2

3.2. Processo

O processo de manufatura do produto em causa é automático, desenvolvido por um fornecedor alemão, exclusivamente para a YAZAKI de acordo com os requisitos impostos pela mesma e de acordo com os requisitos de cliente. Os equipamentos devem atingir um OEE de 85%, que é o valor padrão para empresas de classe mundial (You et al., 2023).

Existem dois equipamentos para processar este produto, designados por M15, e por M25 que têm um tempo de ciclo médio de 3 segundos, com um gasto energético 18 kWh. Na sua capacidade máxima produzem 1200 peças por hora, cumprindo o OEE considerado têm de produzir 1020 peças por hora.

Cada equipamento é tratado como um protótipo, pois não existe nenhum equipamento feito à medida, logo isso traz todo os desafios agregadas da curva da banheira, ou seja, tem o tempo de maturação do equipamento, uma fase longa estável após aprendizagem e estabilização do equipamento, o teste de fiabilidade de cada sistema implementado, e como cada um deles se comporta com o desgaste ao longo do tempo e ou quantidade produzidas.



Figura 18 – Visão geral do equipamento de conectores SQUIB 90° (AK2 & ABX5)

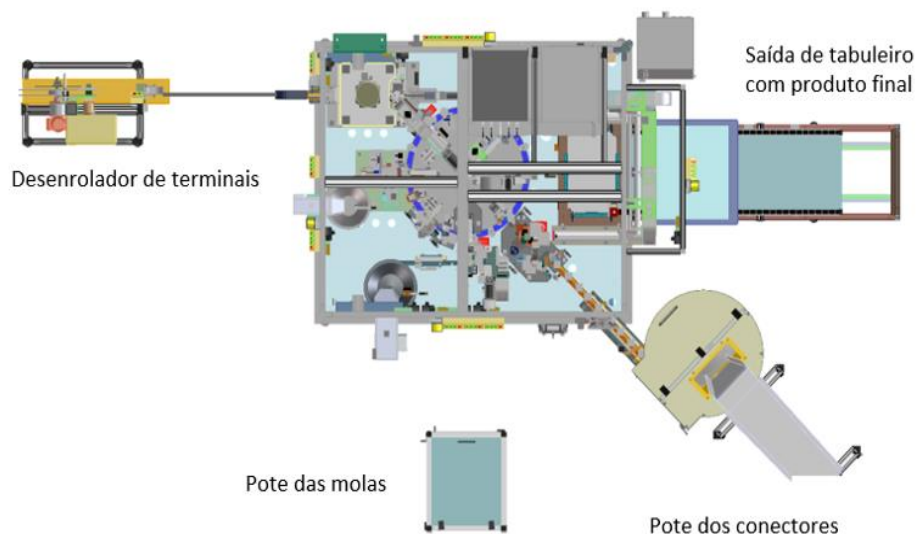


Figura 19 – Descrição exterior do equipamento de SQUIB 90° (AK2 & ABX5)

O equipamento é composto pelas estações indicadas na figura 20, tem estações de guiamento de componentes, mecânicas para inserções e montagem, de inspeção visual através de cameras, e de inspeção elétrica, alta voltagem 750 V, resistência de acordo com os requisitos do produto e do cliente, discriminados do plano de controlo. Todas as peças rejeitadas em qualquer estação são rejeitadas e encaminhadas diretamente para a caixa vermelha, que terá de ser sucutada, colocando uma marca no conector de forma a não poder ser utilizada.

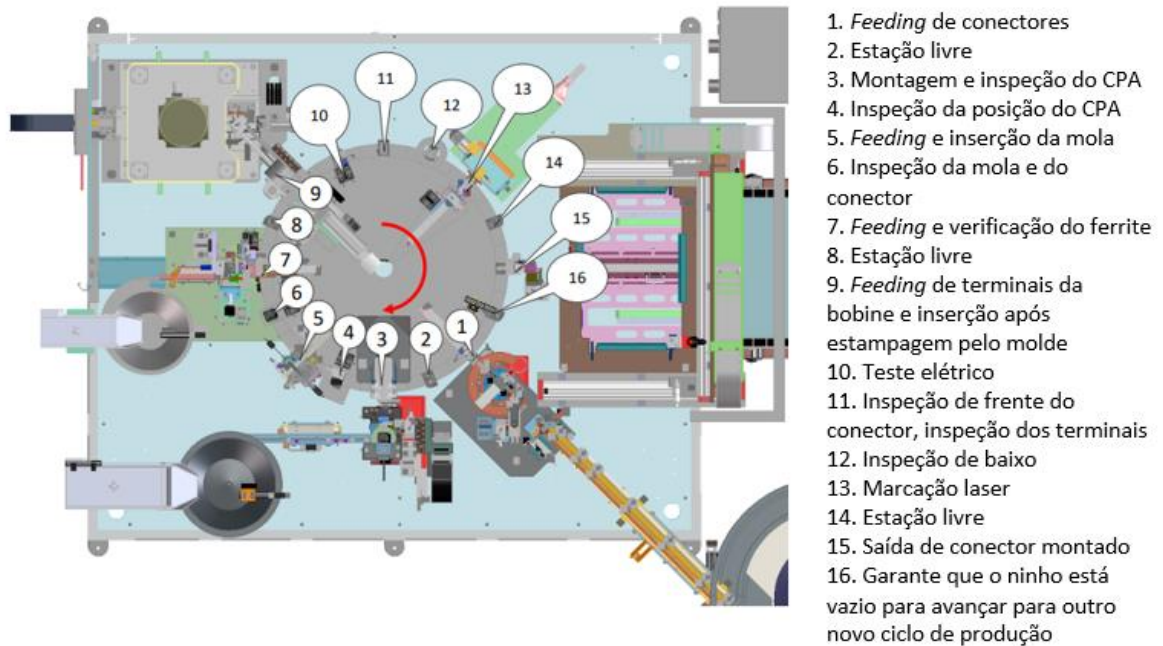
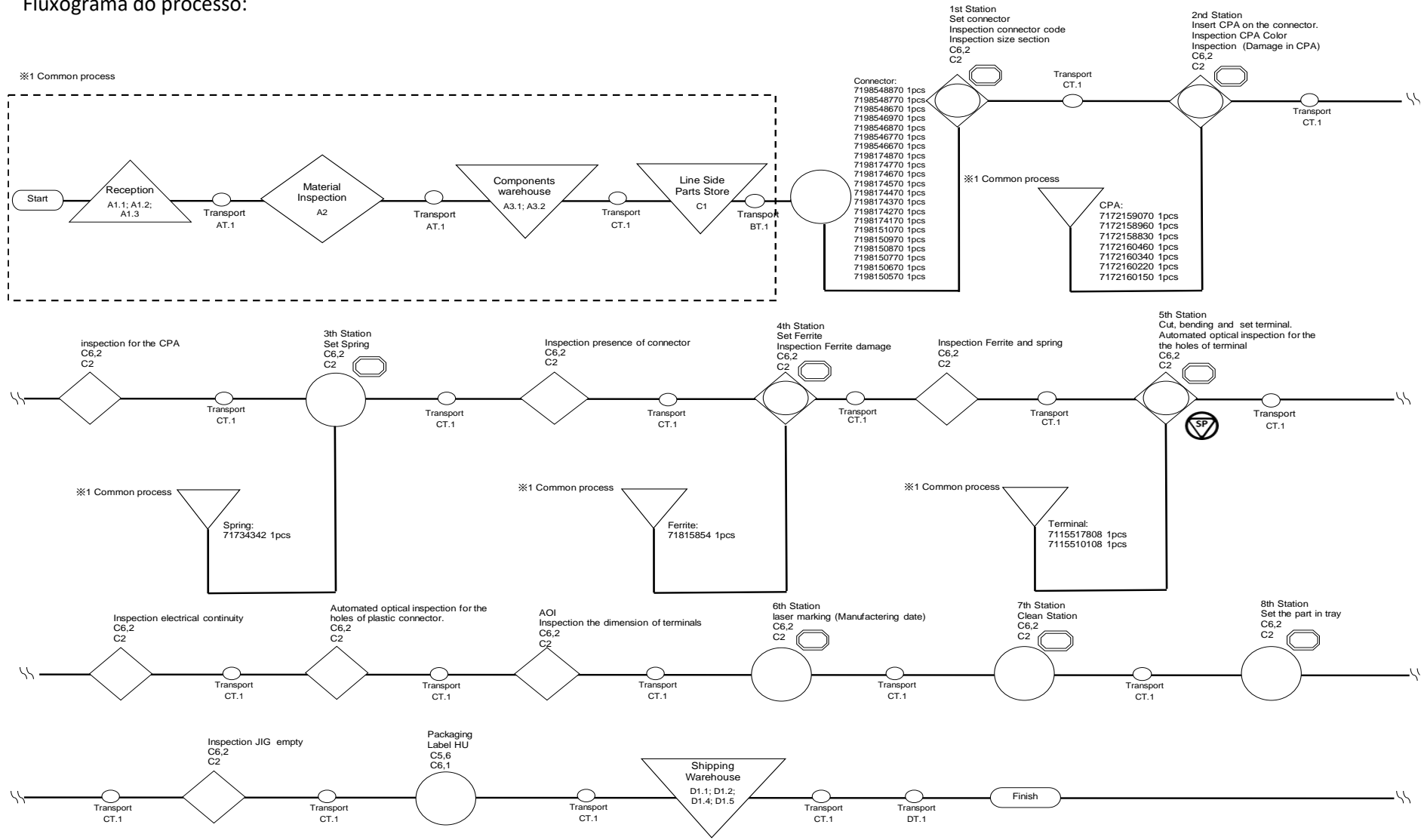












Figura 20- Descrição das estações de processamento/inspeção

Fluxograma do processo:



Legenda:

-  Início / Fim do fluxograma de processo
-  Receção
-  Processo
-  Controlo de Processo
-  Armazém intermediário
-  Poka Yoke
-  Operação com inspeção
-  Transporte
-  Linha principal do fluxograma
-  Linha secundária do fluxograma

O fluxograma deste processo contempla desde a receção de material, em que é feito um controlo pelo departamento de inspeção de materiais aos componentes fornecidos por fornecedores externos, pois os componentes produzidos internamente, tal como os CPA, são analisados internamente entre divisões produtivas.

Após a realização de manutenção de 1º nível, os potes dos equipamentos são abastecidos também pelo operador, e faz uma verificação ao primeiro produto a sair. No caso de existir uma mudança de produto, intervenções mecânicas ou de engenharia, o processo tem de ser alvo de validação de forma que a conformidade das cameras e dos sensores poka yoke sejam testados, onde é feito através do seguimento da lista presente no ANEXO D.

Toda a rastreabilidade a nível de consumo de componentes é feita através do SAP, e a monitorização do processo é feita através da extração dos dados dos equipamentos.

4. METODOLOGIA DMAIC

O processo e o produto para aplicar a metodologia DMAIC foram abordados no ponto anterior pois é um dos principais produtos a gerar problemas de entrega, criando desta forma *backlog*, é um produto que devido a reclamações de cliente foi necessário implementar uma barreira de inspeção, que gera mais despesas em recursos humanos, pois no projeto não foi considerado ser necessário ter uma inspeção após o processo, e as peças que são sucata que geram não só um impacto negativo financeiro como também na sustentabilidade.

4.1. Planeamento

Através da figura 21 é possível ver como foram planeadas todas as etapas do DMAIC, no entanto existiram algumas fases que tiveram de ser mais alongadas, sobretudo a fase do *improve*, pois tiveram de ser várias as ações, tal como será possível analisar mais à frente na descrição dessa etapa, e a fase de controlo terá de continuar para assegurar que o processo continua a ser corretamente monitorizado para que o problema não exista novamente.

Fases DMAIC	Mês/Ano:	set/22	out/22	nov/22	dez/22	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23	jul/23	ago/23	set/23
Define	Planeado	→												
	Realizado	- - - - - →												
Measure	Planeado			→										
	Realizado			- - - - - →										
Analyze	Planeado				→									
	Realizado				- - - - - →									
Improve	Planeado					→								
	Realizado					- - - - - →								
Control	Planeado								→					
	Realizado								- - - - - →					

Figura 21 – Plano de trabalho do caso de estudo, definição de tempo das fases do ciclo DMAIC

4.2. Define

De acordo com a análise dos dados da *Firewall* retirados do preenchimento do Anexo A pelos inspetores dos três turnos (dia, noite e madrugada), entre setembro de 2022 e janeiro de 2023 podemos aferir que os nossos principais defeitos, são falha na gravação laser, dobradiça do conector partida e terminal deformado. Depois através do Anexo B é controlado qual a variação por dia, e máquina. Através da figura 22, o primeiro problema a ser reduzido e/ou eliminado é a falta de marcação completa e legível da marcação laser no conector 90°, quer na versão AK2 como na versão ABX5.

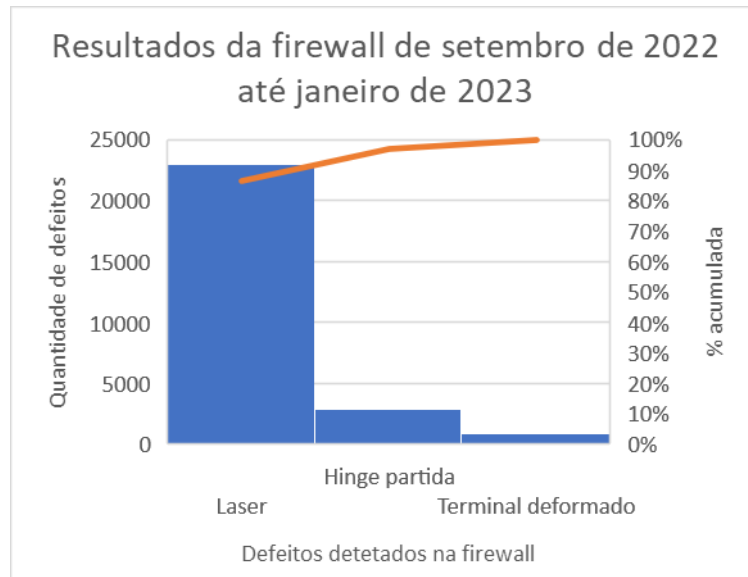


Figura 22 – Pareto de defeitos detetados e sucitados na firewall entre setembro de 2022 e janeiro de 2023

Através do cálculo de PPM por defeito, podemos ver na figura 23 que há variação ao longo dos meses, mas também há uma variação do número de peças inspecionadas. No entanto há variação de incidências sempre que há variação no 4M (*machine, material, method e man*). Sempre que há variações as mesmas são registadas em SAP, no registo de 4M e monitorizadas pela equipa de qualidade.

