



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Implementação e análise de resultados de sistema *Poka Yoke* em linhas de produção de uma empresa do ramo automóvel

André Almeida

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Maria Odete Monteiro Lopes

Professor Doutor Daniel Augusto Estácio Marques Mendes Gaspar

setembro de 2024



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Implementação e análise de resultados de sistema *Poka Yoke* em linhas de produção de uma empresa do ramo automóvel

André Almeida

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Maria Odete Monteiro Lopes

Professor Doutor Daniel Augusto Estácio Marques Mendes Gaspar

setembro de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente aos meus pais pelo amor e apoio, ao meu irmão pela constante motivação, e às minhas avós, uma numa lembrança carinhosa e a outra uma presença constante, pelo amor incondicional.

À minha madrinha e ao meu padrinho, um agradecimento especial por me acolherem e apoiarem como se fosse seu próprio filho.

Agradeço também aos meus amigos por tornarem esta jornada mais rica e divertida.

Um reconhecimento especial aos meus orientadores, Professora Doutora Maria Odete Monteiro Lopes e Professor Doutor Daniel Augusto Estácio Marques Mendes Gaspar pela orientação exemplar e paciência.

À empresa Sasal do grupo Forvia, estou grato por me terem aberto as portas e contribuído de forma significativa para o meu crescimento.

RESUMO

Devido à crescente pressão que se faz sentir na indústria automóvel, a diferenciação face à concorrência é fundamental para a competitividade das empresas do sector. É, por isso, indispensável procurar ferramentas que promovam a eficiência operacional e garantam a qualidade do produto final. O presente projeto, desenvolvido na empresa Forvia SASAL, fabricante de capas para a indústria automóvel, consistiu na implementação da ferramenta *Poka Yoke* nas linhas de produção. Esta ferramenta, incluída na metodologia *LEAN*, permite a identificação e correção de falhas de forma proativa, evitando a ocorrência de erros e defeitos durante o processo produtivo. O principal objetivo é garantir que o cliente receba um produto de alta qualidade que satisfaça, ou exceda, as suas expectativas. O trabalho desenvolveu-se em três fases distintas. Numa primeira fase, foram identificados os problemas e os postos de trabalho nas linhas de costura das capas para a aplicação da ferramenta *Poka Yoke*. Na segunda fase, foram desenvolvidas as soluções e a forma de implementar o sistema *Poka Yoke* nos dois postos de trabalho. Por fim, na terceira fase, foram cuidadosamente analisados os resultados obtidos, tanto em termos produtivos, como em termos de qualidade do produto entregue ao cliente. No final do estudo efetuado, são apresentadas as evidências do impacto positivo do sistema *Poka Yoke* na empresa Forvia SASAL, bem como as conclusões do trabalho desenvolvido. Este projeto permitiu fornecer uma visão geral da vantagem competitiva que aquela abordagem pode trazer para outras empresas do setor automóvel, estimulando assim a procura contínua pela excelência operacional e satisfação do cliente.

Palavras-chave: *Poka Yoke*; Melhoria Contínua; Qualidade

ABSTRACT

Due to the increasing pressure in the automotive industry, differentiation from the competition is essential for companies' competitiveness in the sector. Therefore, it is crucial to seek tools that promote operational efficiency and ensure the quality of the final product. The present project, developed at Forvia SASAL, a manufacturer of seat covers for the automotive industry, consisted of implementing the *Poka Yoke* tool on the production lines. This tool, part of the *LEAN* methodology, enables the proactive identification and correction of failures, preventing errors and defects from occurring during the production process. The main objective is to ensure that the customer receives a high-quality product that meets or exceeds their expectations.

The work was carried out in three distinct phases. In the first phase, the problems and workstations on the seat cover sewing lines were identified for the application of the *Poka Yoke* tool. In the second phase, solutions were developed and the system was implemented on two workstations. Finally, in the third phase, the results obtained were carefully analyzed, both in terms of productivity and the quality of the product delivered to the customer.

At the conclusion of the study, evidence of the positive impact of the *Poka Yoke* system at Forvia SASAL is presented, along with the conclusions of the developed work. This project provided an overview of the competitive advantage that this approach can bring to other companies in the automotive sector, thereby encouraging the continuous pursuit of operational excellence and customer satisfaction.

Keywords: *Poka Yoke*; Continuous Improvement; Quality

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
LISTA DE SIGLAS / ABREVIATURAS.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos da investigação.....	2
1.3. Abordagem metodológica.....	2
1.4. Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão da literatura.....	5
2.1. Lean Manufacturing.....	5
2.2. O Ciclo PDCA.....	9
2.3. A metodologia FMEA.....	10
2.4. A ferramenta A3.....	14
2.5. O Diagrama de Espinha de Peixe.....	16
2.5.1. O método 8D.....	17
2.6. A ferramenta Poka Yoke.....	19
2.6.1. Aplicação da Ferramenta Poka Yoke no contexto industrial.....	23
3. Casos de estudo: a implementação de dois sistemas Poka-Yokes.....	25
3.1. Apresentação da empresa.....	27
3.2. O Processo Produtivo.....	31
3.3. Caso de estudo1: Poka Yoke UAPB- Falta e troca de perfis.....	33
3.3.1. Análise do posto de trabalho e elaboração de FMEA.....	33
3.3.2. Desenvolvimento e aplicação de um sistema Poka Yoke.....	35
3.3.3. Desenvolvimento da ferramenta 8D.....	37
3.3.4. Desenvolvimento do Poka Yoke.....	39
3.3.5. Aplicação do sistema de posicionamento (Encoder).....	45
3.4. Caso de Estudo Poka Yoke UAPA -Falta/troca de arame no suporte da capa.....	47
3.4.1. Desenvolvimento e aplicação de um sistema Poka Yoke.....	47
3.4.2. Desenvolvimento da ferramenta 8D.....	49
3.4.3. Desenvolvimento do Poka Yoke.....	50
4. Análise e resultados da aplicação dos sistemas de Poka-Yoke.....	53
4.1. Caso de estudo Poka Yoke UAPB.....	53
4.1.1. Análise da aplicação dos sistemas e propostas de melhoria no 1º caso de estudo.....	56
4.2. Caso de estudo Poka Yoke UAPA.....	58
4.2.1. Análise da aplicação dos sistemas e propostas de melhoria no 2º caso de estudo.....	59
5. Conclusão.....	63
5.1. Considerações finais.....	63
5.2. Trabalhos Futuros.....	64

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	71
ANEXO A	73
ANEXO B	79
ANEXO C	81
ANEXO D	83

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1- Métodos e conceitos básicos da filosofia Lean. [Adaptado de Dennis (2007)].....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2- Ciclo PDCA.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3- Classificação RPN</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4-Fases de implementação do FMEA</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5-Exemplo Relatório A3.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6-Comparação entre o Método A3 e o método PDCA</i>	<i>16</i>
<i>Figura 7-Estrutura diagrama de peixe</i>	<i>17</i>
<i>Figura 8-Esquema do Método 8D.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 9-Etapas para realização de um Poka Yoke</i>	<i>20</i>
<i>Figura 10-Exemplo de Poka Yoke de controle.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 11-Exemplo de Poka Yoke de prevenção.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 12-Fluxograma de etapas</i>	<i>26</i>
<i>Figura 13-Instalações da empresa Sasal.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14-Organograma Sasal.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 15-Layout Sasal.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 16-Exemplo de capa produzida na Sasal.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 17-Exemplo de capa com perfis costurados</i>	<i>32</i>
<i>Figura 18- FMEA inicial– Estudo de caso 1.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19-Poka Yoke adaptado a máquina de costura</i>	<i>36</i>
<i>Figura 20-Extrato de FMEA Final caso de estudo 1.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 21-Guia Impresso.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 22-Furo 1, Suporte guia.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 23-Furo 2, Suporte guia.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 24-Furos traseiros, Suporte guia.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 25- Suporte Guia final</i>	<i>42</i>
<i>Figura 26--Furo 1, guia inicial.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 27- Furo 2, guia inicial.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 28-Guia final.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 29-Conjunto Guia Metálico Final.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 30-Encoder utilizado para medição de tamanho de perfil.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 31-Extrato do FMEA caso de estudo 2.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 32-Poka Yoke aplicado em máquina de costura</i>	<i>48</i>
<i>Figura 33-Extrato do FMEA Caso de estudo 2.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 34-Arame mal colocado</i>	<i>50</i>
<i>Figura 35-Arame 280mm bem colocado.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 36-Arame 300mm colocado corretamente.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 37- Sequência de costura</i>	<i>55</i>

<i>Figura 38-Definição de problema - troca de perfis</i>	<i>56</i>
<i>Figura 39-Definição do problema - troca de arames</i>	<i>60</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1-Resultado da implementação do Poka Yoke Perfis.....</i>	<i>54</i>
<i>Gráfico 2-Resultado da implementação do Poka Yoke Arame</i>	<i>58</i>

LISTA DE SIGLAS / ABREVIATURAS

5S - Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke

6M - Manpower, Method, Machine, Material, Milieu and Measurement

8D - eight disciplines

CNC - Computer Numerical Control

ECU - electronic control unit

FES - Faurecia Excellent System

FMEA - Failure mode and effects analysis

HSE - Health, Safety, and Environment

IT - Information technology

LED - light-emitting diode

PDCA - Plan, Do, Check, Act

RPN - Risk Priority Number

SR - segurança e regulamentação

VSM – Value stream mapping

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A indústria automóvel é conhecida pela busca incessante por qualidade e eficiência. Um dos principais desafios enfrentados pelas empresas deste setor é garantir a qualidade de cada componente, como, por exemplo, as capas de assentos para automóveis. Este trabalho foi desenvolvido na empresa Forvia SASAL, fabricante de capas para a indústria automóvel. Na Forvia SASAL, a costura é uma etapa crítica no processo de produção de capas, onde a ausência de defeitos e a padronização são fatores chave. Garantir a qualidade nesta fase é essencial para que o produto final atenda ou exceda as expectativas dos clientes, promovendo a competitividade e a eficiência operacional da empresa.