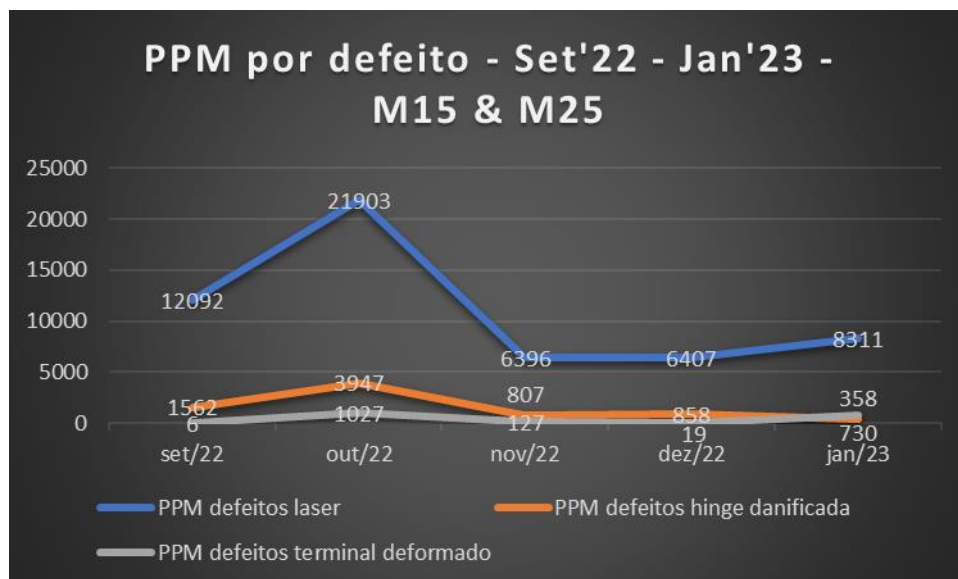


Figura 23 – Análise de PPM por defeitos causados pelos dois equipamentos

Através da análise de defeitos por equipamento, M15 e M25, nas figuras 24 e 25 podemos constatar que há diferenças no número de defeitos entre os equipamentos. Existe mais incidência do defeito de laser na máquina M15 do que na máquina M25, mas no defeito de hinge partida podemos ver um comportamento mais penalizador na M25.

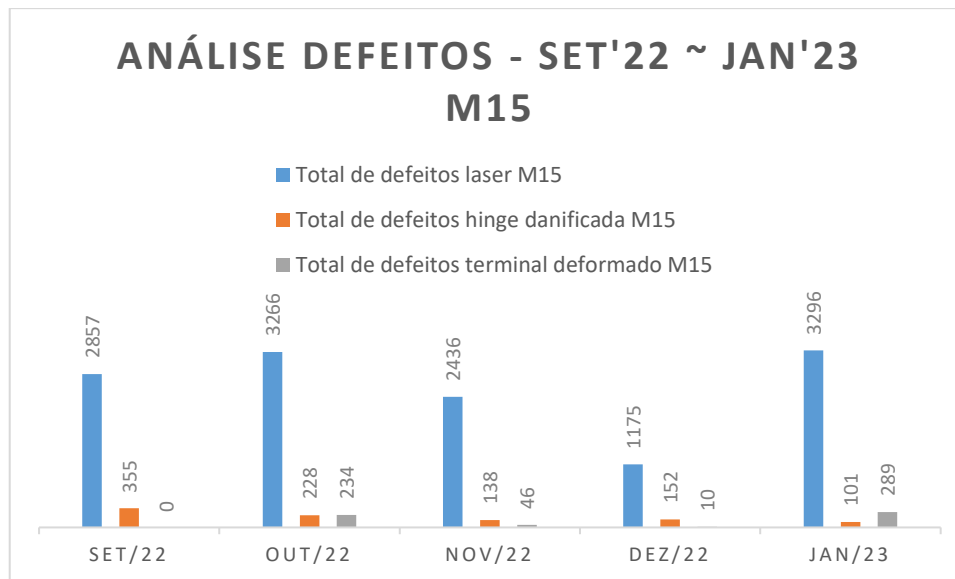


Figura 24 – Defeitos produzidos na M15

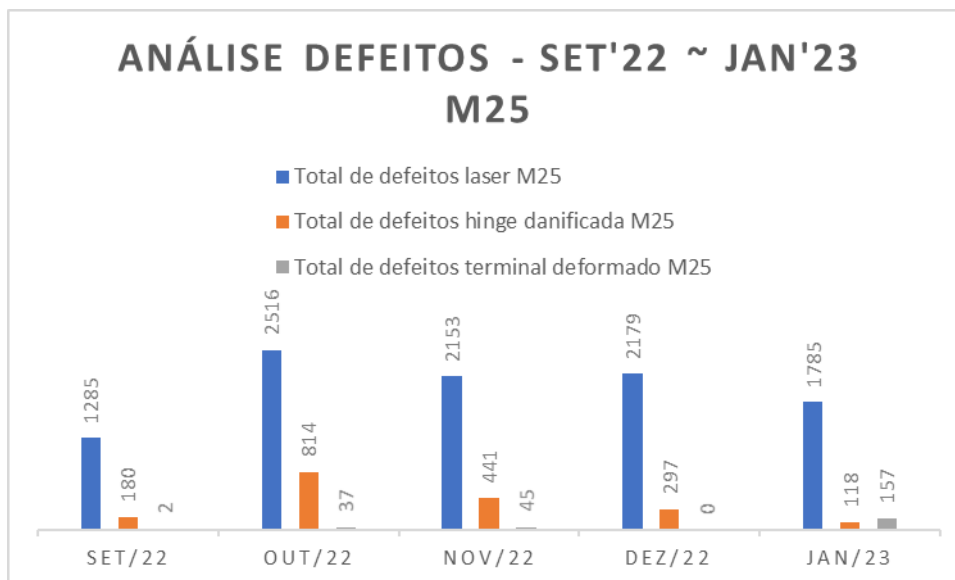


Figura 25 - Defeitos produzidos na M25

4.2.1. Defeito laser mal posicionado e ilegível

Os critérios para rejeição de peças relativamente ao laser, é com base no desenho que indica que deverá ter a rastreabilidade, e que apresenta os segundos quatro dígitos do produto, a data de produção (ano/mês/dia) e a hora em que foi marcado o laser (hh) tal como na figura 26.

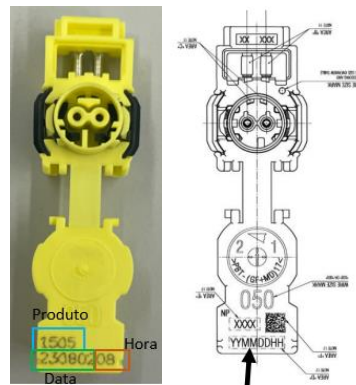


Figura 26 – Marcação laser de acordo com o desenho do produto

Quando a marcação laser não está de acordo com os requisitos e não é possível ler conforme a figura 27 as peças não podem ser expedidas para o cliente, pois a rastreabilidade é um requisito obrigatório a ser cumprido, é uma das regras da IATF 16949 e da VDA 6.3 pois em caso de não conformidade ou em suspeita de produto não conforme é através da rastreabilidade que é feita toda a análise necessária.

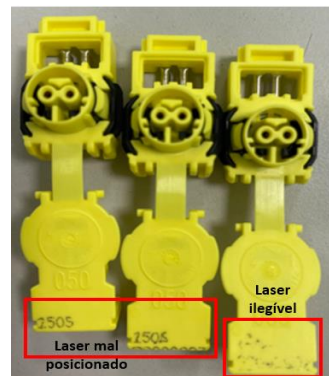


Figura 27 – Tipos de defeito da marcação laser

4.2.2. Defeito *hinge* danificada

A *hinge* do conector serve com uma espécie de dobradiça para que depois de serem cravados dos terminais possa ser fechado, tal como é representado na figura 28. Por norma este tipo de *hinge* é necessária apenas para a montagem do conector, porque se partir após o fecho da mesma não terá nenhum impacto funcional do carro.

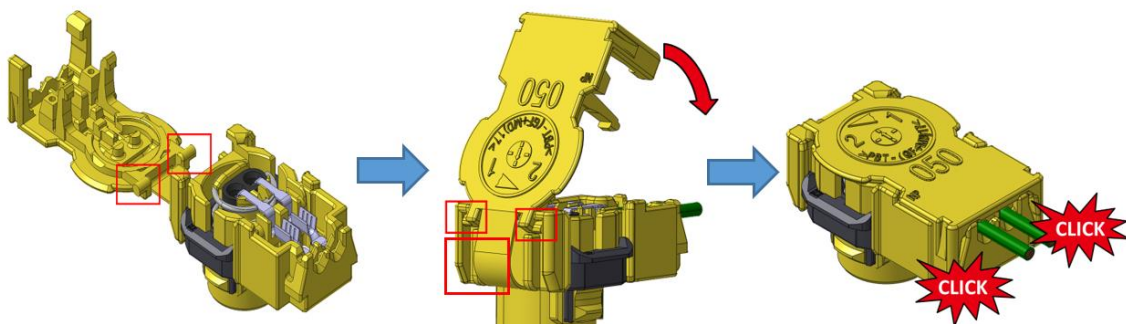


Figura 28 – Sequência de fecho do cover com o suporte da *hinge* após os terminais cravados

Embora não seja um defeito com impacto funcional, pois serve apenas para ajudar a “guiar” o fecho, é um requisito de cliente não receber peças partidas, tal como na Figura 299 ou totalmente partida. Como tal, em caso deste defeito ser detetado na firewall deve ser separado para ser sucutado.

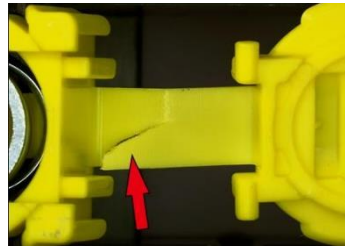


Figura 29 – Exemplo de uma *hinge* partida

4.2.3. Defeito terminal deformado

O terminal deformado, contrariamente aos defeitos anteriores, só é detetável ao microscópio, pois é um defeito demasiado minucioso e difícil de analisar. Os terminais em questão são equiparados a nano terminais (demasiado frágeis) e devem ser manuseados como tal, pois caso contrário pode potenciar este problema, ou causar problema de processamento durante a produção.

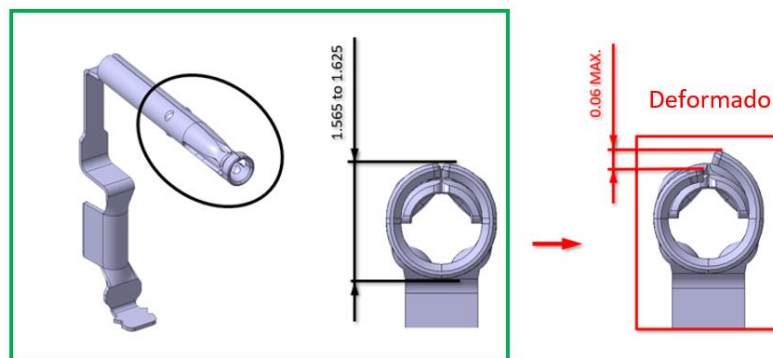


Figura 30 – Especificação de terminal conforme versus terminal deformado

Os terminais devem estar de acordo com o apresentado na figura 31, ou seja, após o dobramento até ficar com um ângulo de 90°, e a inserção no conector o terminal deve permanecer com a mesma dimensão entre o corpo terminal e o *o-ring*.

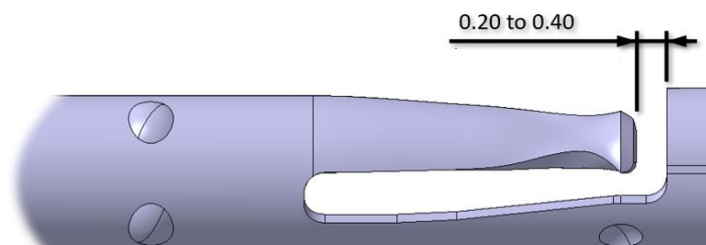


Figura 31 – Especificação da posição o ring em relação terminal

Aquando colisão com algo, o terminal fica como demonstrado na figura 32, e as peças não podem ser consideradas conformes.

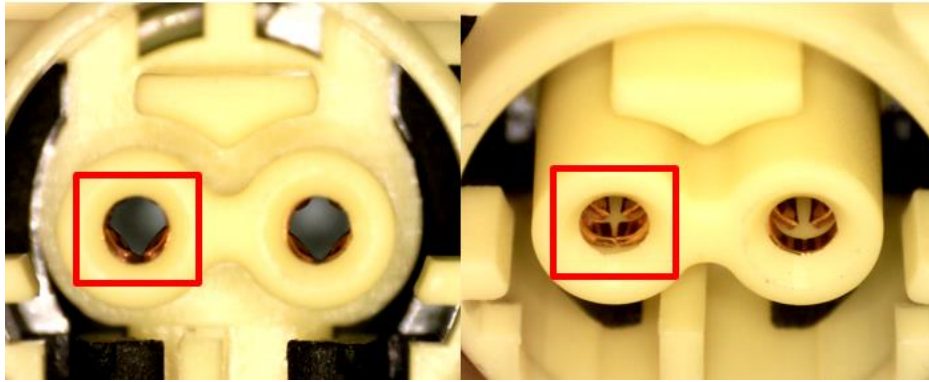


Figura 32 – Exemplo de um conector com terminal deformado detetado na *firewall*

Para confirmação que o conector foi bem rejeitado, existe um controlo habitual de fazer uma *teardown*, que se traduz em abrir a peça cuidadosamente de forma a analisar o interior dos componentes e em casos como a figura 33, o terminal está fora do especificado. Segundo o DFMEA, se o conector for enviado assim tem o risco de com a utilização o *o-ring* fique em contacto com o corpo do terminal e provoque o curto-circuito.