Eliminar causas de não qualidade: Identificar e eliminar todas as causas que contribuem para a produção de produtos ou serviços de baixa qualidade. Isto inclui a implementação de sistemas de controlo de qualidade rigorosos, a melhoria contínua dos processos e a criação de uma cultura de qualidade entre todos os operadores.

1.2. Objetivos da investigação

O principal objetivo do estudo, realizado na *Forvia SASAL*, foi a melhoria da qualidade dos produtos com a implementação de ferramenta *Poka Yoke* em duas máquinas de costura, de modo a melhorar e *standardizar* dois postos de trabalho das linhas de produção. Este objetivo vai ao encontro ao principal propósito do *Lean* (que começa na identificação do desperdício para que este possa ser eliminado) com o qual se pretende aumentar a qualidade da operação e do produto e reduzir custos para a empresa, sempre numa perspetiva de melhoria contínua.

De forma a concretizar o objetivo principal deste trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificação das causas de falha nos dois postos de trabalho: realizar uma análise detalhada das operações e processos para identificar os principais fatores que contribuem para falhas nos postos de trabalho. Isto inclui a recolha de dados, a observação direta e a troca de ideias com os operadores para obter uma compreensão completa dos problemas existentes.
- Implementação de soluções: Desenvolver e implementar estratégias e soluções que abordem diretamente as causas de falha identificadas. Isto pode envolver a reestruturação de processos, a introdução de novas tecnologias ou ferramentas, e a formação de operadores para garantir a correta aplicação das novas práticas.
- *Standardização* de postos de trabalho: Estabelecer normas e procedimentos uniformes para os postos de trabalho, garantindo consistência e eficiência em todas as operações. A *standardização* visa eliminar variabilidades desnecessárias, melhorar a qualidade do trabalho e aumentar a produtividade.

1.3. Abordagem metodológica

Com o objetivo de implementar a ferramenta *Poka Yoke* nas linhas de produção Forvia SASAL, a abordagem metodológica deste trabalho foi estruturada em três etapas, seguindo um processo sistemático e rigoroso, de forma a assegurar a eficácia das intervenções propostas.

1. Planeamento e Análise

Na primeira fase, procedeu-se ao planeamento detalhado para a aplicação da ferramenta *Poka Yoke* nas linhas de costura das capas, que incluiu:

- i) Recolha de dados: foram recolhidos dados quantitativos e qualitativos sobre o desempenho atual das linhas de produção. Esta recolha foi efetuada através de observações diretas e análise de documentos internos.
- ii) Identificação das causas de falha: utilizando a Análise de Modos de Falha e Efeitos (*FMEA - Failure Modes and Effects Analysis*), foram identificadas as principais causas de falha nos postos de trabalho. A *FMEA* permitiu priorizar os modos de falha com base na sua severidade, ocorrência e detetabilidade, proporcionando uma compreensão detalhada dos fatores que contribuem para erros e defeitos no processo produtivo.

2. Implementação da Ferramenta *Poka Yoke*

A segunda fase focou-se na implementação do sistema *Poka Yoke* nas linhas de produção:

- i) Desenvolvimento de soluções: com base na análise das causas de falha identificadas pela *FMEA*, foram desenvolvidas e planeadas soluções específicas de *Poka Yoke* para prevenir a ocorrência de erros. Estas soluções incluíram dispositivos mecânicos, sensores eletrónicos e novos procedimentos operacionais *standardizados*.
- ii) Formação dos operadores: foi realizada formação abrangente para os operadores das linhas de produção, com o objetivo de garantir o correto uso das soluções *Poka Yoke*. A formação incluiu sessões teóricas e práticas, assegurando que todos os colaboradores compreendessem e aplicassem corretamente as novas práticas.
- iii) Implementação piloto: as soluções *Poka Yoke* foram inicialmente implementadas de forma piloto nas linhas de produção selecionadas. Esta fase piloto permitiu ajustar e otimizar as soluções.

3. Avaliação e Melhoria Contínua

Na terceira fase, procedeu-se à avaliação dos resultados obtidos com a implementação das soluções *Poka Yoke*:

- i) Análise de resultados: foram recolhidos e analisados dados sobre o desempenho das linhas de produção após a implementação das soluções. Esta análise incluiu o controlo da qualidade do produto final e o cálculo da taxa de ocorrência de falhas.
- ii) Comparação com dados Iniciais: os resultados pós-implementação foram comparados com os dados recolhidos na fase inicial antes da implementação, permitindo avaliar o impacto das soluções implementadas.
- iii) Ajustes e melhoria contínua: Com base nos resultados da análise, foram realizados ajustes nas soluções *Poka Yoke* e desenvolvidas recomendações para futuras ações de melhoria contínua.

1.4. Estrutura da dissertação

Para cumprir os objetivos estabelecidos neste trabalho, este documento está estruturado em cinco capítulos:

- Capítulo 1: introdução ao tema, objetivo e estrutura do presente relatório;
- Capítulo 2: enquadramento e exposição de conceitos teóricos relacionados com a filosofia *Lean* e *Poka Yoke*;
- Capítulo 3: descrição da empresa onde o projeto foi realizado, do processo produtivo em estudo e do desenvolvimento das soluções propostas;
- Capítulo 4: apresentação e discussão de resultados;
- Capítulo 5: apresentação das principais conclusões do projeto, limitações encontradas e possíveis desenvolvimentos futuros.

2. Revisão da literatura

Nesta revisão bibliográfica, inicialmente estabelecer-se-á o contexto teórico da metodologia *Lean*, destacando a sua importância e princípios fundamentais. Em seguida, será examinada a aplicação prática daquela metodologia em ambientes industriais, fornecendo exemplos concretos de como as empresas implementam o *Lean* para otimizar processos, reduzir desperdícios e melhorar a eficiência operacional. Posteriormente, será abordado o conceito de *Poka Yoke*, um termo japonês que se refere a dispositivos ou técnicas à prova de erros. A relevância do *Poka Yoke* em operações industriais será analisada, seguida de exemplos práticos que ilustram como aquela ferramenta é aplicada para garantir a qualidade e minimizar falhas em produtos e processos.

2.1. Lean Manufacturing

O conceito de *Lean Manufacturing*, originário no Japão, particularmente no sistema de produção da Toyota, representa uma filosofia de gestão que se destaca pela sua abordagem de eliminação do desperdício e melhoria do desempenho das empresas (Vieira & Lopes, 2019). Esta filosofia tem as suas raízes na ideia de que cada etapa do processo de produção deve ser cuidadosamente analisada e otimizada, garantindo que cada recurso e ação contribuem eficazmente para a criação de valor.

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia que é genericamente aceite nos diferentes tipos de indústria, e em que cada um dos operadores tem um papel relevante na sua implementação.

Num cenário industrial em constante evolução, a redução de erros no processo produtivo assume uma importância crítica. Isto deve-se ao facto de os clientes, que deverão ser o

foco de qualquer empresa, serem cada vez mais exigentes e apenas estarem dispostos a pagar por serviços e produtos de alta qualidade. Quaisquer erros ou falhas no processo produtivo representam não apenas um desperdício, mas também uma ameaça à satisfação do cliente (Gupta & Jain, 2013).

Para as organizações que procuram implementar o conceito de *Lean Manufacturing*, é essencial compreender as diferenças fundamentais entre o modelo tradicional de produção e o *Lean Manufacturing* (Andrew, 2006).

No mundo atual, caracterizado pelo avanço tecnológico e pelas rápidas mudanças no mercado, a volatilidade é uma constante. Portanto, evitar erros torna-se imperativo, uma vez que qualquer erro cometido pode ter um impacto significativo na competitividade da empresa. Neste contexto, é vital salientar que o cliente moderno não está disposto a suportar os custos de erros ou ineficiências, e espera receber produtos e serviços de qualidade superior (Rawabdeh, 2005).

O principal objetivo subjacente ao *Lean Manufacturing* é a eliminação de gastos desnecessários, que não contribuem para a adição de valor à empresa. Isto envolve a identificação e eliminação de todas as atividades, processos e recursos que não acrescentam valor direto ao produto ou serviço final. Portanto, o *Lean Manufacturing* não apenas visa melhorar a eficiência operacional, mas também maximizar o valor percebido pelo cliente, mantendo, ao mesmo tempo, a competitividade da empresa num mercado global cada vez mais desafiador (Dennis, 2007).

Segundo Gupta e Jain (2013), o primeiro passo para a implementação do *Lean Manufacturing* é a identificação de desperdícios. Estes desperdícios podem ser de vários tipos e ter diferentes causas. É crucial compreender e analisar detalhadamente toda a unidade e o processo de produção onde a metodologia será aplicada, incluindo a recolha de dados sobre os processos, recursos e fluxos de trabalho existentes, e prever as consequências dessa implementação em todas as áreas afetadas. Avaliar os resultados das soluções encontradas é o passo final na implementação daquela filosofia.

A Figura 1 representa a filosofia *Lean Manufacturing*, com a meta de alcançar a máxima qualidade ao menor custo e no menor tempo, através da eliminação de desperdícios. Aquela filosofia está centrada em dois pilares: o *Jidoka*, que é a automação inteligente com intervenção humana para a deteção e resolução de problemas, e a eliminação *just-*

in-time, que visa a redução de resíduos através de processos mais eficientes e de produção ajustada às necessidades.

A estabilidade e a melhoria contínua são fundamentadas na padronização de processos. No fundamento do modelo, identificam-se os oito desperdícios a serem eliminados: atrasos, excesso de processamento, transporte desnecessário, excesso de stock, correções, superprodução, subutilização de talento e movimentos ineficientes. Estes constituem as principais áreas de foco para a otimização de processos na produção.



Figura 4- Métodos e conceitos básicos da filosofia Lean. [Adaptado de Dennis (2007)].

Antunes (2020), na Eberspächer, uma empresa do ramo automóvel, aplicou o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) numa linha de produção para melhorar a cadeia de valor dos produtos. Em outra linha, adotou o Trabalho Padronizado e ciclos PDCA

para aprimorar o fluxo de trabalho. Simultaneamente, implementou o programa 5S em toda a área produtiva, visando aumentar a organização, limpeza e eficiência.

Escolhida a linha de produção onde aplicar o Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), Antunes (2020) realizou um levantamento das necessidades do cliente e etapas do processo, incluindo análise de parâmetros e stocks, fluxo de informação e materiais, e identificação dos pontos fracos. O autor calculou o *Takt Time* do cliente, analisou a frequência de entregas e a consistência dos produtos acabados, definindo todas as fases do processo, desde o pedido até à expedição. Também foram examinados os subprocessos, etapas de produção e a integração dos materiais em processo na cadeia produtiva. Antunes (2020) estudou ainda os parâmetros chave do processo, stocks e a comunicação com o cliente. O planeamento da produção, gerido centralmente pelo departamento de logística, era comunicado ao controle de produção e à equipa através de reuniões e e-mails. Indicadores-chave de desempenho, como número de colaboradores, turnos e tempos de operação, foram avaliados, além da análise de stocks intermédios e duração do processo, para criar um mapa manual do estado atual, facilitando a identificação de desperdícios e otimizando o fluxo de materiais e informações.

No estudo de Antunes (2020) na linha 1 do EMPX (programa a decorrer na fábrica), o VSM revelou uma visão detalhada da cadeia de valor, focando os fluxos de informações e materiais. Foram identificados sete eventos chave para melhoria, incluindo *Just in Time* para gestão de stocks, gestão visual, redução da sobreprodução, e aprimoramento dos processos de confirmação de inventários e comunicação digital. Estas melhorias, parte da filosofia *Lean*, visam otimizar tanto o pedido de material quanto a comunicação com clientes e a gestão de contentores de peças finais. Os resultados deste estudo influenciarão o desenvolvimento do *Value Stream Design* (VSD), planeando futuras implementações para aprimorar ainda mais os processos.

2.2. O Ciclo PDCA

O *PDCA* (*Plan-Do-Check-Act*) é um ciclo iterativo de quatro etapas utilizado para o controle e melhoria contínua de processos e produtos, razão pela qual é uma ferramenta essencial para a filosofia *Lean* em ambiente operacional (Deming, 1986). O PDCA não só permite o controle efetivo sobre os processos e produtos, mas também estimula a inovação e a adaptabilidade em ambientes operacionais em constante mudança. A fase de Planejamento (*Plan*) estabelece as bases para ações futuras, definindo objetivos e processos necessários para alcançá-los. Na fase de Execução (*Do*), as estratégias planejadas são implementadas, seguidas pela fase de Verificação (*Check*), onde os resultados são analisados para identificar discrepâncias e oportunidades de melhoria. A fase de Ação (*Act*) utiliza essa visão para implementar mudanças duradouras, como se pode ver na figura 2. Este ciclo não só encoraja uma abordagem metódica à resolução de problemas, mas também promove uma cultura organizacional de melhoria contínua, adaptabilidade e aprendizagem constante. O modelo *PDCA* é reconhecido pela sua capacidade de integrar a inovação contínua nas práticas organizacionais, respondendo eficazmente às necessidades em evolução do mercado e aos avanços tecnológicos (Deming, 1986).



Figura 5- Ciclo PDCA

[Fonte: (Accept, 2023)]

2.3. A metodologia FMEA

A Análise dos Modos de Falha e Seus Efeitos (FMEA) é uma metodologia estruturada que identifica e analisa potenciais falhas em processos, produtos ou sistemas. Este método, inicialmente desenvolvido pelas Forças Armadas dos Estados Unidos, é utilizado para avaliar e priorizar riscos com base na severidade, probabilidade de ocorrência e capacidade de detecção de falhas (Stamatis, 2003).

O FMEA é aplicável numa variedade de contextos, incluindo o desenvolvimento de novos produtos ou processos, a modificação de sistemas existentes, a análise de falhas passadas e a avaliação periódica ao longo do ciclo de vida de um produto ou serviço (Stamatis, 2003).

O procedimento do FMEA, conforme ilustrado na Figura 3, inicia-se com a constituição de uma equipa multidisciplinar, cujo conhecimento coletivo é fundamental para a abrangência e precisão da análise. A definição clara do objeto de estudo — seja um sistema, produto ou processo — estabelece o objetivo da investigação. Procede-se então à identificação minuciosa das funções principais, visando reconhecer os modos de falha potenciais e as respetivas consequências para o funcionamento do sistema. Cada modo de falha é avaliado segundo três critérios: a severidade (S) da sua manifestação, a frequência de ocorrência (O) e a eficácia dos mecanismos de deteção (D) existentes. Estes critérios são quantificados e interligados no cálculo do número de prioridade de risco (RPN = S x O x D), um indicador que determina a urgência de intervenção.

O Número de Prioridade de Risco (RPN) pode variar de 1 a 1000 e é calculado multiplicando o valor de severidade (escala de 1 a 10 onde 1 é pouco severo e 10 muito severo), pelo valor ocorrência (medido na mesma escala), e ainda pela deteção (escala de 1 a 10 onde quanto mais fácil for de detetar menor é a sua pontuação). O RPN é frequentemente utilizado para hierarquizar falhas com base na sua criticidade. Falhas que apresentam um RPN elevado são consideradas mais críticas e necessitam de ações imediatas para mitigar o risco ou eliminar a causa subjacente (Figura 3).

RPN	Classificação	Ação recomendada
1-99	Baixa prioridade	Monitorar, avaliar e corrigir durante a manutenção normal
100-299	Média prioridade	Corrigir durante a manutenção normal
300-599	Alta prioridade	Corrigir urgentemente
600-999	Muito alta prioridade	Corrigir imediatamente
1000	Prioridade extrema	Interromper a produção até que a causa da falha seja identificada e corrigida

Figura 6- Classificação RPN

[Fonte: (Cunha, 2023)]

A priorização das ações corretivas fundamenta-se no valor do RPN: quanto maior o número, maior a prioridade de atuação. A Figura 3 enfatiza a natureza iterativa do FMEA, com a 'Implementação de Melhorias' desencadeando uma revisão dos processos e

sistemas, numa perspetiva de melhoria contínua. As melhorias implementadas são verificadas quanto à sua eficácia em reduzir o RPN, garantindo assim que as ações corretivas não apenas resolvam as falhas identificadas, mas também fortaleçam o sistema contra falhas futuras. Este ciclo de avaliação e melhoria contínua é essencial para a gestão proativa de riscos e a promoção da fiabilidade e qualidade em ambientes industriais e empresariais (Carlson, 2012).

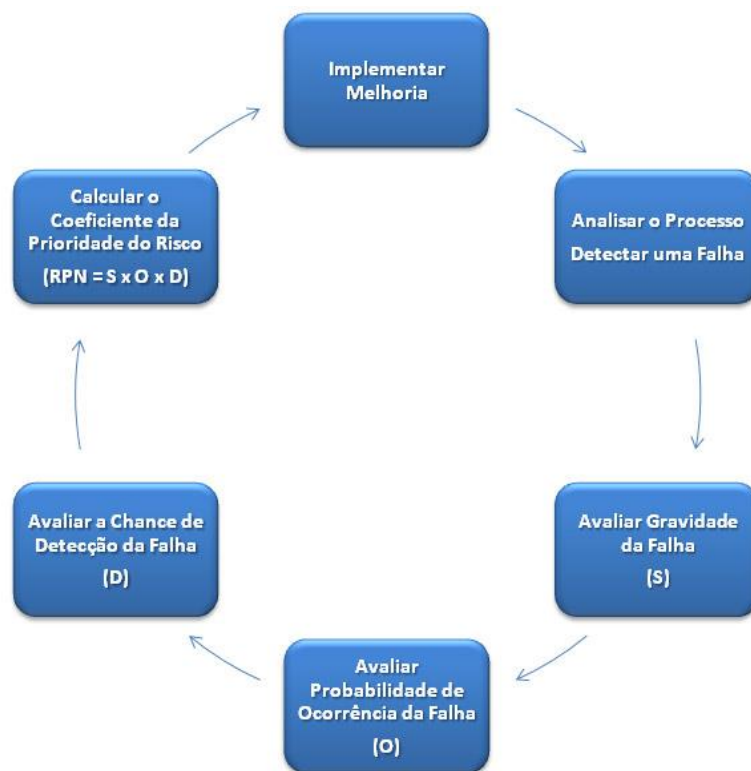


Figura 7-Fases de implementação do FMEA

[Fonte:(Zambon,2009)]

A implementação do FMEA oferece diversos benefícios, incluindo a identificação precoce de pontos críticos de falha, a melhoria no design de produtos ou processos, e o aumento da segurança e fiabilidade. Além disso, o FMEA contribui para a redução de custos associados a falhas e retrabalho, aumentando a satisfação do cliente através da melhoria da qualidade (Mikulak et al., 2017).

Existem diferentes tipos de FMEA, como o Sistema FMEA (SFMEA), o *Design* FMEA (DFMEA) e o Processo FMEA (PFMEA), cada um focado em diferentes aspectos de sistemas, produtos ou processos.

O FMEA Reverso (RFMEA) é uma ferramenta inovadora que expande o tradicional Modo de Falha e Análise de Efeitos (FMEA), com objetivo de análise mais detalhada e eficaz dos riscos de projeto. Esta nova abordagem adapta a técnica FMEA consolidada para processos, produtos e serviços, com o objetivo de aprimorar a prevenção e eliminar de falhas.

Para ilustrar a aplicação prática do RFMEA, Cesar & Makiya (2020) acompanharam um estudo de caso numa indústria de autopeças. O processo incluiu várias etapas fundamentais:

Recolha de Dados Iniciais: Antes da implementação do RFMEA, foram recolhidos dados detalhados sobre os problemas encontrados tanto na fábrica como no cliente. Esta recolha foi feita através do sistema existente na empresa, que identificava o tipo de problema e a quantidade de peças afetadas.