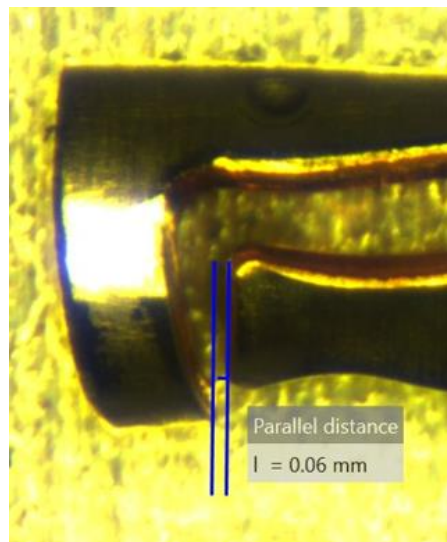


Figura 33 – Medição do terminal da figura 29

4.3. Measure

Em setembro foi analisado que um dos principais responsáveis pelos *backlog* da operação montagem moldes era o processo M15 e M25 visto que não tinham output suficiente e dado os problemas de qualidade existentes todas as peças tinham de ser analisadas a 100% por inspetores dada a instabilidade dos equipamentos.

De setembro a fevereiro o impacto financeiro foi 19 651 € em desperdício, sendo que é necessário gastar mais 1021€ para que seja produzida a mesma quantidade de peças que foi sucutada e que é necessário repor para assegurar as necessidades de encomenda

Tabela 12 – Medição do problema entre Setembro de 2022 e Fevereiro de 2023

Nº de peças inspecionadas	3034624
Quantidade de defeitos	39385
Custo das peças sucataadas (€)	8 271 €
Peso de peças sucataadas (Kg)	138
Horas de inspeção (h)	843
Valor da inspeção (€)	11 380 €
Tempo para produzir a segunda vez (h)	39
Valor Homem disponível para produzir 2ª vez (€)	939 €
Gasto energético a produzir segunda vez (€)	81 €

O impacto financeiro maior é causado pela inspeção pois é uma inspeção muito demorada, e o output depende da capacidade do operador. Esta inspeção impacta também o fluxo logístico, pois quando existe um atraso das inspeções coloca a organização em situação delicada e são necessários envios urgentes, adicionando ainda mais custos

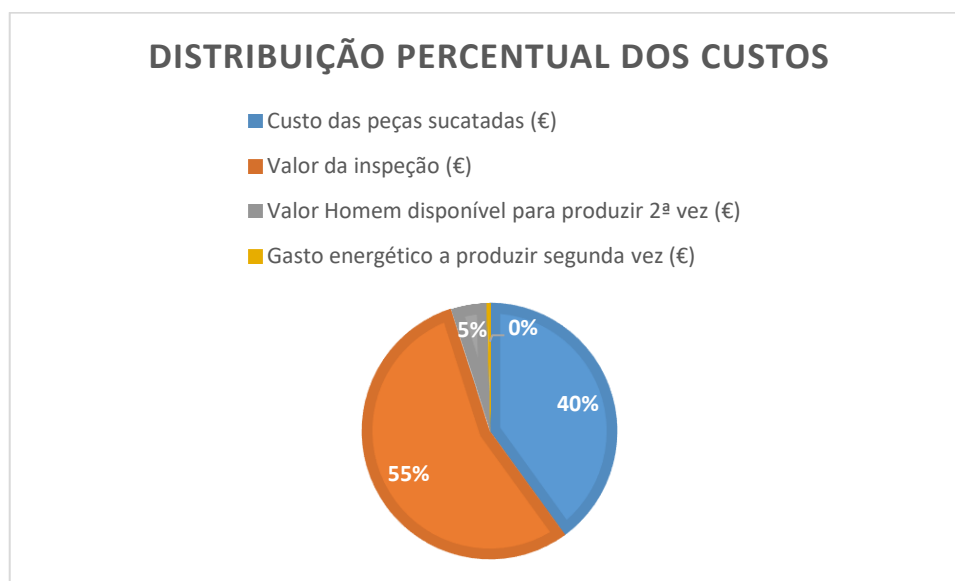


Figura 34 – Impacto financeiro “causado” pela firewall entre setembro de 2022 e fevereiro de 2023

4.4. Analyse

Nesta fase foram usadas as ferramentas diagrama de *Ishikawa* e uma análise de 5 *Why's*, de forma a analisar as possíveis causas raiz dos três problemas que afetam o produto deste caso de estudo e que não permitem a remoção da inspeção extra (*firewall*), pois têm impacto na qualidade do produto. A análise consiste na avaliação do que deve ser melhorado no processo, no que toca aos

5M, ambiente caso a temperatura ou algum fator ambiental tenha algum impacto, na máquina de forma a melhorar o processo produtivo, em termos ocorrência, mas também de deteção, no método pois pode haver necessidade de reavaliar a metodologia, ou no que toca ao operador se alguma atividade não cumpre as normas e deve ser reavaliada através de formação e/ou treino. Após a análise e de melhorias em todos os fatores, tem de ser possível eliminar a inspeção adicional a 100%.

4.4.1. Defeito laser mal posicionado e ilegível

A análise iniciou-se pelo principal defeito, que é a marcação laser mal posicionada ou ilegível. Através de *brainstorming* de equipa multidisciplinar, as possíveis causas raiz foram analisadas através da figura 35 e 36.

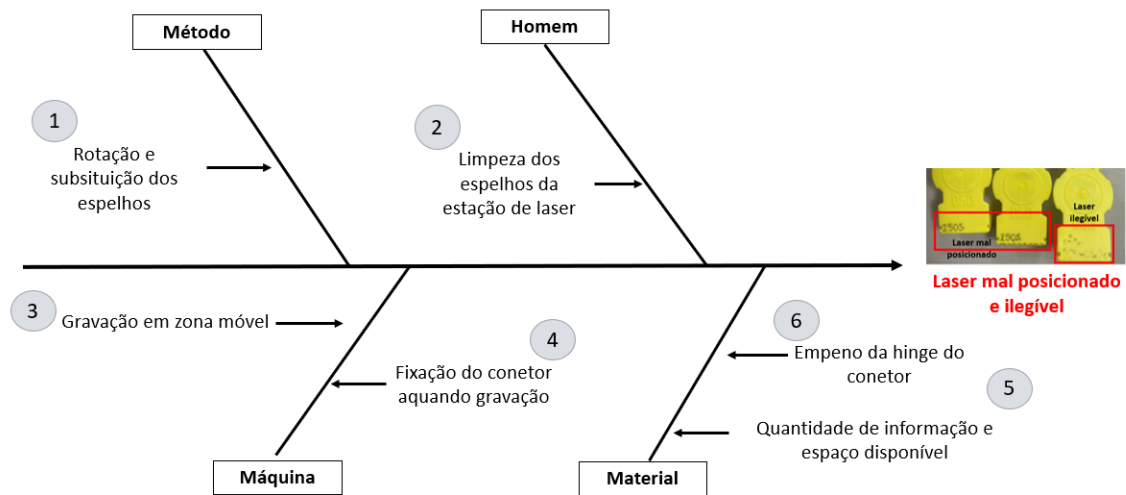


Figura 35 – Diagrama de Ishikawa do defeito de laser mal posicionado e laser ilegível

5 Porquês	1 Método	2 Homem	3 Máquina	4 Máquina	5 Material	6 Material
1	Necessidade de rotação e substituição dos espelhos	Limpeza dos espelhos da estação de laser	Gravação em zona móvel	Fixação do conetor aquando gravação	Quantidade de informação e espaço disponível	Empeno da hinge do conetor
2	Os espelhos com número de marcações laser ficam queimados e provocam laser ilegível	Com a utilização os espelhos ficam sujos e podem provocar gravação ilegível	A gravação é feita na hinge que não é fixa	O equipamento tem de fixar o conetor para que a gravação não fique cortada	O que está definido gravar é demasiada informação	A hinge tem uma espessura muito fina e empena
3	Porque o material de laser com o tempo danifica os espelhos	Os desperdícios do produto que é utilizado aquando marcação alocam-se nos espelhos	O facto da máquina não fixar totalmente todo o corpo do conetor pode cortar o laser	A estação mecânica tem de ser alterada	O espaço disponível no conetor é demasiado limitado	Pode empenar devido ao tempo de arrefecimento
4	Porque os espelhos não são rodados e substituídos de acordo com um período especificado	Os espelhos necessitam de ser limpos ao longo da utilização (4 em 4 horas)	Porque o laser até é bem gravado mas não coloca toda informação necessária		Basta ter uma ligeira inclinação e metade da informação fica cortada	Pode ser colocado na caixa ainda quente e ganhar "memória"
5	No TPME não especifica o tempo que é necessário e como deve ser feito	Os operadores não cumpriam o período necessário de limpeza dos espelhos	É necessário acrescentar um calcdor e redefinir a fixação das zonas flexíveis		Deve ser mudado o sítio de gravação ou colocar menos informação	Porque tem uma quantidade avultada dentro da mesma caixa
Validação da causa	Causa validada, o método tem de ser avaliado	O documento de controlo de Qualidade de processo e produto tem de ser revisto de forma a controlar a limpeza dos espelhos	Causa validada, os equipamentos necessitam de alterações	Causa validada, os equipamentos necessitam de alterações	Causa validada, é necessário avaliar com o cliente se aceita mudar a zona de marcação e a quantidade de informação	Causa validada, no entanto foram feitos vários testes de embalagem, mudança de parâmetros e não mudou as condições da hinge

Figura 36 – Análise 5 porquês baseada no Ishikawa da figura 35

Através da análise de possíveis causas, são necessárias várias melhorias tais como:

- Redefinir o método de troca de espelhos no TPME, que é elaborado pelos operadores, e a qualidade validar que o método é cumprido;
- Melhorar a metodologia para que operador não falhe na limpeza regular dos espelhos;
- Fazer várias alterações nos equipamentos no que toca à fixação do conetor e a *hinge* para que a marcação laser não fique mal posicionada/cortada;
- Reavaliar a possibilidade de gravar menos informação e numa zona fixa do conetor, como por exemplo na lateral.

4.4.2. Defeito *hinge* partida

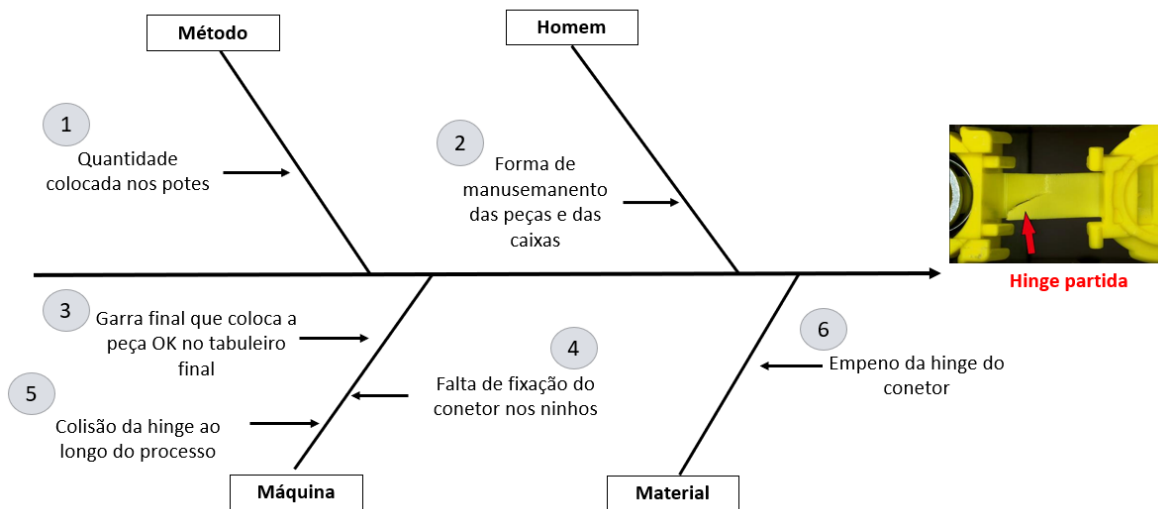


Figura 37 - Diagrama de Ishikawa do defeito da *hinge* partida

5 Porquês	1 Método	2 Homem	3 Máquina	4 Máquina	5 Máquina	6 Material
1	Quantidade colocada nos potes	Forma de manuseamento das peças e das caixas	Garra final que coloca a peça OK no tabuleiro final	Falta de fixação do conetor nos ninhos	Colisão da hinge ao longo do processo	Empeno da hinge do conetor
2	Quantidades avultadas podem estar dentro do pote várias horas e agravar a condição da hinge	As caixas podem sofrer danos e agravar esta condição	O facto de hinge estar empenada pode haver colisão com a garra	O efeito mola é apenas aplicado numa das extremidades do conetor e como tal permite oscilação ao longo do processo	Falta de fixação da hinge nos ninhos e collide com várias estações ao longo do processo e pode partir	A hinge tem uma espessura muito fina e empena
3	Os conetores encaixam uns nos outros agravando essa condição	As caixas são de cartão e absorvem mais facilmente os impactos	Ao estar inclinada a garra colidir e pode partir a hinge	Não há fixação do meio do conetor	Porque o conetor permite que a hinge esteja "para cima"	Pode empenar devido ao tempo de arrefecimento
4	O pote tem uma ação giratória para alimentar o feeder					Pode ser colocado na caixa ainda quente e ganhar "memória"
5	Deve ser colocada menos quantidade					
Validação da causa	Causa não validada, visto que mesmo com menos quantidade a hinge fica deformada	Causa não validada, visto que os testes feitos com caixa plástico também apresentam a mesma condição	Causa validada, é necessário rever uma alteração no equipamento de forma a absorver o empeno da hinge	Causa validada, é necessário que o sistema fixe no meio do conetor melhorando a estabilidade do mesmo	Causa validada, é necessário novo desenvolvimento de forma a que o equipamento consiga absorver o empeno da hinge	Causa validada, no entanto para mudar o material é necessário repetir todo o processo de validação com o cliente

Figura 38 - Análise 5 porquês baseada na Ishikawa da figura 37

Para eliminar este defeito são necessárias várias melhorias tais como:

- Implementar várias ações no equipamento para que o empeno seja absorvido e não existam colisões mecânicas de forma que a mesma fique danificada ou partida;
- Caso os melhoramentos no processo não sejam eficazes é necessário voltar a avaliar com o Design e com o cliente a possibilidade da *hinge* ter uma espessura maior, no entanto nos primeiros ensaios essa possibilidade foi descartada pois no fecho do conector iria haver mais probabilidade de partir no cliente após a cravação dos terminais, no entanto se após a fase *improve*, o defeito não for eliminado tem de ser o material a ser alterado.

4.4.3. Defeito terminal deformado

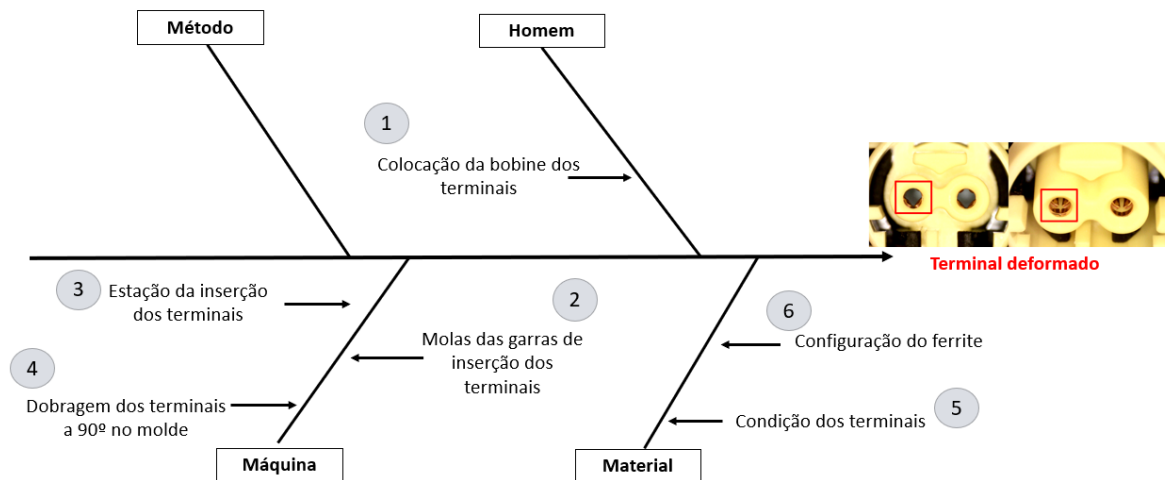


Figura 39 - Diagrama de Ishikawa sobre o defeito terminal deformado

5 Porquês	1 Homem	2 Máquina	3 Máquina	4 Máquina	5 Material	6 Material
1	Colocação da bobine dos terminais	Molas das garras de inserção dos terminais	Estação de inserção dos terminais	Dobragem dos terminais a 90º no molde	Condição dos terminais	Configuração do ferrite
2	Se a bobine for mal colocada os terminais podem "embrulhar" durante as dobragens no molde	Quando a mola que faz o pick and place está danificada pode danificar os terminais	As garras não fixam corretamente os terminais	Os terminais podem não ficar com um ângulo a 90º e na inserção colidir com o ferrite	Dependendo do plating do Terminal pode ter impacto no ângulo	O ferrite tem dois chanfres
3	Se o terminal estiver demasiado avançado já não faz a dobragem correta e impacta os terminais seguintes	Porque os terminais ficam inclinados e podem colidir com o ferrite	As garras permitem uma oscilação	Porque a dobragem dos terminais é feito por estampagem no molde	A dureza do terminal varia consoante o plating	O terminal ao inserir pode colidir com o chanfre do ferrite e provocar dano
4	Porque o molde tem dez posições de dobragem, e faz par a par, portanto se o terminal avançar 1 terminal, fica impar, desfazado e o molde já não processa	Porque deixam de ter um ângulo de 90º	Porque apresentam folga	Podem existir ajustes no molde que tenham impacto na dobragem		Podem raspar caso não esteja com um ângulo de 90º, no entanto mesmo que esteja o chanfre pode potenciar a deformação do terminal
5						
Validação da causa	Causa validada, porque foi detetado que alguns operadores não respeitam a norma de operação	Causa validada, é necessário avaliar um novo sistema de molas	Causa validada, as garras de inserção dos terminais têm de ser ajustadas	Causa validada, após qualquer ajuste deve ser medido o ângulo do terminal com um calibre	Causa validada, pois já foi detetado na mudança entre bobines, no entanto o terminal encontrava-se dentro de especificado	Causa validada, alteração do ferrite simétrico (2 chanfres) para apenas com 1 chanfre

Figura 40 - Análise 5 porquês baseada no Ishikawa da figura 39

Nestas duas figuras, 41 e 42, é possível demonstrar com peças defeituosas, e com simulação de casos que as causas estão bem validadas.

Ou o terminal fica deformado devido a colisão com ferrite na inserção do mesmo, devido às causas enumeradas anteriormente, pois nos *teardown* é possível ver marcas de impacto.

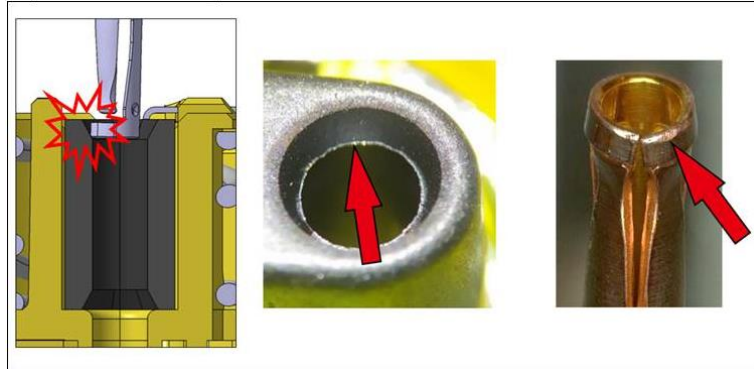


Figura 41 – Colisão do terminal com o ferrite

Ou, o terminal bate no conetor, e daí termos peças em que é possível detetar partículas de plástico de existir colisão com o conetor.

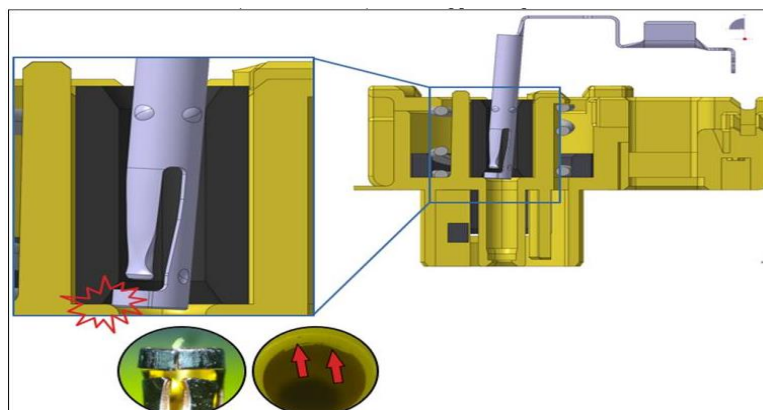


Figura 42 – Colisão do terminal com o conetor

Ambas as colisões são causadas pelo desalinhamento do terminal durante a inserção. A inserção do terminal é difícil e delicada, com pouca margem para erros, devido a muitos fatores, incluindo encurtamento do terminal por projeto, que foi realizado devido a problemas de cravação design da pinça terminal na M15, melhorado na M25, construção inerentemente flexível do próprio terminal.

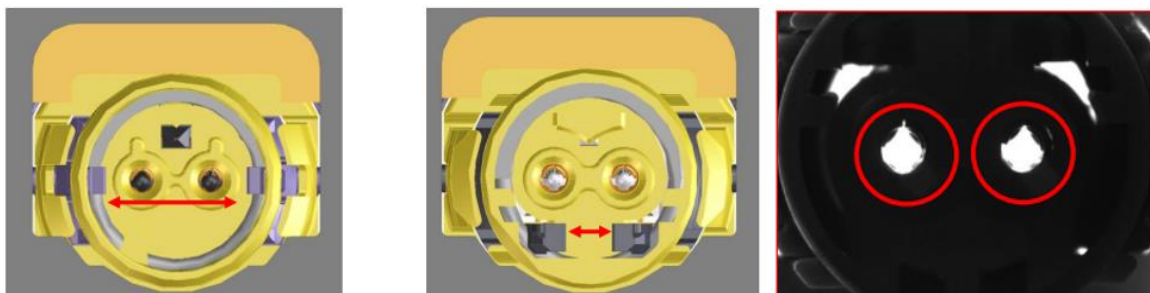


Figura 43 – Sistema de visão da estação 11

Através da estação 11, tal como é mostrado na figura 43, é possível colocar em prática um pedido de otimização de forma a que o equipamento consiga detetar todos os terminais danificados até a causa raiz ser corrigida, no entanto deve ser devidamente acompanhado, assim como todas as acções para que não gere demasiado desperdício no processo.

4.5. Improve

Após a análise dos defeitos mais importantes, da medição do impacto dos mesmos e com base em toda a análise feita foram feitos e planeados melhoramentos de forma a reduzir a frequência do aparecimento dos mesmos com o objetivo de eliminar a 100% a sua ocorrência.

4.5.1. Melhorias na marcação laser

Após a análise foram encontradas várias ações que permitiram reduzir o impacto numa fase inicial através do calcador na M15, na segunda fase com a ação de troca dos espelhos, e posteriormente a ação que eliminou a ocorrência, a troca de garras mecânicas. Enquanto estas ações foram sendo estudadas, foi estudado em paralelo a possibilidade de substituição do laser por DMC (*Data Matrix Code*) gravado numa posição mais indicada tendo em consideração a configuração do conector.

4.5.1.1 – Implementação do calcador no equipamento M15

Tal como analisado na figura 25 é visível que havia mais incidência de peças com laser com defeito no equipamento M15, sendo a única diferença entre os equipamentos que na M25 tinha um calcador na estação.

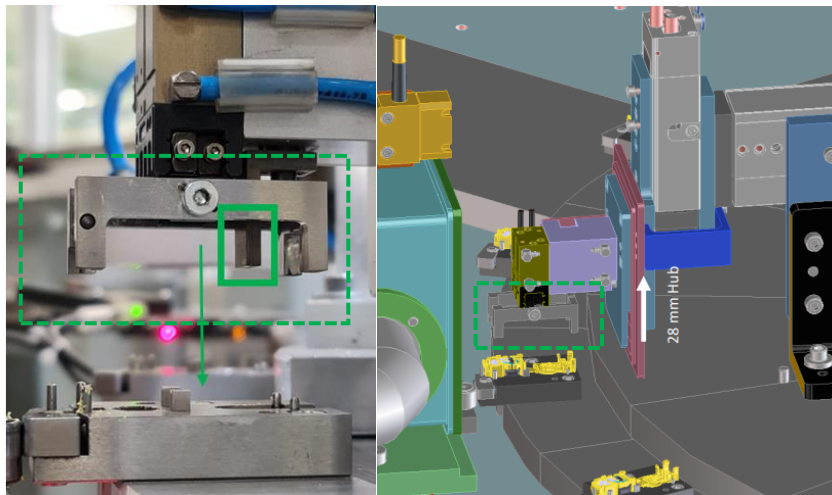


Figura 44 – Calcador implementado nas garras da estação 13

Caso a condição do conector esteja conforme indicado na Figura 53 o calcador quando exerce movimento de descida ajusta a posição do cover na zona indica na Figura 32 para que fique a 180º e a gravação seja feita na posição correta.



Figura 45 – Zona de contacto do cover com o calcador

4.5.1.2 – Troca de espelhos

Com a troca de espelhos mensalmente, e a rotação dos mesmos semanalmente permitem que o defeito de laser ilegível deixe de ocorrer.

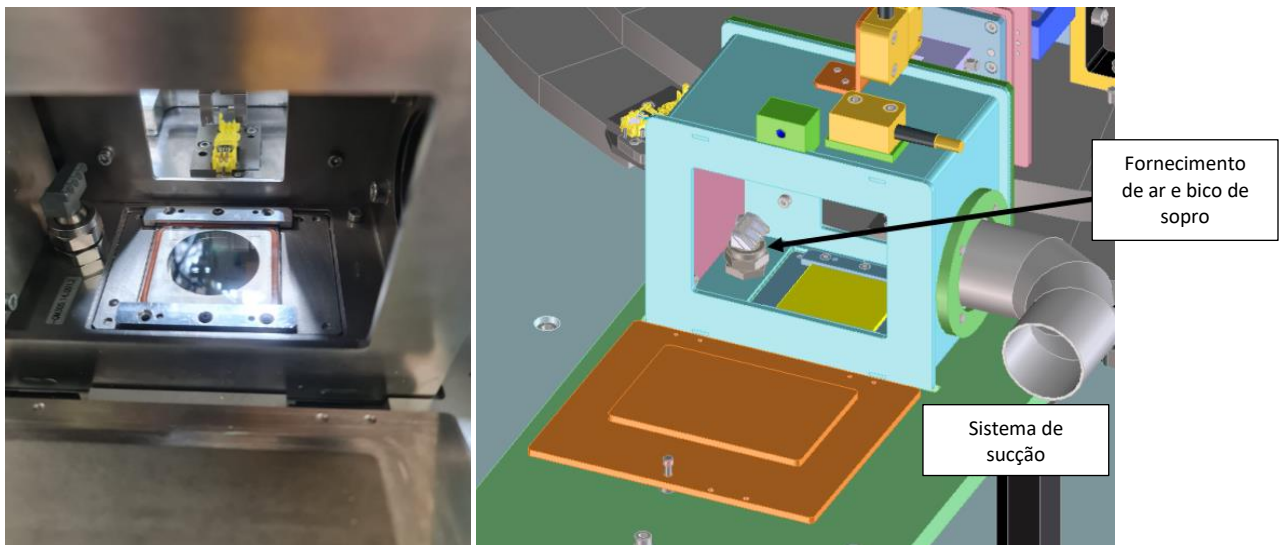


Figura 46 – Sistema de quatro espelhos da marcação laser na estação 11

4.5.1.3 – Mudança das garras da estação 13 nos equipamentos M15 e M25

As garras de origem como é possível ver na Figura 47 são redondas e de acordo com a configuração do conector, e devido à variação de empeno provocado pelo processo de injeção, aos tempos de arrefecimento e contração da peça, quando fecho das garras a peça pode oscilar e influenciar a posição da marcação do laser.