Análise de Riscos: Utilizando o RFMEA, a equipa identificou os potenciais riscos de defeitos nos processos de fabrico. Esta etapa envolveu a análise detalhada de cada etapa do processo de montagem, destacando os pontos críticos que poderiam levar a falhas.

Definição de Ações Corretivas: Com base na análise de riscos, foram definidas ações corretivas específicas para eliminar os riscos identificados. Essas ações incluíram melhorias nos processos de fabrico e ajustes nos dispositivos utilizados.

Implementação das Mudanças: As ações corretivas propostas foram implementadas no chão de fábrica. Isso incluiu modificações nos procedimentos de trabalho e na utilização de equipamentos para garantir que os riscos fossem minimizados.

Avaliação dos Resultados: Após a implementação das mudanças, foram novamente recolhidos dados sobre os índices de peças afetadas. Esta nova recolha de dados permitiu comparar a situação antes e depois da aplicação do RFMEA, evidenciando a eficácia das ações corretivas.

A aplicação do RFMEA resultou em melhorias significativas nos processos de fabrico, com uma redução de aproximadamente 70% nos riscos e nos custos diretos e indiretos. A ferramenta RFMEA promoveu uma maior integração e colaboração da equipa de projeto, resultando numa melhor gestão de riscos e no desenvolvimento de ações contínuas de melhoria.

2.4. A ferramenta A3

A ferramenta A3, essencial na implementação da filosofia *Lean*, representa um processo estruturado de resolução de problemas. O nome "A3" deriva do formato padrão de papel (A3) utilizado para documentar todo o processo de identificação e resolução de problemas. Esta abordagem promove uma análise detalhada e eficaz, facilitando a comunicação clara das soluções encontradas (Shook, 2008).

O A3 é utilizado para encorajar o pensamento crítico e a resolução de problemas de uma forma metódica. Com esta ferramenta, os problemas são analisados ao detalhe, e as soluções são desenvolvidas de forma colaborativa, fomentando um ambiente de aprendizagem contínua. A clareza e a concisão do formato A3 asseguram que as informações sejam facilmente compreendidas e partilhadas, facilitando o alinhamento e a colaboração entre as equipas (Rother, 2009)

O método A3, derivado do Sistema de Produção Toyota, não promove apenas uma abordagem estruturada à resolução de problemas, mas também incorpora uma filosofia de melhoria contínua, ou *kaizen*. Ao integrar o ciclo *PDCA* na sua essência, o A3 apresenta-se como uma ferramenta dinâmica para a gestão de mudanças, capacitando indivíduos e equipas a identificar, analisar e solucionar problemas de forma eficaz. Aquela ferramenta não apenas ajuda a aprimorar os processos e a qualidade dos produtos, mas também contribui para a construção de uma cultura organizacional que valoriza a aprendizagem e a adaptação constantes. Assim, o A3 não é somente um instrumento para resolver problemas específicos, mas também um veículo para promover um pensamento

mais aprofundado, competências analíticas e liderança colaborativa dentro das organizações (Liker & Meier, 2006).

O processo A3 é geralmente estruturado em várias etapas que incluem a definição do problema, a análise da causa raiz, o desenvolvimento de soluções potenciais, a implementação de ações corretivas e, por fim, a revisão do processo para garantir a eficácia das soluções implementadas (Figura 5). Esta estrutura metódica assegura que cada aspecto do problema seja considerado e que as soluções sejam sustentáveis e eficazes a longo prazo (Liker & Meier, 2006).

Relatório A3	
Assunto:	Equipa:
Caracterização da oportunidade:	Contramedidas:
Situação atual/definição do objetivo:	Plano de implementação:
	Avaliação de resultados
Análise:	Acompanhamento:
Executado por::	Data:

Figura 8-Exemplo Relatório A3

[Fonte: (Santos, 2018)]

A figura 6 ilustra o método A3 de resolução de problemas que, apesar de partilhar princípios fundamentais com o ciclo PDCA, distingue-se na sua abordagem e execução. Ambos promovem a melhoria contínua e adotam um formato cíclico, mas o A3, com a sua forte componente documental e formato de relatório estruturado, expande o ciclo PDCA ao proporcionar um meio mais aprofundado para a comunicação e documentação do processo de solução de problemas.

O uso do A3 sublinha a importância de comunicar claramente as informações e as medidas adotadas, algo essencial na filosofia *Lean* e na promoção de uma cultura organizacional de transparência e aprendizagem contínua. A compatibilidade com o ciclo

PDCA é patente na imagem, já que ambas as metodologias visam planejar, fazer, verificar e atuar. Contudo, o A3, ao integrar o PDCA no seu procedimento, permite uma análise mais detalhada e uma comunicação mais eficaz dos problemas e das suas soluções, funcionando não somente como um método de resolução de problemas, mas também como um veículo de desenvolvimento organizacional e individual.

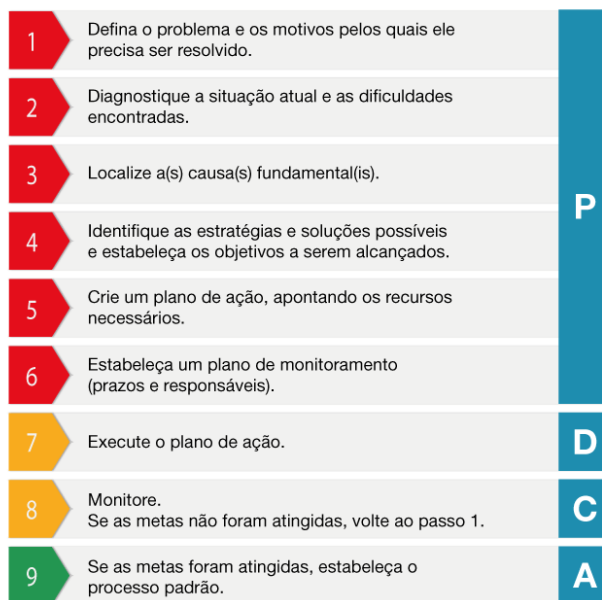


Figura 9-Comparação entre o Método A3 e o método PDCA

[Fonte:(Paula, 2017)]

2.5. O Diagrama de Espinha de Peixe

O diagrama de Espinha de Peixe (ou de Ishikawa, ou Causa e Efeito) é utilizado para identificar, explorar e apresentar as possíveis causas de um problema específico, sendo uma ferramenta visual que auxilia na organização do pensamento em torno das causas potenciais de falhas nos processos (Ishikawa & Douchy, 1985).

Além de facilitar a identificação e exploração das causas de um problema, o Diagrama de Espinha de Peixe promove uma análise profunda que permite às equipas entender melhor a relação entre diferentes fatores causais e o problema em questão. Ao categorizar as causas em áreas específicas, tais como métodos, mão-de-obra, materiais, máquinas,

medição e meio ambiente (conhecidas como as 6 Ms), esta ferramenta estimula uma visão abrangente e sistémica, evitando a simplificação excessiva de problemas complexos. A utilização do diagrama potencializa o pensamento crítico e colaborativo, incentivando a participação ativa de todos os membros da equipa na busca por soluções inovadoras e eficazes. Desta forma, o Diagrama de Espinha de Peixe não apenas apoia a resolução de problemas, mas também contribui para a melhoria contínua dos processos, alinhando-se com os princípios da gestão da qualidade total (Deming, 1986).

Para cada uma das categorias ilustradas na Figura 7, a equipa de trabalho colabora em sessões de brainstorming para identificar as causas específicas que podem estar a contribuir para um determinado problema central. Estas causas são depois exploradas em profundidade, muitas vezes perguntando repetidamente "porquê?" para chegar às causas raiz. O diagrama ajuda a visualizar as relações entre as causas e a compreender como elas interagem, fornecendo uma visão sistémica do problema (Deming, 1986).

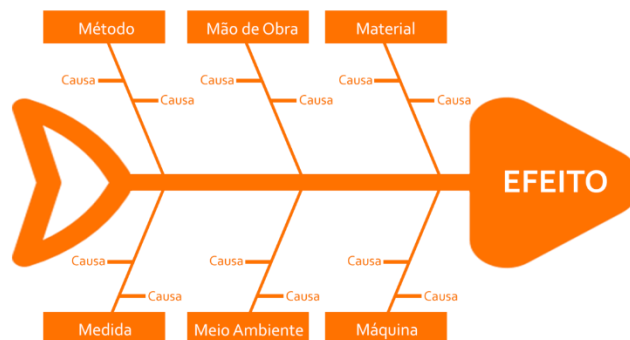


Figura 10-Estruturo diagrama de peixe

[Fonte:(Soares, 2024)]

2.5.1. O método 8D

O método 8D, ou "Oito Disciplinas", ilustrado na Figura 8, foi desenvolvido pela Ford Motor Company para identificar, corrigir e eliminar problemas recorrentes. É

amplamente utilizado em vários setores industriais para melhorar a qualidade dos produtos, reduzir custos e aumentar a satisfação do cliente.