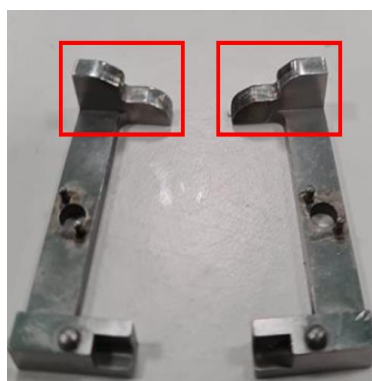


Figura 47 – Garras de origem da estação 13

O encaixe do conector nas garras não é completamente fixo, que com a ação mecânica da marcação laser depois permite que o mesmo se mexa.

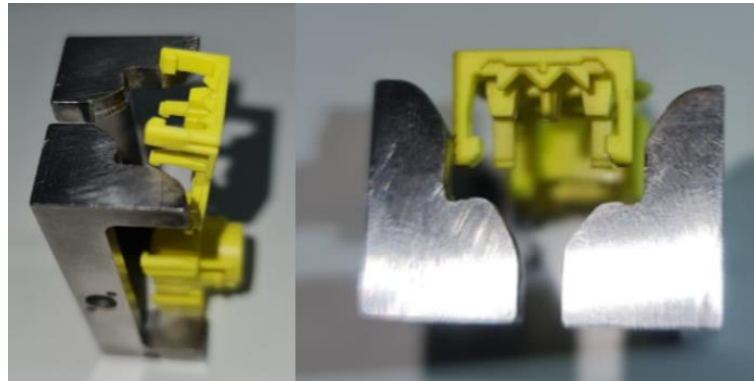


Figura 48 – Posição do conector com as garras de origem

Tendo em consideração que foi detetada uma possível causa para a falha/falta de qualidade do laser, foram implementadas garras novas com uma configuração diferente. Tal como é possível ver na Figura 49, apresentam uma configuração quadrada com a adição de uma borracha de forma a absorver a oscilação possível do conector.

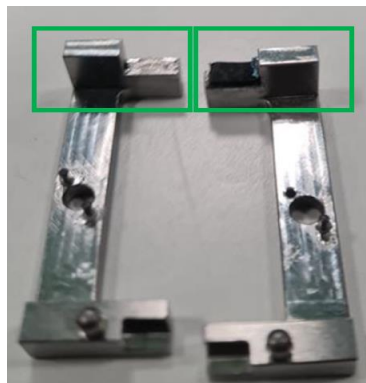


Figura 49 – Garras da estação 13 após a ação de melhoria

Com esta nova configuração permite que o mesmo fique fixo durante a marcação laser como é possível ver na figura 51 e desta forma também não haverá impacto mecânico na *hinge*, pois a mesma encontra-se mais protegida.



Figura 50 – Posicionamento do conector após a melhoria das garras

É possível na figura 51 como a fixação do conetor mudou, e que irá promover uma melhor estabilidade.

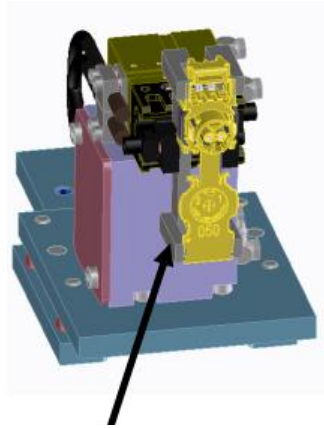


Figura 51 – Fixação após mudança das garras

4.5.1.4 Substituição do laser por *Data Matrix Code* (DMC)

Durante a análise foi constatado que o facto de o laser ser gravado numa zona móvel teria impacto e como tal foi proposto à equipa de Design trocar a marcação da Figura 26 pela marcação da figura 47. Para tal é necessário alterar o desenho e ser submetido ao cliente com as duas possibilidades, e no desenvolvimento do terceiro equipamento esta melhoria já se encontra considerada.

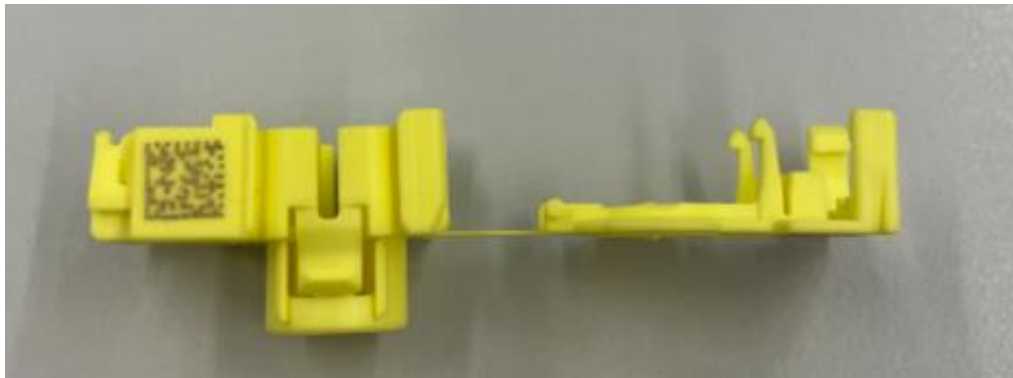


Figura 52 – Marcação *Data Matrix Code* (DMC)

4.5.2. Melhorias na *hinge*

A incidência era maior na máquina M15 do que na M25 foi visto que entre as duas máquinas preciso instalar o calcador;

- Melhoria na condição de armazenagem do material, várias tentativas falhadas.
- New improvement para absorver a variação da hinge logo após a entrada no equipamento.

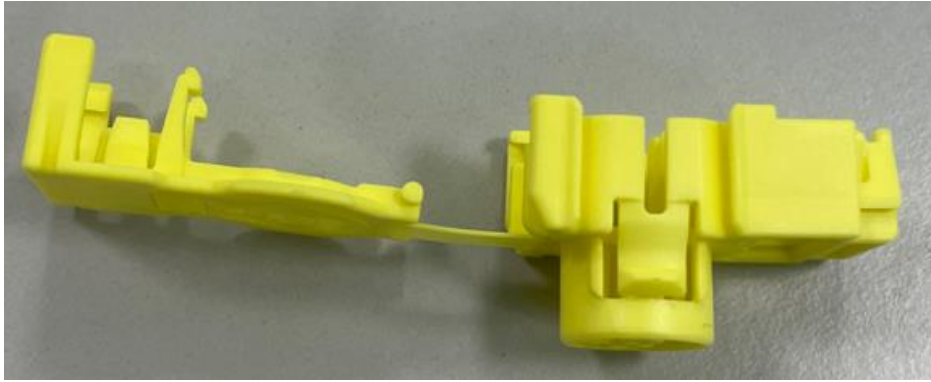


Figura 53 – Exemplo de um conector com a *hinge* empenada

Quando os conectores têm empenos nas hings é possível visualizar que nunca estão na mesma posição e essa pode ser uma das causas do defeito não ser consecutivo, pois a condição no conector seguinte nunca é igual ao do anterior.

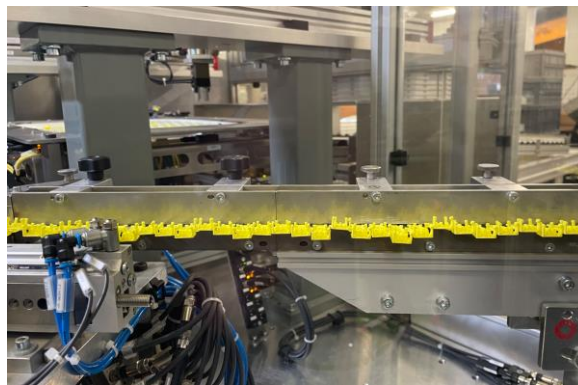


Figura 54 – Exemplo da variação das hings na entrada para o equipamento

Inicialmente foi feita uma primeira tentativa de melhoramento no equipamento através de um apoio de forma a contrariar o empeno do conector.

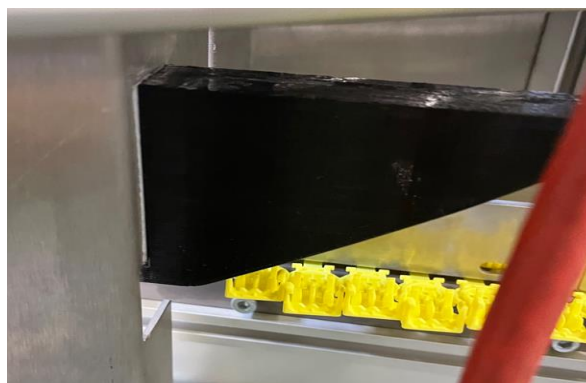


Figura 55 – Adição de um “batente” no equipamento M15

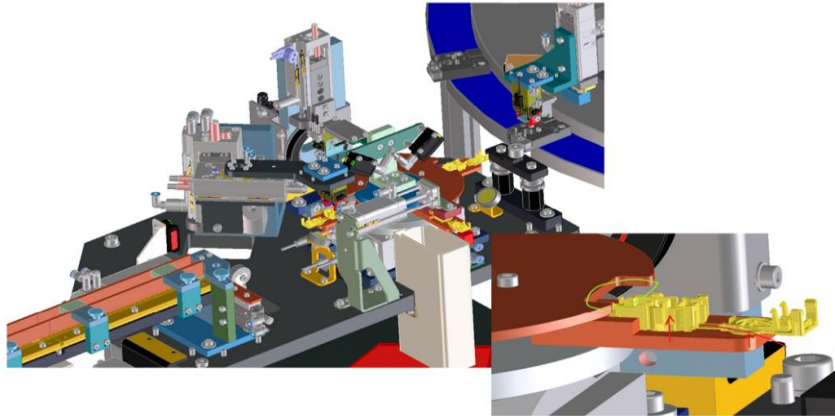


Figura 56 – Situação atual

Com a proposta apresentada, irá ser possível que a mesma fique fixa e como tal não permita que a hinge parta ao longo do processo.

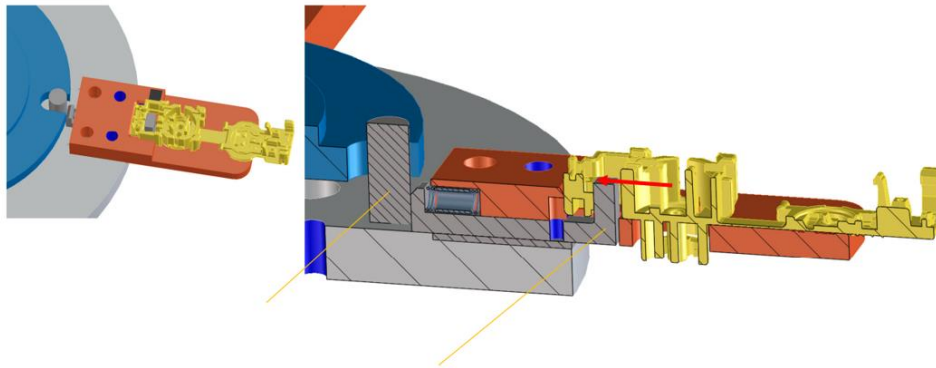


Figura 57 – Nova estação com as melhorias de fixação do conector

4.5.3. Melhorias no terminal deformado

4.5.3.1 Ferrite assimétrico

Tal como analisado e visível na Figura 41 o facto de o ferrite ter um chanfre no topo pode potenciar a deformação do terminal. Na Figura 58 podemos analisar o ferrite atual, em que é simétrico, pois tem chanfre dos dois lados, e a nível de processo facilita, pois sendo igual, é indiferente a forma como entra no equipamento, e com o novo ferrite, figura 59 é necessário que o ferrite entre sempre na mesma direção.



Figura 58 – Ferrite atual – simétrico com 2 chanfres

Como tal foi proposto usar um novo ferrite sem chanfre na zona frontal de forma a eliminar a possibilidade de colisão do terminal, tal como é apresentado na figura 39.



Figura 59 – Ferrite novo - assimétrico com 1 chanfre

Foram feitos *trials* e *run at rate* ao processo com esta nova configuração de ferrites e o impacto foi positivo. Para tal os equipamentos tiveram de sofrer uma alteração a nível de parametrização de software, que inicialmente iria ter um impacto no tempo de ciclo do equipamento, mas que após solicitação de suporte ao fornecedor do equipamento foi possível otimizar o mesmo, e assim continuar a ser uma ação viável de implementação.

4.5.3.2 Melhorias na estação de inserção de terminais

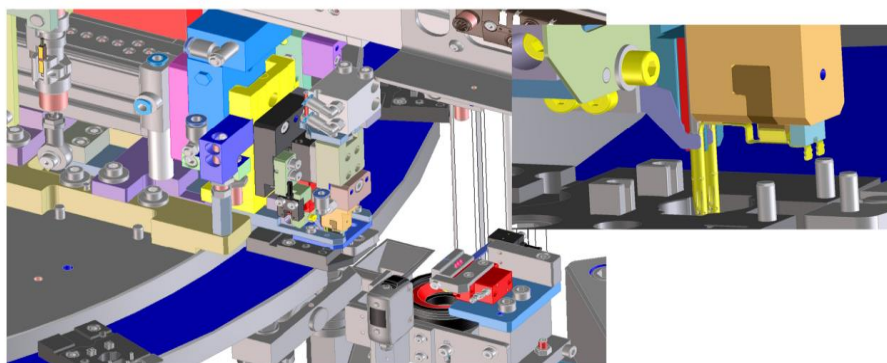


Figura 60 – Processo atual da inserção dos terminais após estampagem até 90°

As leaf Spring de origem tinham 0,25 mm e houve um *upgrade* para 0,5 mm. Com esta mudança permitiu um aumento de OEE dos equipamentos porque existiram menos paragens devido a problemas na leaf Spring. Ao mudarmos o design da pinça tal como feito com as garras do laser, a posição da garra ficará muito mais estável, com pinça prismática dupla, logo teremos uma melhoria na precisão da garra para que na inserção dos terminais não exista colisão com o ferrite. Deixará de ter mola e desta forma deixa de ter tanto impacto nos terminais tal como é apresentado na figura 61.