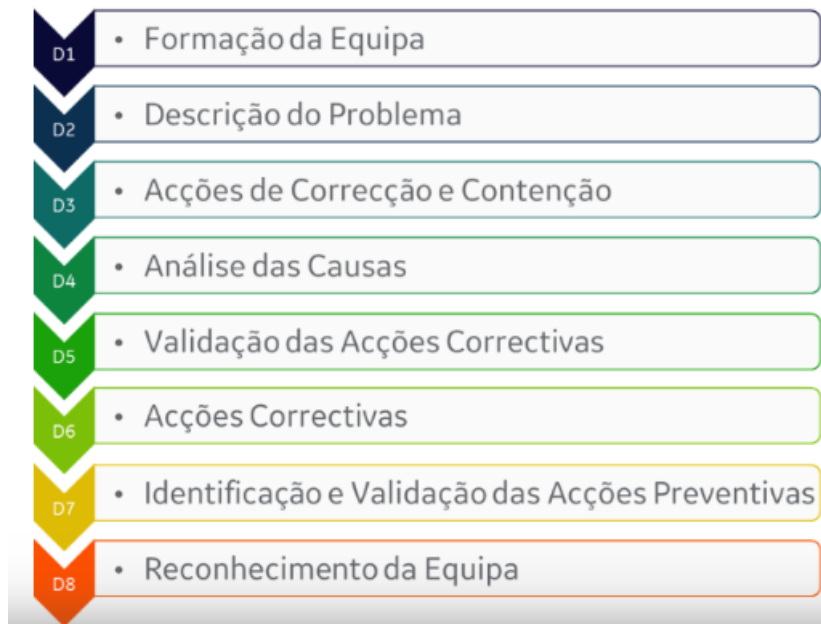


Figura 11-Esquema do Método 8D

[Fonte:(Costa, 2024)]

As oito disciplinas do método 8D são projetadas como passos sequenciais que orientam as equipas na resolução de problemas:

D1 - formar a equipa: a formação de uma equipa eficaz, incluindo membros com as competências necessárias, é crucial.

D2 - descrever o problema: a clareza na descrição do problema facilita a identificação das suas causas raíz.

D3 a D8 - estas etapas abrangem desde a implementação de ações corretivas até a prevenção da recorrência e o reconhecimento dos esforços da equipa.

O método 8D provou ser uma ferramenta eficaz para resolver problemas complexos, promovendo uma abordagem sistemática e disciplinada.

2.6. A ferramenta Poka Yoke

Segundo Burlikowska e Szewieczek (2009) o lema das empresas é “*Não fabricar, não lançar no mercado e não aceitar produtos com defeitos*” (Dudek-Burlikowska & Szewieczek, 2009).

O *Poka Yoke*, termo que significa “à prova de erros”, é uma ferramenta essencial da metodologia *Lean*. A sua origem remonta aos anos 60, no sistema de produção da Toyota, tendo sido Shigeo Shingo, um engenheiro industrial de renome, o pioneiro na sua implementação (Shingo, 1996). O grande objetivo era alcançar zero defeitos na produção e eliminar inspeções de qualidade. Inicialmente, esse método era designado como “à prova de tolos (*Baka Yokes*)”, mas posteriormente reconheceu-se que isso era ofensivo e a denominação mudou para “à prova de erros (*Poka yoke*)” ou “livres de falhas” (Vidor & Saurin, 2011).

Numa fase inicial, o foco era evitar erros humanos, considerados a principal causa de defeitos (Shimbun, 1989). No entanto, a expressão “*Poka Yoke*” ou “à prova de erros ou falhas” é abrangente, com interpretações que vão desde dispositivos físicos que controlam defeitos (BENDELL et al., 1995) a sistemas de garantia de qualidade e redução de variabilidade (MCGEE, 2005).

Os métodos de projeto, operação e manutenção dos *Poka Yokes* não estão diretamente relacionados aos conceitos de controlo estatístico de processo. No entanto, essa ligação deveria existir, pois o controlo estatístico da qualidade permite identificar as causas aleatórias num processo, fornecendo informações para desenvolver e implementar sistemas *Poka Yoke*. A Toyota adotou os *Poka Yokes* para reduzir a dependência do controlo estatístico da qualidade, que aceita margens de erro incompatíveis com a meta de zero defeitos (Shingo, 1996). No entanto, isso tem limitações:

- (a) os *Poka Yokes* não substituem o controlo estatístico em todos os casos;
- (b) os *Poka Yokes* também podem falhar devido à falta de fiabilidade dos componentes;
- (c) o controlo estatístico pode informar onde os *Poka Yokes* são mais necessários.

Aquando da ocorrência de um defeito, deve ser analisada a possibilidade de usar a ferramenta *Poka Yoke* através do esquema apresentado na Figura 9. Este fluxograma demonstra um processo sistemático de análise e correção de falhas, garantindo que os defeitos sejam documentados, analisados e eliminados de maneira eficaz.

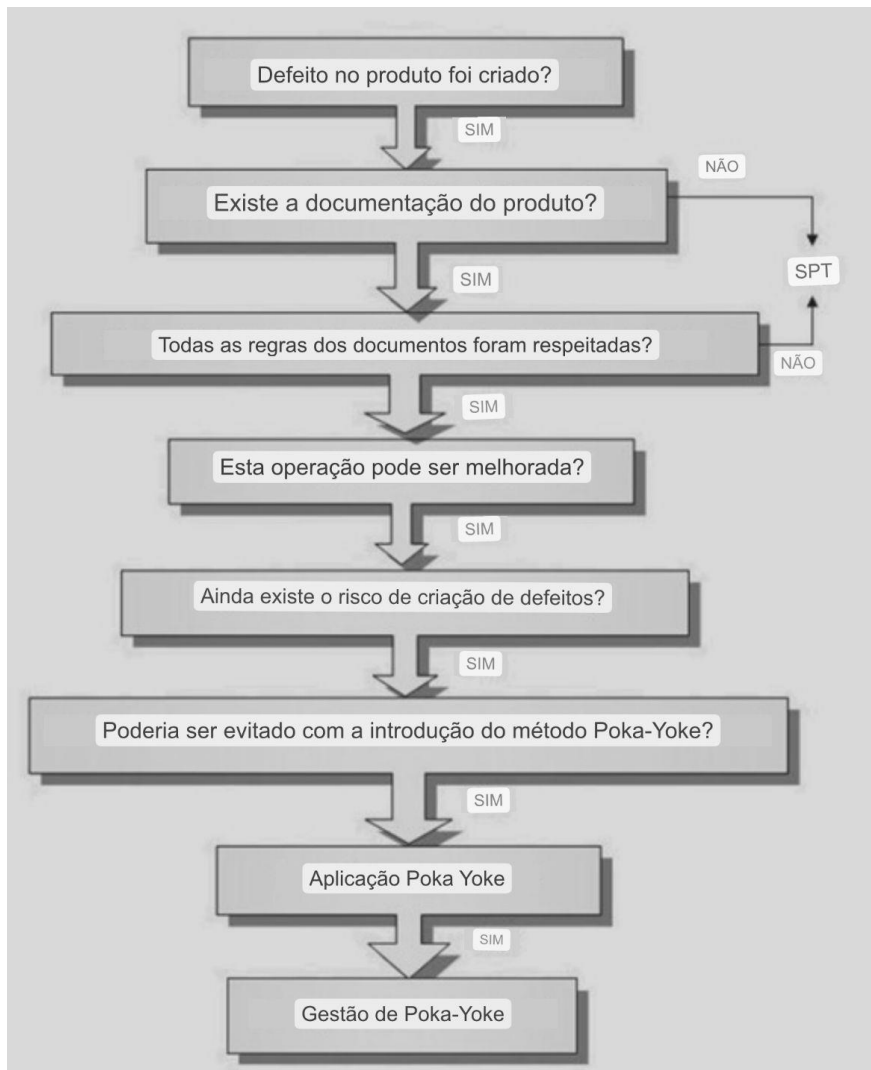


Figura 12-Etapas para realização de um Poka Yoke

[Fonte: (Dudek-Burlikowska & Szewieczek, 2009)]

Segundo Dudek-Burlikowska e Szewieczek (2009), existem três tipos de *Poka Yoke*: o de alerta, o de controle e o preventivo.

O *Poka Yoke* de Alerta apenas emite um aviso quando um defeito é detetado. Esse aviso pode ser tanto visual como sonoro, alertando assim o operador do erro para que este o possa corrigir.

O *Poka Yoke* de Controle garante 100% de qualidade do produto, uma vez que, através do controle, quaisquer defeitos são impedidos de sair da linha de produção. Um exemplo pode ser observado na Figura 10.

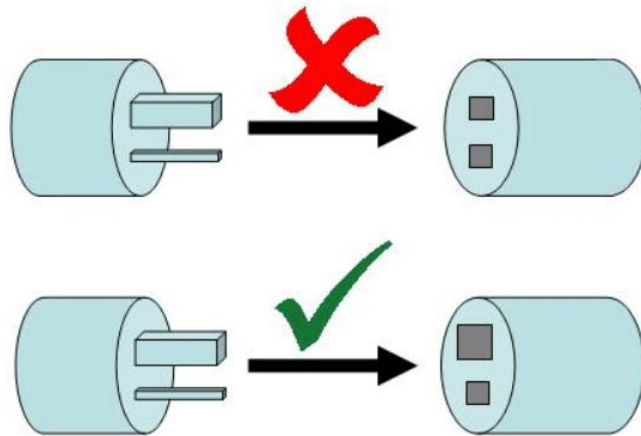


Figura 13-Exemplo de Poka Yoke de controle

[Fonte:(Coutinho, 2020)]

O *Poka Yoke* de prevenção impede a produção de peças com defeitos, garantindo assim 100% de qualidade. Um exemplo pode ser observado na figura abaixo.

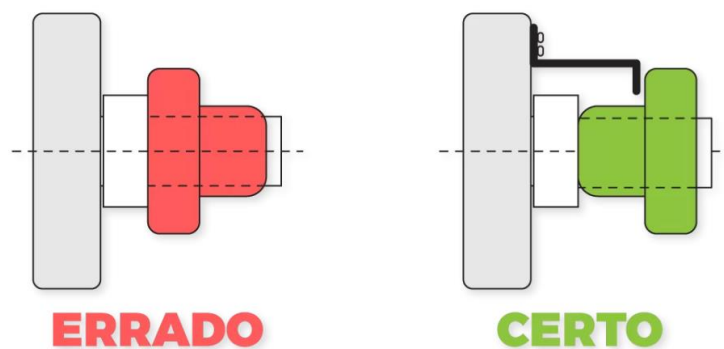


Figura 14-Exemplo de Poka Yoke de prevenção

[Fonte:(Nortegubisian, 2018)]

De notar que, o *Poka-Yoke* de Controlo: deteta erros após a sua ocorrência, mas antes que se tornem defeitos. Requer intervenção imediata para corrigir o erro, enquanto o *Poka-Yoke* de Prevenção: impede que os erros ocorram desde o início, eliminando a possibilidade de erro humano ou mecânico.