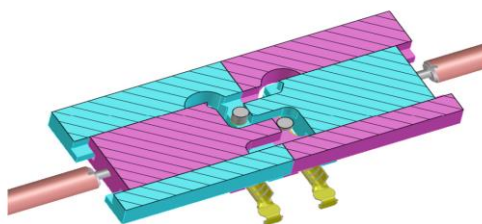


Figura 61 – Novo sistema de fecho

Com este sistema iremos eliminar as molas e aumentar a precisão na pega dos terminais, e desta forma reduzir e/ou eliminar a possibilidade de colisão com o ferrite.

4.6. Control

A fase de controlo é extremamente importante de forma a monitorizar todas as ações implementadas. Neste trabalho prático foram tomadas/implementadas as seguintes ações de controlo:

- A revisão do TPME para que o operador faça a limpeza e rotação dos vidros, tal como é evidenciado no anexo E.
- Sempre que há alguma alteração no processo, a monitorização do processo é feita através do seguimento de 4M, e feito o controlo pela produção e pela qualidade no anexo C.
- São analisados os registos de sorting através de cartas de controlo com o anexo B.
- É feito error proofing aos poka yokes de acordo com o anexo D e registado do documento do anexo C.
- Simulação de novas parametrizações nas camaras de deteção de terminal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo dos 11 meses deste caso de estudo, foram recolhidos vários dados, foram analisados minuciosamente, através de vários *brainstormings* e várias análises, foram desenhadas, planeadas e implementadas várias ações. Como tal este capítulo é dedicado a apresentação dos resultados apurados ao longo de onze meses de trabalho.

Tabela 13 – Dados gerais do processo e da inspeção após processo

Dados gerais - setembro de 2022 a agosto de 2023	
Nº de peças inspecionadas	6 576 872
Nº de peças defeituosas detetadas na inspeção	110103
Nº de horas para produzir as peças defeituosas	107
Nº de horas de inspeção	1827
Peso da sucata das peças defeituosas (Kg)	385

Na figura podemos ver a quantidade de peças inspecionadas e a quantidade de peças com defeito que no seu conjunto deram um total de 385Kg de sucata, visto que cada peça pesa cerca de 3,5 gramas. Visto que a empresa deste caso de estudo faz uma correta separação dos resíduos, e com parceria de uma empresa de tratamento e valorização de materiais, da totalidade sucutada, foi possível recuperar cerca de 440 euros.

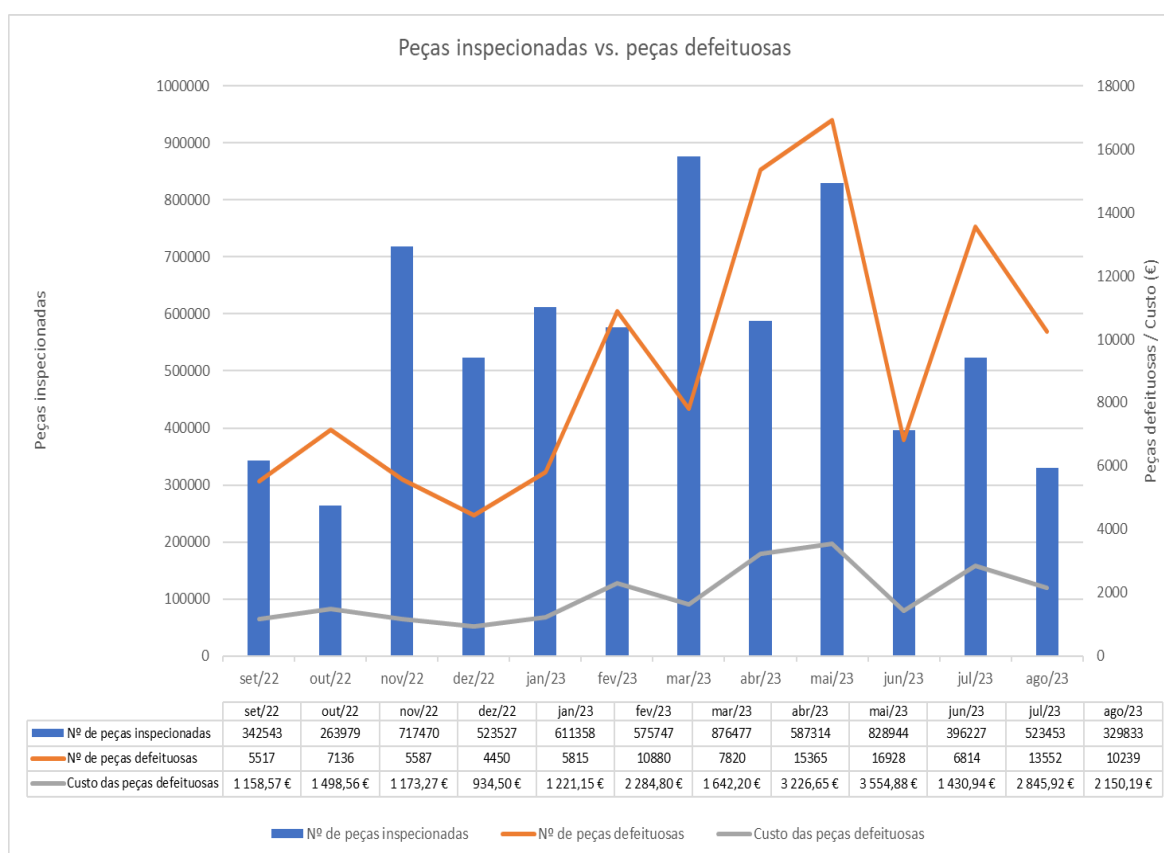


Figura 62 – Nº de peças inspecionadas vs. nº de peças com defeito e custo das mesmas

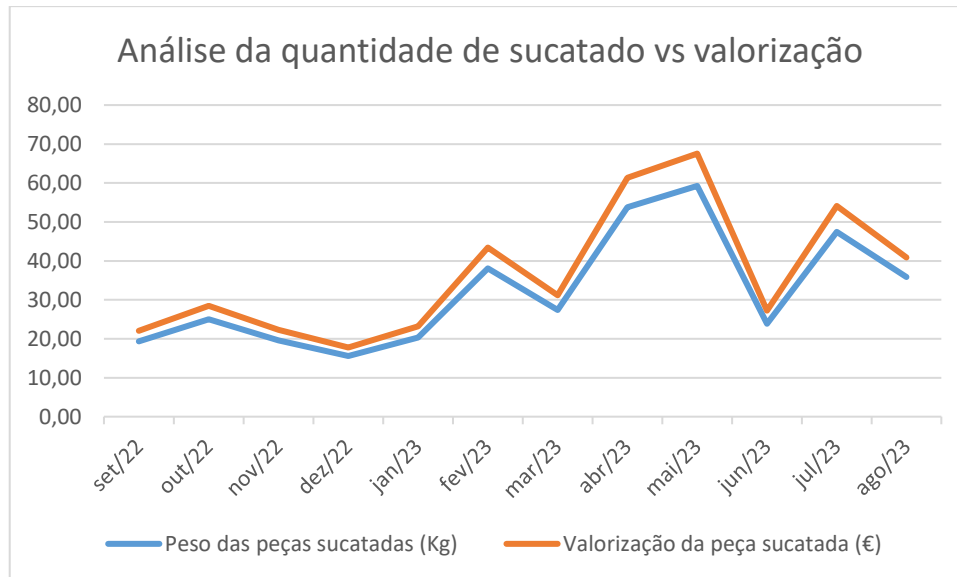


Figura 63 – Análise da quantidade sucata em Kg e qual o valor recuperado pela valorização do material em €

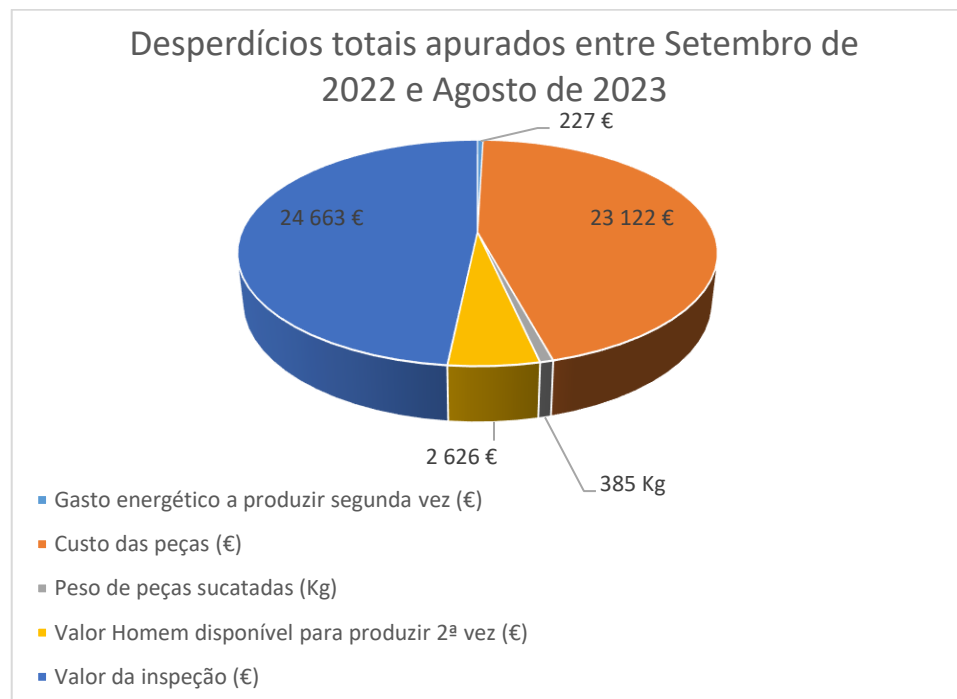


Figura 64 – Total de custos de 11 meses (setembro de 2022 a agosto de 2023)

Na figura 40 podemos ver a evolução dos defeitos de laser por máquina, através da ação de controlo de limpeza dos espelhos não se sentiram os efeitos necessários, pois dependia do operador, e também foi detetado que tinha impacto por turno. Quando foi definido de que era necessário trocar os espelhos mensalmente e rodar os mesmo semanalmente para que o mesmo não ficasse em estado degradado (queimado) foi notória a melhoria. Após a análise de que a máquina M15 tinha uma taxa mais elevada que a M25, sendo que a única diferença entre os equipamentos era apenas o calcador, e implementado o mesmo calcador no equipamento M15, há uma descida de 88% de defeitos por laser.

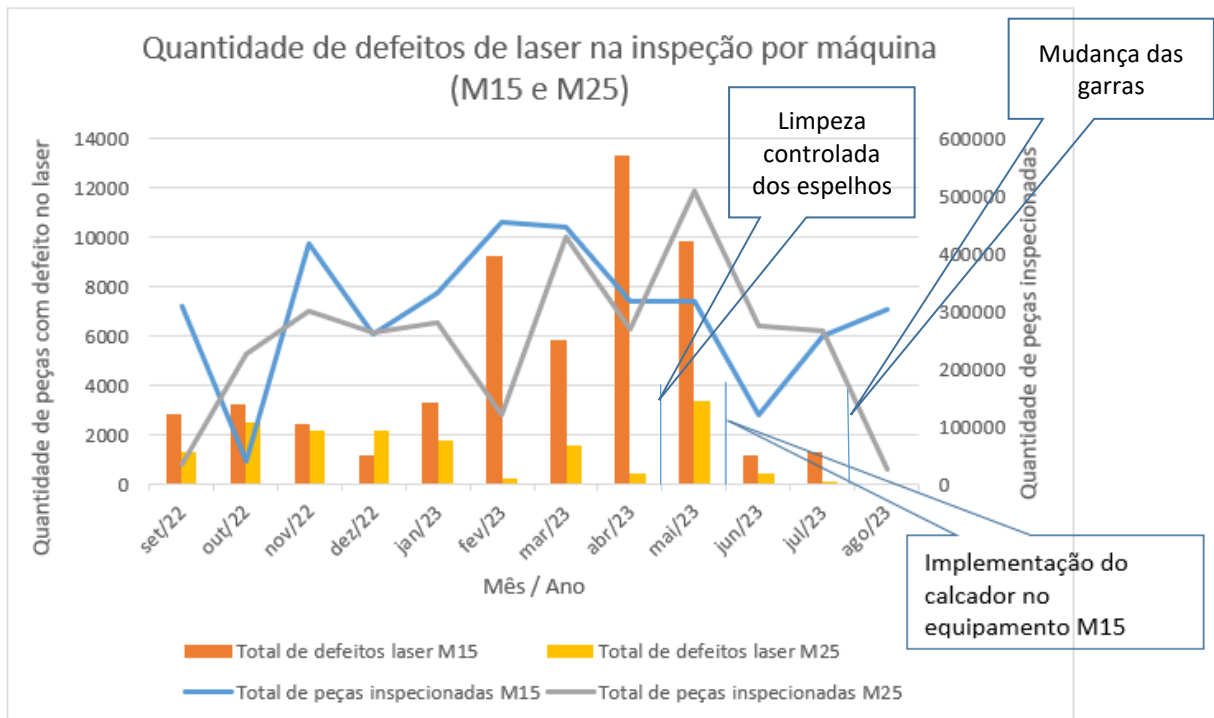


Figura 65 – Análise de defeitos de laser por máquina detetados na inspeção

No início deste trabalho, com base nos dados de setembro de 2022 a janeiro de 2023, o defeito de laser era responsável por 85% da quantidade total de defeitos, e daí ter sido o primeiro a necessitar de intervenção. Após todas as ações implementadas o defeito foi erradicado, portanto as ações no seu conjunto foram 100% eficazes tal como é possível ver na figura 41. Ou seja, na fase de medição o defeito de laser tinha uma média de 11 000 PPM passando para 0 PPM.

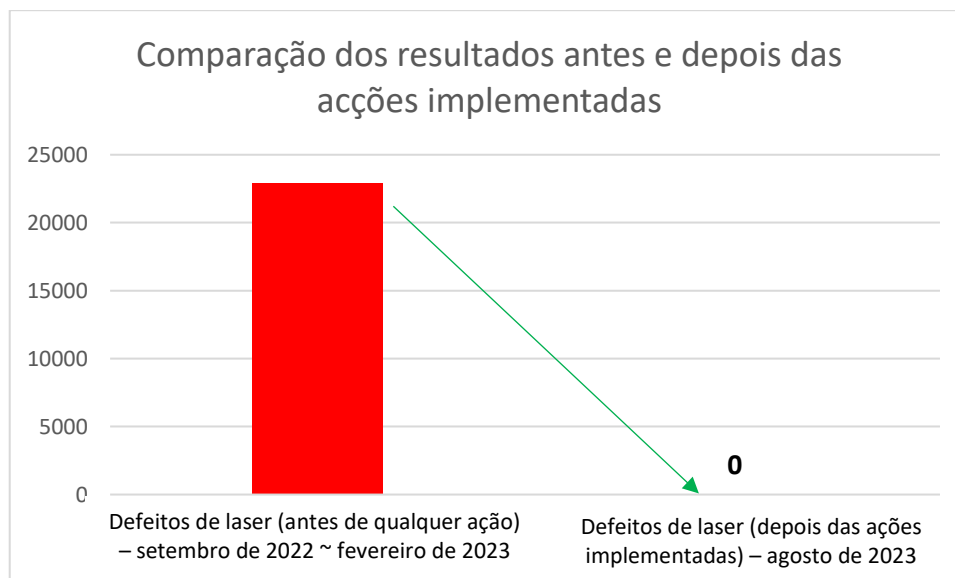


Figura 66 – Comparação dos defeitos de laser antes e depois das ações implementadas

Após as ações mais significativas da implementação do calçador na M15 em junho de 2023, o terminal deformado passou a ser o defeito mais preocupante e com mais impacto para a organização como é possível ser observado na figura 66.

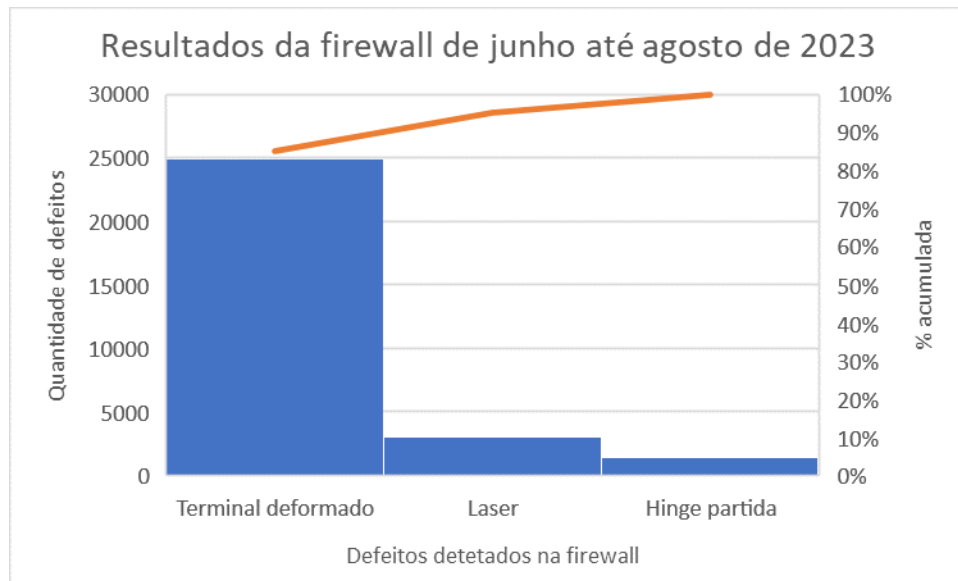


Figura 67 – Pareto dos defeitos encontrados na firewall entre junho e agosto de 2023

Após finalizar as ações em implementação iremos conseguir remover a *firewall*, e com base nos resultados dos últimos 11 meses significa que iremos reduzir mais de cerca de 50000 euros, tal como é possível verificar na Figura 64 – Total de custos de 11 meses (setembro de 2022 a agosto de 2023).

6. CONCLUSÃO

6.1. Conclusões finais

Esta dissertação que compilou uma análise bibliográfica que sustentou o projeto que tinha como propósito otimizar a linha produtiva de conectores airbag 90°, reduzindo/eliminando a *firewall*, de forma a aumentar a qualidade, a capacidade de entrega, competitividade do projeto que assenta numa melhoria da sustentabilidade pois reduz a quantidade de desperdício, não só de matéria-prima, mas também de todos os recursos, ambientais, de recursos humanos para que a mesma quantidade de peças fosse produzida uma segunda vez.

Pode-se concluir que existem várias vantagens no uso de ferramentas Lean Seis Sigma, e que surgem da fusão do Lean com o Seis Sigma. Existe uma grande diversificação de estudos, desenvolvidos e aplicados em várias indústrias em todo o mundo, e em que todos têm impacto, mesmo que por vezes pequenos, em termos de redução de PPM, redução de atividade sem valor acrescentado, redução de custos e otimizações de processos.

Conclui-se que mesmo que um problema seja grande e tenha várias possíveis causas é possível resolver um a uma, desde que se vá testando individualmente, pois é necessário validar uma a uma, e apenas se não resultar, criar ações relacionais.

Todas as melhorias devem ser registadas e monitorizadas assim como devem fazer parte dos cadernos de encargos de equipamentos que apresentem semelhanças, pois quando a solução é encontrada, mas não há uma normalização é como se todo o trabalho desenvolvido não seja corretamente aproveitado.

6.2. Limitações e trabalhos futuros

Ao longo deste trabalho foram encontradas várias limitações dado que o fator entrega é extremamente relevante, mas o fator qualidade é predominante, e como tal todos as análises e testes a serem feitos nos equipamentos tinham de ser planeados minuciosamente com o planeamento de forma a não colocar em causa nenhum deles. O trabalho deve ser continuado pois existem outros defeitos que precisam de ser eliminados para que a *firewall* seja retirada.

Na pesquisa bibliográfica foram vários os autores que não aprofundaram que ferramentas usaram em cada fase do DMAIC para que fosse possível fazer uma análise geral de quais as ferramentas mais usadas em cada etapa e uma forte análise comparativa entre as ferramentas.

Fazer o cálculo energético de todos os processos produtivos que têm influência no produto final, pois neste caso de estudo apenas foi feita a análise do impacto energético no último processo e existiu a limitação de calcular o impacto na sustentabilidade criado pelo fornecedor de terminais, fornecedor de conetores, e todos os restantes componentes.

Quando é necessário investimento deve ser quase sempre feito um ajuste aos planos de implementação pois são necessários estudos de investimento, aprovações, desenvolvimento por parte dos fornecedores, testes de análise de funcionamento para medir a eficácia da implementação e só posteriormente as implementações das melhorias.

Numa época em que a sustentabilidade financeira, mas também ambiental, é tão abordada pois pode comprometer as gerações vindouras porque não usar o *problem solving* em todos os problemas?

Será que não há uma conjugação de ferramentas em cada fase do DMAIC que seja uma fórmula perfeita? Uma fórmula mais acertada?

Ficam estas questões que podem e devem ser tidas em conta para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsmadi, M., Lehaney, B., & Khan, Z. (2012). Implementing Six Sigma in Saudi Arabia: An empirical study on the fortune 100 firms. *Https://Doi.Org/10.1080/14783363.2011.637814*, 23(3–4), 263–276. <https://doi.org/10.1080/14783363.2011.637814>
- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 17(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/09544780510573020/FULL/XML>
- Azevedo, J., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2019). Improvement of production line in the automotive industry through lean philosophy. *Procedia Manufacturing*, 41, 1023–1030. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.029>
- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., & Talib, M. F. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. *Jurnal Teknologi*, 78(6–13), 137–143. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>
- Barbosa, G. F., de Carvalho, J., & Pereira de Souza, C. H. (2014). Deployment of a laser projection solution for stripes plotting based on Six Sigma DMAIC methodology applied to aircraft painting shop. *Production and Manufacturing Research*, 2(1), 697–711. <https://doi.org/10.1080/21693277.2014.943432>
- Coronado, R. B., & Antony, F. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. *TQM Magazine*, 14(2), 92–99. <https://doi.org/10.1108/09544780210416702>
- Costa, J. P., Lopes, I. S., & Brito, J. P. (2019). Six Sigma application for quality improvement of the pin insertion process. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1592–1599. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.126>
- Costa, T., Silva, F. J. G., & Pinto Ferreira, L. (2017). Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia Manufacturing*, 13, 1104–1111. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.171>
- Dedhia, N. S. (2005). Six sigma basics. In *Total Quality Management and Business Excellence* (Vol. 16, Issue 5, pp. 567–574). <https://doi.org/10.1080/14783360500077468>
- Di Nardo, M. D., Forino, D., & Murino, T. (2020). The evolution of man–machine interaction: the role of human in Industry 4.0 paradigm. *Production and Manufacturing Research*, 8(1), 20–34. <https://doi.org/10.1080/21693277.2020.1737592>
- Dieste, M., Panizzolo, R., Garza-Reyes, J. A., & Anosike, A. (2019). The relationship between lean and environmental performance: Practices and measures. *Journal of Cleaner Production*, 224, 120–131. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.03.243>
- Dombrowski, U., Mielke, T., & Engel, C. (2012). Knowledge Management in Lean Production Systems. *Procedia CIRP*, 3(1), 436–441. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2012.07.075>
- Drohomeretski, E., Gouvea Da Costa, S. E., Pinheiro De Lima, E., & Garbuio, P. A. D. R. (2014). Lean, six sigma and lean six sigma: An analysis based on operations strategy. *International Journal of Production Research*, 52(3), 804–824. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.842015>
- Dürrwang, J., Braun, J., Rumez, M., & Kriesten, R. (2018). Security Evaluation of an Airbag-ECU by Reusing Threat Modeling Artefacts. *Proceedings - 2017 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence, CSCI 2017, December 2018*, 37–43. <https://doi.org/10.1109/CSCI.2017.7>

- Erdil, N. O., Aktas, C. B., & Arani, O. M. (2018). Embedding sustainability in lean six sigma efforts. *Journal of Cleaner Production*, 198, 520–529. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.07.048>
- Ferreira, C., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Lopes, M. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2019). ILeanDMAIC - A methodology for implementing the lean tools. *Procedia Manufacturing*, 41, 1095–1102. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.038>
- Ganguly, K. (2012). IMPROVEMENT PROCESS FOR ROLLING MILL THROUGH THE DMAIC SIX SIGMA APPROACH. In *International Journal for Quality* (Vol. 6, Issue 3).
- Garza-Reyes, J. A. (2015). Lean and green – a systematic review of the state of the art literature. *Journal of Cleaner Production*, 102, 18–29. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.04.064>
- Guleria, P., Pathania, A., Sharma, S., & Sá, J. C. (2021). Lean six-sigma implementation in an automobile axle manufacturing industry: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 50, 1739–1746. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.177>
- Guo, W., Jiang, P., Xu, L., & Peng, G. (2019). Integration of value stream mapping with DMAIC for concurrent Lean-Kaizen: A case study on an air-conditioner assembly line. *Research Article Advances in Mechanical Engineering*, 11(2), 1–17. <https://doi.org/10.1177/1687814019827115>
- Gupta, N. (n.d.). An Application of DMAIC Methodology for Increasing the Yarn Quality in Textile Industry. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 6(1), 50–65. Retrieved April 27, 2023, from www.iosrjournals.org
- Hakim, I. M., Wahyuningtyas, R., & Kusuma, N. (2018). *Planning to Increasing Production Flexibility on Highest Unmatching Ratio Products in Automotive Company with DMAIC Approach*. 04029, 0–5.
- Henny, H., Agnia, N., & Hardianto, H. (2019). Analysis Quality Control of Carded and Combed Yarns Using Six Sigma Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 662(6). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/662/6/062008>
- Hoerl, R. (2004). *Society_2004_Hoerl_One perspective on the future of Six-Sigma.pdf*. 1(1), 112–119.
- Jaisuk, T. (2018). *Inventive Problem Solving for Automotive Part Defective Reduction*.
- Jaisuk, T., & Thawesaengkulthai, N. (2018). Inventive problem solving for automotive part defective reduction. *ACM International Conference Proceeding Series*, 106–111. <https://doi.org/10.1145/3195612.3195626>
- Jerman, A., Pejić Bach, M., & Aleksić, A. (2020). Transformation towards smart factory system: Examining new job profiles and competencies. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(2), 388–402. <https://doi.org/10.1002/sres.2657>
- Johnson, A., & Swisher, B. (2003). How six sigma improves R&D. *Research Technology Management*, 46(2), 12–15. <https://doi.org/10.1080/08956308.2003.11671549>
- Kharub, M., Ruchitha, B., Hariharan, S., & Shanmukha Vamsi, N. (2022). Profit enhancement for small, medium scale enterprises using Lean Six Sigma. *Materials Today: Proceedings*, 56, 2591–2595. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2021.09.159>
- Kumar Phanden, R., Sheokand, A., Kumar Goyal, K., Gahlot, P., & Ibrahim Demir, H. (2022). 8Ds method of problem solving within automotive industry: Tools used and comparison with DMAIC. *Materials Today: Proceedings*, 65, 3266–3272. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.383>