Existem vários métodos para elaborar um *Poka Yoke*. De acordo com Shingo (1996), esse processo compreende três etapas: (1) implementação do Controlo Estatístico do Processo para identificar onde ocorrem os defeitos; (2) desenvolvimento do *Poka Yoke* para controlar as causas dos defeitos identificados na etapa anterior; (3) criação de pontos de inspeção após a utilização dos *Poka Yokes*, com o objetivo de verificar a sua eficácia.

Vários fatores devem ser considerados durante a implementação do sistema *Poka Yoke*, incluindo a facilidade de utilização para os operadores.

As vantagens da implementação do sistema *Poka Yoke* incluem, principalmente, a redução da produção de peças incorretas, diminuição do tempo de produção e redução dos custos associados (Al Ayyubi et al., 2020).

A implementação eficaz do *Poka Yoke* requer uma compreensão detalhada dos processos envolvidos e uma colaboração estreita entre todos os níveis da organização. Desde a conceção até a execução, o *Poka Yoke* deve ser visto não apenas como uma ferramenta de controle de qualidade, mas como uma parte integrante da cultura de melhoria contínua da empresa. Além disso, é essencial que a implementação do *Poka Yoke* seja acompanhada de formação adequada para os operadores, de modo a maximizar a sua eficácia e garantir a adoção do sistema por parte de todos os envolvidos no processo produtivo. A formação deve cobrir não apenas o funcionamento específico dos dispositivos ou técnicas *Poka Yoke*, mas também a importância da prevenção de erros e da qualidade na produção.

Em suma, a adoção do sistema *Poka Yoke* nas operações industriais representa uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade dos produtos e a eficiência dos processos. Ao focar na prevenção de erros e na estabilidade operacional, as empresas podem reduzir custos, aumentar a satisfação do cliente e reforçar a sua posição competitiva no mercado.

2.6.1. Aplicação da Ferramenta *Poka Yoke* no contexto industrial

Nogueira (2010) realizou um estudo focado na implementação de um sistema *Poka Yoke* na Inapal Plásticos S.A, uma empresa especializada na injeção de plásticos. Este estudo revelou resultados positivos notáveis, demonstrando a eficácia do sistema na melhoria dos processos operacionais da empresa. A aplicação do *Poka Yoke*, conhecido pela sua capacidade de prevenir erros na produção, provou ser uma estratégia valiosa para otimizar a qualidade e a eficiência na Inapal Plásticos S.A.

Inicialmente, Nogueira (2010) focou-se em identificar os defeitos principais na produção para saber onde aplicar o sistema *Poka Yoke*. O estudo mostrou que os maiores problemas ocorriam nos dias de produção de muitas referências diferentes, especialmente durante as mudanças nas séries de produção. Essa descoberta foi crucial para implementar o *Poka Yoke* de maneira efetiva. Foram considerados vários sistemas *Poka Yoke*, tendo em conta os custos, alterações de layout, formação de pessoal e impacto no desempenho do processo. Nogueira (2010) optou por um sistema *Poka Yoke* que usa etiquetas de código de barras em produtos para o corte por jato de água. Este sistema avisa os operadores de erros e pode parar o fabrico automaticamente. Envolve adicionar dispositivos às máquinas de maquinação CNC e de corte por jato de água. A etiqueta é impressa e aplicada na peça antes do corte. Se o código não corresponder, a máquina não inicia, evitando erros. Este método é eficaz, económico (cerca de 2500€) e flexível, sem necessitar de alterar o layout.

Marques (2014), confrontado com um desafio na empresa *4Lean*, uma empresa sediada em Rio Meão, especializada em soluções *Lean* para otimização de processos industriais, abordou um problema de orientação incorreta nas soldaduras. Para tal, realizou um estudo aprofundado com o objetivo de implementar um sistema *Poka Yoke*, visando melhorar a precisão e a qualidade nas operações de soldadura da empresa.

Marques (2014) sugeriu duas soluções distintas. No entanto, uma delas foi descartada, não por ineficácia, mas devido à sua complexidade, que poderia levar à confusão dos operários, além de adicionar etapas adicionais ao processo de fabricação. Em contrapartida, a segunda solução proposta, que se baseava num gabarito¹ composto por duas partes — uma base de madeira com dois pinos e uma peça lateral em forma de 'L' com um pino — provou ser eficiente, permitindo que as peças fossem encaixadas corretamente para a soldagem.

Marques (2014) observou que a implementação do gabarito no processo estudado alcançou objetivos alinhados aos dispositivos *Poka-Yoke*, destacando-se em três áreas principais: primeiro, a inspeção 100%, pois o gabarito permite a verificação de todas as peças antes da soldadura, oferecendo feedback imediato ao operador; segundo, a rentabilidade, dado que o dispositivo, devido ao seu baixo custo de construção, torna-se economicamente viável após 15 utilizações; terceiro, e mais importante, a eliminação de erros, uma vez que a aplicação do gabarito no processo reduziu a percentagem de erros de 8,57% para zero, pois o operador só tem uma maneira correta de realizar o processo.

¹ Gabarito - Molde utilizado para garantir que as peças produzidas mantenham a especificação exata.

3. Casos de estudo: a implementação de dois sistemas

Poka-Yokes

A indústria automóvel é cada vez mais competitiva, daí a necessidade da melhoria de qualidade do produto e a otimização de processos ser imperativa. Estes são dois dos motivos pelos quais as empresas cada vez mais adotam ferramentas no âmbito da filosofia *Lean*, de que são exemplo os *Poka Yokes* que, quando bem implementados, aumentam significativamente a garantia de qualidade do produto.

No âmbito da produção de capas para automóveis, a costura tem um papel crítico na integridade do produto final. A ocorrência de erros naquela fase do processo pode resultar em sucata, retrabalho, produto final defeituoso, falta de segurança e, conseqüentemente, afetar negativamente a reputação da empresa.

O problema genérico abordado neste estudo é a possibilidade de falta de qualidade na produção de capas automóveis devido a erros de costura. Tais erros podem incluir falta ou troca de perfis com características de segurança e regulamentação, falta de costuras, e falta ou troca de arames de montagem da capa.

A escolha destes casos de estudo é motivada pelo interesse da empresa em melhorar continuamente, pela relevância prática dos sistemas a implementar, bem como pelo seu impacto. A implementação de sistemas *Poka Yoke* em máquinas de costura é uma ação proativa que tem influência direta na prevenção de erros, garantindo assim os padrões de qualidade desejados.

No decorrer dos casos de estudo, o procedimento que foi seguido integrou as etapas indicadas no fluxograma seguinte:



Figura 15-Fluxograma de etapas

Para os dois casos de estudo, foram elaborados numa primeira fase um FMEA de produção que detetou vários pontos críticos de melhoria em diversos postos de produção. Um dos pontos no qual foi necessário realizar atividades de melhoria, pelo seu valor alto de RPN (na escala da empresa) foi a 210.

O que resultou no desenvolvimento de um *Poka Yoke* que era composto por um leitor de código de barras, como será referido mais à frente. Depois dessa implementação, detetou-se em dois postos de costura de linhas diferentes, dois problemas que originavam produtos defeituosos e foram objeto do método 8D e resultaram no desenvolvimento de dois *Poka Yokes* diferentes e por isso neste capítulo se apresentam os dois casos separadamente. O que é comum aos dois postos de trabalho é o primeiro *Poka Yoke* realizado.

3.1. Apresentação da empresa

A Sasal, do grupo Forvia, dedica-se à produção de capas para assentos de automóveis de qualidade *premium*. A inovação é um pilar central na filosofia da empresa, refletindo-se numa busca contínua por melhorias tanto nos produtos oferecidos quanto nos processos de produção. A Sasal esforça-se por estar na vanguarda da tecnologia e do design, adaptando-se às tendências do mercado e às necessidades específicas dos clientes.



Figura 16-Instalações da empresa Sasal

A Sasal está implantada em Vouzela, o que representa um fator estratégico da sua infraestrutura operacional, principalmente devido à proximidade da A25, o que facilita significativamente a logística tanto para a receção de matérias-primas quanto para a distribuição dos produtos finais. Esta acessibilidade é uma vantagem competitiva que permite à empresa responder de forma ágil às necessidades do mercado e às solicitações dos clientes.

A Sasal está dividida em várias unidades operacionais especializadas. Na sua organização incluem-se os seguintes departamentos.

Logística: responsável pela gestão eficiente do transporte, armazenamento e distribuição de matérias-primas e produtos acabados.

Controlo de Gestão: foca-se na análise financeira e no controlo orçamental, garantindo a saúde financeira da empresa.

FES (Melhoria Contínua): dedicado à implementação de práticas que otimizem os processos e aumentem a eficiência operacional.

Recursos Humanos: gere todas as questões relacionadas ao emprego, desde a contratação até o desenvolvimento de talentos e a gestão de benefícios.

Produção: supervisiona a fabricação das capas para assentos, assegurando que todos os produtos atendem aos rigorosos padrões de qualidade.

Qualidade: garante a conformidade dos produtos com as especificações e padrões de qualidade estabelecidos, realizando inspeções e testes regulares.

Engenharia e Manutenção: encarrega-se do desenvolvimento de novos produtos e da manutenção dos equipamentos de produção.

Tecnologia da Informação (IT): Suporta todas as operações da empresa através da gestão de sistemas de informação e tecnologia.

HSE (Higiene e Segurança no Trabalho): responsável por promover um ambiente de trabalho seguro e saudável, implementando políticas e práticas de segurança, realizando formações e monitorizando a conformidade com as normativas legais e padrões de segurança.

Direção: define a estratégia global da empresa e toma decisões cruciais que orientam o futuro da Sasal.

O organograma da Figura 14 apresenta a estrutura organizacional da Sasal.