- Kumar, V., Holt, D., Ghobadian, A., & Garza-Reyes, J. A. (2014). Developing green supply chain management taxonomy-based decision support system. *Https://Doi.Org/10.1080/00207543.2014.917215*, 53(21), 6372–6389. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.917215>
- Kwak, Y. H., & Anbari, F. T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, 26(5–6), 708–715. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.003>
- Machado, A. B., Silva, F. J. G., Sá, J. C., Barreiras, A., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., & Santos, G. (2020). Improvement in External Logistics of an Automotive Component Manufacturing Company Towards Costs Reduction. *International Journal for Quality Research*, 14(4), 1175–1190. <https://doi.org/10.24874/IJQR14.04-12>
- Maldonado-Guzmán, G., & Garza-Reyes, J. A. (2023). Beyond lean manufacturing and sustainable performance: are the circular economy practices worth pursuing? *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 34(5), 1332–1351. <https://doi.org/10.1108/MEQ-11-2022-0324/FULL/XML>
- Marques, P. A. de A., & Matthé, R. (2017). Six Sigma DMAIC project to improve the performance of an aluminum die casting operation in Portugal. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 34(2), 307–330. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2015-0086>
- Michael, B. (n.d.). Q UALITY Putting Six Sigma. *Business*.
- Oliveira, D., & Guarulhos, F. (2015). *South American Development Society Journal*. 1, 134–148. <https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v3i7p50-67>
- Pereira, A. M. H., Silva, M. R., Domingues, M. A. G., & Sá, J. C. (2019). Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study. *Quality Innovation Prosperity*, 23(3), 103–121. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I3.1334>
- Potocki, E., & Valjak, M. (2023). *Handling Manual for AK2 SR CONNECTOR (F) 90 °*.
- Rifqi, H., Zamma, A., Souda, S. B., & Hansali, M. (2021). Lean manufacturing implementation through DMAIC approach: A case study in the automotive industry. *Quality Innovation Prosperity*, 25(2), 54–77. <https://doi.org/10.12776/qip.v25i2.1576>
- Rizwan, A., Choudhary, M. A., Jahanzaib, M., Imran, A., Manzoor, U., & Ali, A. (2013). Analysis of factors affecting the stress level of engineering students from remote areas. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 926–932.
- Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management*, 26(4), 536–554. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.06.007>
- Snee, R. D. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9–29. <https://doi.org/10.1108/20401461011033130>
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: a review and future research direction. *Production Planning and Control*, 31(10), 799–815. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1691278>
- Tissir, S., Cherrafi, A., Chiarini, A., Elfezazi, S., & Bag, S. (2023). Lean Six Sigma and Industry 4.0 combination: scoping review and perspectives. *Total Quality Management and Business Excellence*, 34(3–4), 261–290. <https://doi.org/10.1080/14783363.2022.2043740>
- Verma, A., & Venkatesan, M. (2021). Industry 4.0 workforce implications and strategies for organisational effectiveness in Indian automotive industry: a review. *Technology Analysis and Strategic Management*. <https://doi.org/10.1080/09537325.2021.2007875>

- Verrier, B., Rose, B., Caillaud, E., & Remita, H. (2013). *Combining organizational performance with sustainable development issues: the Lean and Green project benchmarking repository*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.023>
- Wu, J., Long, P., Li, W., & Chen, H. (2018). *Strength Analysis of ship Anti-heeling Airbag Connector*. *164(Icmse)*, 443–447. <https://doi.org/10.2991/icmse-18.2018.84>
- Yazaki worldwide - Yazaki Europe*. (n.d.). Retrieved January 22, 2023, from <https://www.yazaki-europe.com/about-us/yazaki-worldwide>
- You, A., Be, M., & In, I. (2023). *Analysis of Total Productive Maintenance (TPM)*. July.
- Yusof, N. S. B., Sapuan, S. M., Sultan, M. T. H., & Jawaid, M. (2020). Materials selection of “green” natural fibers in polymer composite automotive crash box using DMAIC approach in Six Sigma method. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, *15*. <https://doi.org/10.1177/1558925020920773>

APÊNDICE A

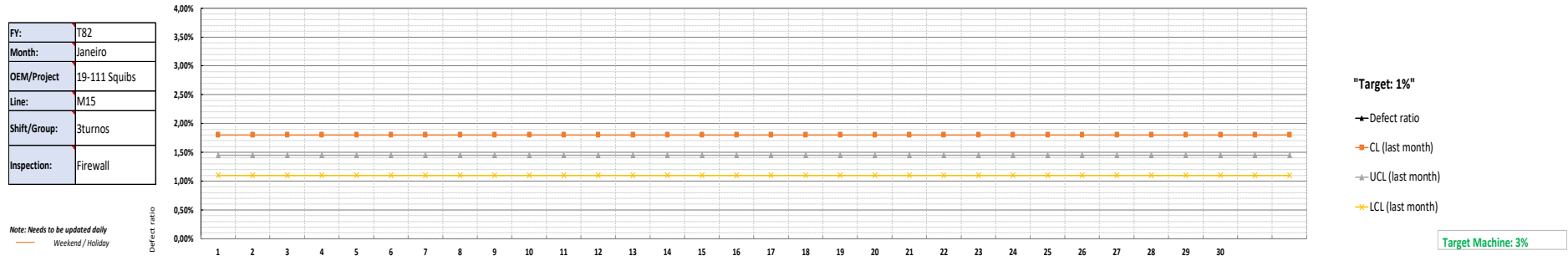
PROJECT CHARTER						
Project Name	Eliminação da <i>firewall</i>			Date Updated	26/01/2023	
Project No	1			Revision No	1	
Champion / Company Location	Inês Vasco / YSE			Start Date	07/10/2022	
				End date	31/08/2023	
Project Leader	Inês Vasco / YSE			Master Black Belt		
Team Members	Name	Time Usage		Potential gains / predicted process improvement	Aumento de eficiência, redução de custos	
	<i>Diogo, José, Inês Vasco, Fernando, José V.</i>	20%		Customer Returns	Capacidade de resposta, aposta na melhoria contínua, satisfação de cliente	
Required Resources	Some mechanical tools / Supplier equipment / Design			Target Earnings (€/year)	50 000 €	
Project Details						
Project Description	Eliminação da <i>Firewall</i> nos conetores SQUIB 90º					
Internal Processes	Squib 90º (AK2 & ABX5)			External Processes		
Project Metrics	Related Strategic Goal / Business Objective			Scrap / Improve quality		
	Metrics	Unit	Baseline	Currently / Realized	Goal	Best value
	Downtime	%				
	Scrap Rate	%				
Control Metrics	Scrap Rate	%				
Project Monitoring Phase						
Project Monitoring Start Date				Project Monitoring End Date		
Project Monitoring Team Members	Name	Time Usage		Actual Project Cost (€)	Initial Project Cost (€)	
					Annual Ongoing Cost (€/year)	
				Actual Earnings (€/year)		

ANEXO B

Documento onde são analisados os dados da firewall por equipamento.



Internal Defects P-Chart

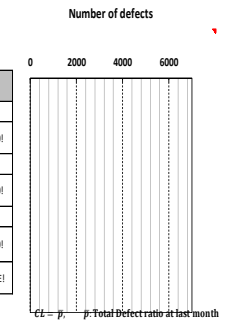


FY:	T82
Month:	Janeiro
OEM/Project:	19-111 Squibs
Line:	M15
Shift/Group:	3turnos
Inspection:	Firewall

Note: Needs to be updated daily
— Weekend / Holiday

Defect Category	Date																															Total		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
Defect ratio																																		
A: The number of checked products																																		
B: The number of detected defects																																		
Defect Description																																Total	%	
QRQC N°																																		
D3	Deformed terminal																																	
QRQC N°																																		
D4	Broken Hinge																																	
QRQC N°																																		
D5	Illegible Laser / Laser out of spec																																	
D15	Others																																	
Quality Threshold																																		
CL (last month)	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	1,80%	
UCL (last month)	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	1,45%	
LCL (last month)	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	1,10%	
Approval																																		

Data of last month		
The total number of defects	The total number of inspected products	ratio defect




$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$


n: Total number of products

ANEXO C

Folha de controlo de produto e processo.

 Registo diário de verificação aos produtos SQUIB												Documento aplicável à M15 e M25			
Data	Turno	Nr. Operador	Nº Produto (PN)	HU do Produto	Terminal			Condição da gravação do Laser	Condição da montagem dos componentes	Taxa de rejeição do equipamento	Limpeza do laser (Hora)	Motivo da verificação (1/2/3/4/5/6)	Máquina:	Passagem das amostras padrão	Em caso de defeito, quais as ações:
		Nr. LQC			PN Terminal	Nº Lote (Batch Fornecedor)	Nº Lote (Batch YAZAKI)								
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															
Produção															
LQC															

ANEXO D

 Poka-Yoke System Management & Tracking Sheet															
No.	Project	Line/Machine	Working Step	Poka-Yoke Function & Method	Poka-Yoke Name & Description	Poka-Yoke Funtionality	Detected Defects	Poka-Yoke Validation Complete?	Poka-Yoke Maintenance	Poka-Yoke Verification Frequency	Reponsible	Level of protection	Notes & Comments		
1	19-111	AUTOMATIC ASSEMBLY LINE CONNECTORS ABX5+AK2-SR 90°	Station 1	Camera	Camera	Camera checks the colour, type and contact area of the housing.	Camera that checks the housing	Yes	1 time/month	At the start of production in and exchange of product and after technical intervention by part of maintenance machines (with standard samples).	Assembly/ Maintenance machine	Poka-Yoke Inspection			
2	19-111	AUTOMATIC ASSEMBLY LINE CONNECTORS ABX5+AK2-SR 90°	Station 3	Camera	Camera	Camera that checks the colour of the CPA and alignment	Camera check CPA	Yes	1 time/month	At the start of production in and exchange of product and after technical intervention by part of maintenance machines (with standard samples).	Assembly/ Maintenance machine	Poka-Yoke Inspection			
3	19-111	AUTOMATIC ASSEMBLY LINE CONNECTORS ABX5+AK2-SR 90°	Station 4	Sensor	Sensor	Sensor that checks the preset position of the CPA and length of the CPA "legs".	Sensor that checks the CPA	Yes	1 time/month	At the start of production in and exchange of product and after technical intervention by part of maintenance machines (with standard samples).	Assembly/ Maintenance machine	Poka-Yoke Inspection			
4	19-111	AUTOMATIC ASSEMBLY LINE CONNECTORS ABX5+AK2-SR 90°	Station 7	Camera	Camera	Ferrite camera inspection, checks for damage and breakage	camera that checks ferrite	Yes	1 time/month	At the start of production in and exchange of product and after technical intervention by part of maintenance machines (with standard samples).	Assembly/ Maintenance machine	Poka-Yoke Inspection			
5	19-111	AUTOMATIC ASSEMBLY LINE CONNECTORS ABX5+AK2-SR 90°	Station 8	Camera	Camera	Camera that checks the spring locking locks	Camera that checks the spring	Yes	1 time/month	At the start of production in and exchange of product and after technical intervention by part of maintenance machines (with standard samples).	Assembly/ Maintenance machine	Poka-Yoke Inspection			
6	19-111	AUTOMATIC ASSEMBLY LINE CONNECTORS ABX5+AK2-SR 90°	Station 9	Camera	Camera	Camera that checks the terminal tip for deformation	Camera that checks the terminals	Yes	1 time/month	At the start of production in and exchange of product and after technical intervention by part of maintenance machines (with standard samples).	Assembly/ Maintenance machine	Poka-Yoke Inspection			
7	19-111	AUTOMATIC ASSEMBLY LINE CONNECTORS ABX5+AK2-SR 90°	Station 10	Camera	Camera	Electrical test (high voltage)	High voltage checker	Yes	1 time/month	At the start of production in and exchange of product and after technical intervention by part of maintenance machines (with standard samples).	Assembly/ Maintenance machine	Poka-Yoke Inspection			
9	19-111	AUTOMATIC ASSEMBLY LINE CONNECTORS ABX5+AK2-SR 90°	Station 11	Camera	Camera	Camera that checks the distance from the CPA , verifies that there is no dirt in the orifices or deformed.	Camera that checks the orifices.	Yes	1 time/month	At the start of production in and exchange of product and after technical intervention by part of maintenance machines (with standard samples).	Assembly/ Maintenance machine	Poka-Yoke Inspection			
10	19-111	AUTOMATIC ASSEMBLY LINE CONNECTORS ABX5+AK2-SR 90°	Station 12	Camera	Camera	Camera that checks the parallelism of the terminals and the correct insertion.	Camera that checks the terminals	Yes	1 time/month	At the start of production in and exchange of product and after technical intervention by part of maintenance machines (with standard samples).	Assembly/ Maintenance machine	Poka-Yoke Inspection			

ANEXO E

Manutenção Produtiva Total do Equipamento 8 Defeitos 9 Avarias, 9 Acidentes		Máquina	1º Turno 01h - 08h	2º Turno 08h - 17h	3º Turno 17h - 01h	Checklist manutenção autônoma Se MKK chamar manutenção <input checked="" type="checkbox"/> OK <input checked="" type="checkbox"/> Por um círculo à volta do X depois do problema ser resolvido		Mês / Ano	Código																										
O equipamento deve estar limpo para manter o bom funcionamento do mesmo e prevenir a passagem de partículas estranhas para o produto final. Quando detetar uma situação não conforme deve informar imediatamente a chefia. Os problemas detetados devem ser comunicados de imediato aos setores responsáveis (SAP_email)																																			
Postos de verificação	Fotos exemplo	Método	Tempo	Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1		Limpar	15T	Parâmetros: Pincel Industrial Aspirador (1 vez por semana) Aspirador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2		Limpar	15T	Pano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
3		Limpar	15T	Pano com Alcool	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
4		Limpar	15T	Pincel Limpador Industrial Aspirador Ar Comprimido	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
5		Limpar	15T	Aspirador	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
6		Limpar	15T	Pincel Limpador Industrial Aspirador Ar Comprimido	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
7		Verificar	Visual	Visual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
8		Verificar	Visual	Visual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
9		Verificar	Visual	Visual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
10		Verificar	Visual	Visual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
11		Verificar	Visual	Visual Simular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
12		Verificar	Visual	Visual Simular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
13		Verificar	Visual	Visual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
14		Verificar	Visual	Visual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
15		Limpar	15T	Pano de Micro Fibra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
16		Verificar	Visual	Visual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
17		Verificar	Audição	Audição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
18		Verificar	Visual	Visual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
19		Verificar	Visual	Visual Simular	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
20		Limpar	Visual	Visual	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Nº DO COLABORADOR (verificação diária)					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Nº DO RESPONSÁVEL DA ÁREA (verificação e seguimento das anomalias)					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Descrição da Anomalia													Data deteção	Responsável	Data resolução	Responsável	Observações																		