A estrutura da empresa é hierárquica, com o *Plant Manager* no topo, responsável por supervisionar equipas organizadas em diferentes funções. Cada equipa tem uma cadeia clara de comando, garantindo uma gestão eficiente e a coordenação das operações

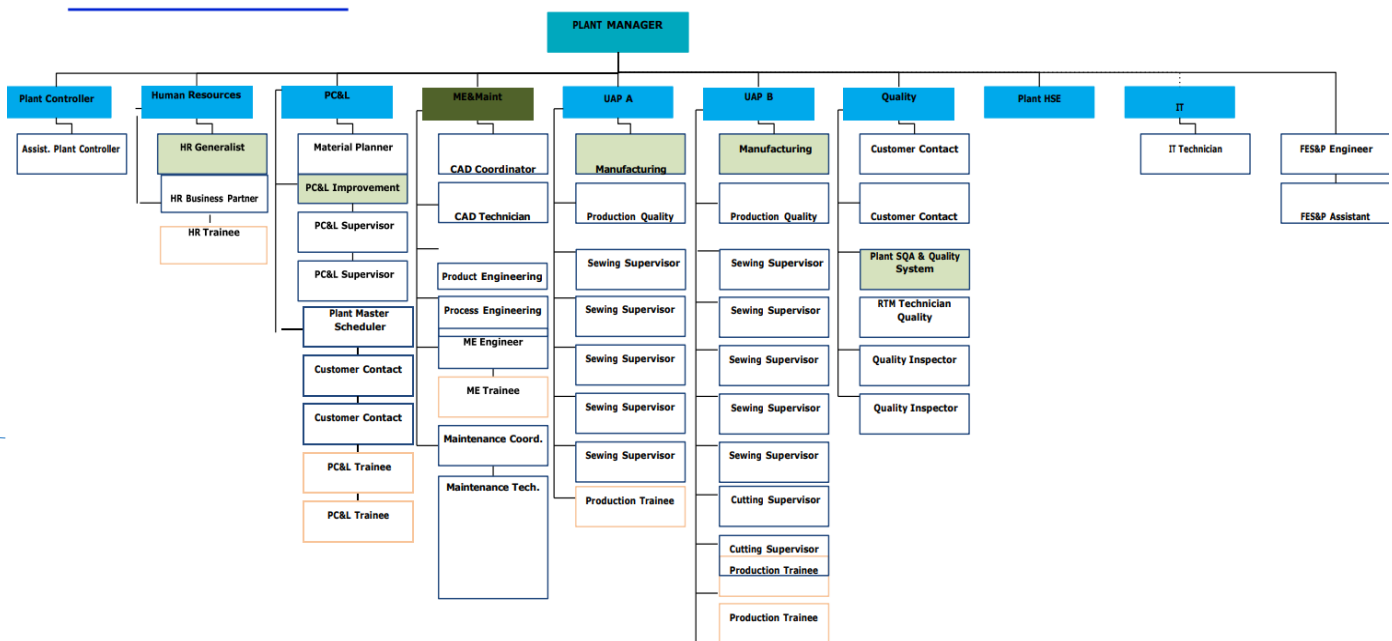


Figura 17-Organograma Sasal

Na Figura 15, apresenta-se o *layout* detalhado da empresa, destacando-se as áreas específicas onde foram implementados os métodos *Poka Yoke* para a otimização dos processos de produção.

3.2. O Processo Produtivo

A empresa SASAL, especializada na produção de capas (Figura 16) para assentos automóveis, organiza-se em duas unidades autónomas de produção (UAP). Estas unidades compreendem aproximadamente 30 grupos autónomos de produção (GAP), cada um dotado de cerca de 7 a 8 máquinas específicas para as diversas etapas do processo produtivo. O fluxo de trabalho é desenhado para atender à fabricação de capas para quatro projetos distintos, cada um com especificações e requisitos próprios, refletindo a flexibilidade e capacidade de adaptação da infraestrutura de produção.



Figura 19-Exemplo de capa produzida na Sasal

O processo de produção inicia-se com a receção de materiais de alta qualidade, como tecido e couro, que são submetidos a uma fase de corte preciso nas máquinas designadas para tal fim. Esta etapa é crucial para garantir que a peça cortada se adequa perfeitamente aos designs específicos dos assentos de cada projeto. Após o corte, os materiais são encaminhados para as linhas de costura, onde as capas começam a ganhar forma. A configuração de cada grupo de produção, composto por 7 a 8 máquinas, é estrategicamente planeada para maximizar a eficiência e a qualidade do produto final, pois cada máquina está afinada para a operação que irá realizar.

A estrutura de produção, dividida em grupos autónomos, permite uma especialização e um foco detalhado em cada projeto, assegurando não apenas a alta qualidade das capas produzidas, mas também a capacidade de responder de forma ágil às encomendas específicas de cada cliente. A organização em unidades autónomas de produção facilita a gestão do processo, desde a entrada de matéria-prima até ao produto final, permitindo um controle rigoroso de qualidade e uma melhoria constante dos procedimentos de fabrico.

Tanto na UAPA como na UAPB são realizadas capas para assentos automóveis (Figura 17). Cada UAP tem diferentes projetos de capas para diferentes marcas, ambas com processos de costura semelhantes.

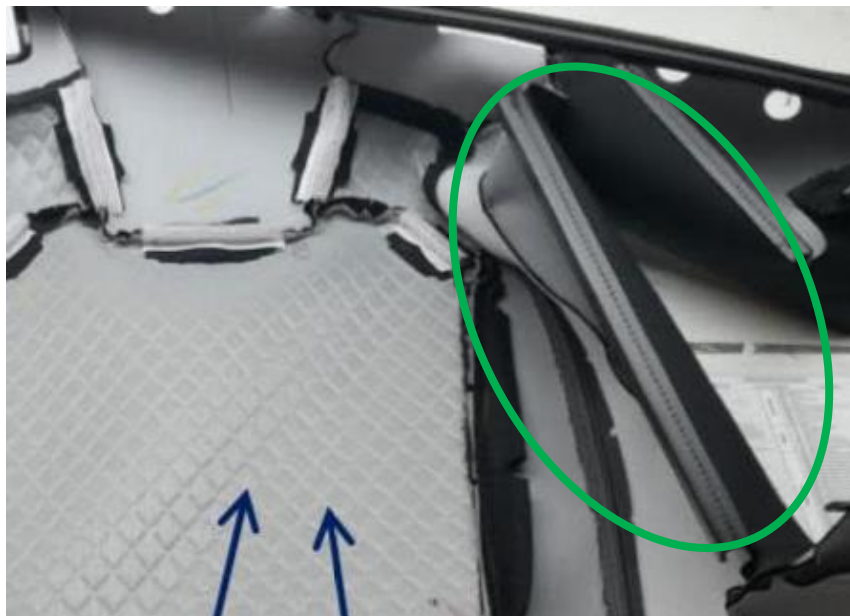


Figura 20-Exemplo de capa com perfis costurados

3.3. Caso de estudo1: *Poka Yoke* UAPB- Falta e troca de perfis

No contexto da linha de produção, a etapa de costura de perfis à capa é realizada na última máquina de costura (posto), assumindo um papel fundamental no processo de fabrico. Os perfis em causa são componentes essenciais de segurança e regulamentação (SR), cuja integridade estrutural e dimensional necessita de ser rigorosamente controlada para assegurar a forma e o tamanho adequados.

Cada perfil, caracterizado por uma forma e tamanho únicos, requer um posicionamento preciso na capa, de modo similar à montagem de um motor, onde cada peça e cada parafuso têm locais específicos. A colocação incorreta de qualquer componente pode comprometer a integridade e funcionalidade do produto final.

3.3.1. Análise do posto de trabalho e elaboração de FMEA

No início do projeto, foi tomada a decisão estratégica de congregar uma equipa multidisciplinar, envolvendo profissionais de várias áreas da fábrica, com o objetivo de realizar uma análise pormenorizada pelo método FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos) aos modos de falha possível. Este método, reconhecido pela sua eficácia na identificação e priorização de potenciais riscos no processo produtivo, permitiu-nos uma avaliação rigorosa e abrangente do sistema em operação acima explicado.

Ao longo da fase de análise, e mediante um acompanhamento próximo da produção em série, identificou-se o posto de trabalho crítico, o posto de costura dos perfis na capa. Esta descoberta impulsionou a equipa a desenvolver e implementar um conjunto diversificado de ações com o intuito de mitigar a ocorrência do referido modo de falha. Considerando que os componentes em questão (perfis) eram classificados como SR, a sua severidade era, igualmente, elevada. Este fator, associado ao potencial modo de falha identificado

(falta de costura dos perfis na capa), contribuiu para um aumento considerável no RPN (Número de Prioridade de Risco), realçando a urgência e a importância de se agir prontamente para minimizar os riscos associados.

No decurso da análise FMEA (Figura 18), foi identificado um modo de falha particularmente crítico, relacionado com a omissão de costuras em perfis essenciais no processo de fecho das capas. Esta falha, além de comprometer a integridade e a funcionalidade do produto final, evidenciava uma vulnerabilidade significativa no processo produtivo que requeria uma intervenção imediata e eficaz. Inicialmente, antes da implementação desta medida corretiva, o RPN associado ao modo de falha em questão era de 210, um valor que destacava uma combinação preocupante de frequência de ocorrência, severidade do impacto e probabilidade de deteção para a fábrica.

Process Step definition (PFMEA)	POTENTIAL FAILURE		Severity	Class	KPC nb	Potential Cause of failure	Occurrence	KCC nb	Design validation (D-FMEA) Process controls (P-FMEA)		Detection	RPN
	MODE	EFFECT							Prevention	Detection		
Perfis de Conctabilidade	Falta de perfil de conctabilidade	Capa não está de acordo com as especificações S&R	10	1	10.3	Processo manual de Costura Não respeito pelo método operatório	3	10,3,1	PY - OK Arranque IT do Posto 1ª Peça OK Auto - Controlo Controlo Final	Visual	7	210

Figura 21- Extrato de FMEA inicial– Estudo de caso 1

3.3.2. Desenvolvimento e aplicação de um sistema *Poka Yoke*

A solução encontrada centrou-se na implementação de um sistema *Poka Yoke* vinculado à segurança da máquina de costura. O princípio de funcionamento deste sistema baseia-se na leitura de um código associado à capa que está a ser costurada. Este código, ao ser lido pelo sistema, permite que este identifique o número exato de costuras necessárias para a completa integração de todos os perfis da capa. Desta forma, o sistema assegura que cada capa seja submetida a todas as costuras requeridas, impedindo que o operador conclua o processo sem a realização completa de todas as etapas necessárias.

Assim sendo, após a instalação do *Poka Yoke*, o posto passou a funcionar do modo que a seguir se descreve. Quando a capa é encaminhada para o posto, o operador dispõe de uma carta que identifica a referência da capa a ser costurada. Dá-se início à produção com a máquina inicialmente bloqueada, permanecendo assim até que o operador, valendo-se de uma pistola de leitura de códigos de barras, proceda à leitura do código presente na carta identificativa da capa. Através da leitura desse código, a máquina recebe a informação exata do número de costuras que devem ser executadas para aquela capa naquele posto, assegurando que o número de costuras realizadas não exceda nem seja inferior ao necessário.



Figura 22-Poka Yoke adaptado a máquina de costura

A instalação do sistema *Poka Yoke* não só trouxe melhorias significativas na prevenção e detecção de falhas, como também se refletiu de maneira expressiva na avaliação de risco do processo produtivo, medida pelo RPN (Número de Prioridade de Risco).

Através da implementação do sistema *Poka Yoke*, houve uma redução drástica tanto na ocorrência da falha, que passou de 3 para 1, quanto na sua detecção, que melhorou de 7 para 1. Esta dupla melhoria teve um efeito direto e profundamente positivo no RPN, que diminuiu para 10. Esta redução não apenas evidencia uma diminuição substancial no risco associado à produção, mas também reflete uma transformação significativa na eficiência e fiabilidade do processo de fabrico.

A redução do RPN de 210 para 10, Figura 20, não só confirma a eficácia do sistema *Poka Yoke* como uma solução inovadora para problemas específicos de produção, mas também ilustra o potencial de tais intervenções para transformar radicalmente a gestão de qualidade e risco em ambientes produtivos.

Recommended Corrective Actions		Action taken	Status of action	Forecasted new RPN				RPN checked after actions implemented			
Nº	Description			S	O	D	RPN	S	O	D	RPN
	Colocação de Poka Yoke no posto	Colocação de Poka Yoke no posto	100%	10	1	1	10	10	1	1	10

Figura 23-Extrato de FMEA Final caso de estudo 1

3.3.3. Desenvolvimento da ferramenta 8D

Após a primeira ação corretiva, o sistema *Poka Yoke* utilizado estava configurado apenas para verificar a quantidade de perfis costurados à capa, sem oferecer uma avaliação precisa da forma ou do tamanho de cada perfil. Apesar dos avanços significativos conseguidos com a implementação do sistema *Poka Yoke*, que eficazmente eliminou a ocorrência de falta de costura em componentes essenciais das capas, surgiu um novo desafio que exigia atenção imediata. Observou-se que, embora não houvesse falta de componentes, persistia a possibilidade e ocorrência de troca de perfis ou mau posicionamento dos mesmos durante o processo de costura.

Perante a necessidade de resolver esta questão de forma sistemática e eficaz, a equipa decidiu recorrer à análise 8D – uma abordagem estruturada para a resolução de problemas, reconhecida pela sua capacidade de identificar, corrigir e eliminar de forma permanente os problemas. Esta decisão foi motivada pela compreensão de que, para assegurar a máxima qualidade e eficiência, era essencial não apenas evitar a omissão de componentes, mas também garantir a sua correta identificação e posicionamento.

O primeiro passo do método 8D (Anexo A), foi a constituição da equipa, que basicamente foi igual à que desenvolveu o FMEA de produção.

No seguimento da análise 8D, foi implementada uma inovação significativa na última máquina de costura da linha de produção, posto de costura dos perfis na capa. Um guia, projetado em 3D, complementado por um sistema de deteção baseado em fibra ótica, foi introduzido para garantir a presença do perfil dentro do guia e confirmar a forma correta de cada componente. Além disso, para um controlo preciso do tamanho do perfil, um encoder² foi adaptado à máquina. Esta tecnologia avançada permite não apenas a verificação da quantidade de perfis anexados, mas também assegura que cada perfil cumpre com os critérios exatos de forma e tamanho, conforme os requisitos de segurança e regulamentação.

² Encoder- trata-se um dispositivo que converte o movimento (angular ou linear) em um sinal eletrónico

3.3.4. Desenvolvimento do *Poka Yoke*

Uma das primeiras e principais dificuldades encontradas no desenvolvimento do *Poka Yoke* e ao longo deste estudo foi o desenvolvimento de um guia 3D específico. Este guia precisava de cumprir uma tarefa complexa e crucial: assegurar que não ocorressem trocas involuntárias de perfil durante o processo de costura. O desafio residia na necessidade de criar um guia que fosse simultaneamente eficaz na sua função, fácil de usar e altamente resistente. A fragilidade do guia poderia resultar em quebras durante a passagem do perfil, o que afetaria negativamente a eficiência e a qualidade do processo. Além disso, para atender às diferentes necessidades do processo de produção, o guia precisava de ser reversível. Nem todas as costuras realizadas nesta estação exigiam a presença de perfis, portanto, a adaptabilidade era um dos requisitos base do projeto.

Após diversas tentativas e ajustes no design, conseguiu-se construir um protótipo viável, pronto para ser montado e submetido a testes, como se pode ver na Figura 21. O esboço final revelou-se uma solução promissora para aperfeiçoar o processo na linha de produção, particularmente na estação de costura. Este guia é constituído por 2 peças, um suporte de guia que seria fixado à máquina e a peça principal que irá deslizar na parte interna do suporte.



Figura 24-Guia Impresso

Os furos transversais identificados como 'Furo 1' na Figura 22 desempenham um papel crucial na integração do sistema, pois são destinados à fixação segura do suporte do guia à máquina de costura. Esta conceção permite que o suporte se encaixe perfeitamente na estrutura da máquina, garantindo estabilidade e precisão durante o processo de costura

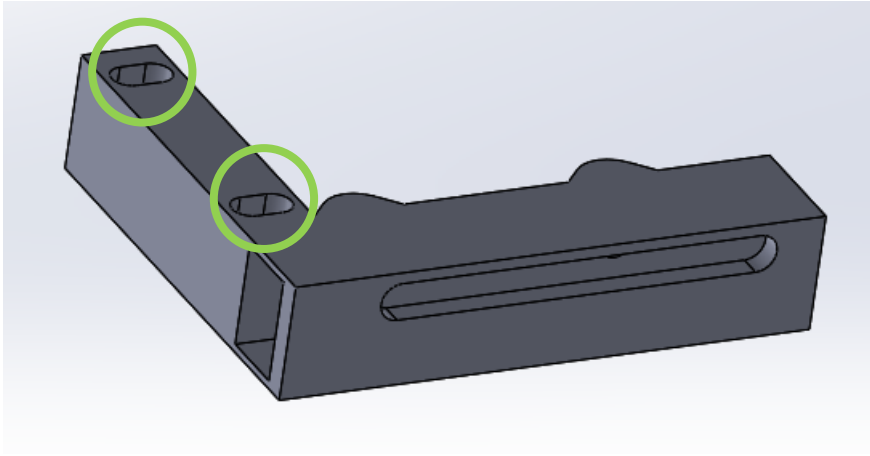


Figura 25-Furo 1, Suporte guia

Por sua vez, o 'furo 2', ilustrado na Figura 23, foi estrategicamente projetado para acolher uma peça deslizante dentro do suporte do guia. Esta característica é essencial para a funcionalidade adaptativa do guia, permitindo que ele seja recolhido ou estendido conforme a necessidade. Tal flexibilidade é particularmente útil em situações onde o uso do guia não é necessário, otimizando o espaço de trabalho e a eficiência operacional.

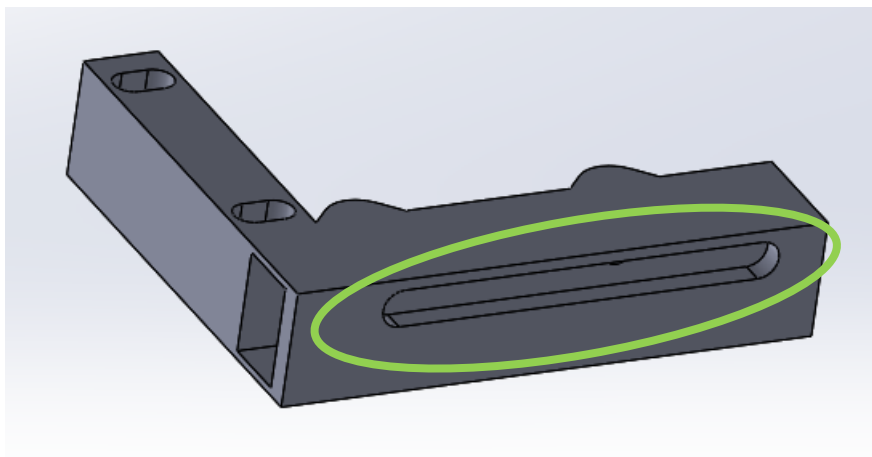


Figura 26-Furo 2, Suporte guia

Adicionalmente, os furos localizados na parte traseira do suporte são projetados para acomodar pernos de esfera. Esta adição facilita o ajuste rápido e preciso do guia, tanto para retomar a posição inicial, como para configurar a posição final desejada. Os pernos de esfera oferecem um mecanismo de bloqueio eficiente, assegurando que o guia permaneça firmemente no lugar durante o uso, enquanto permite ajustes ágeis quando necessário, como se pode ver na Figura 24.

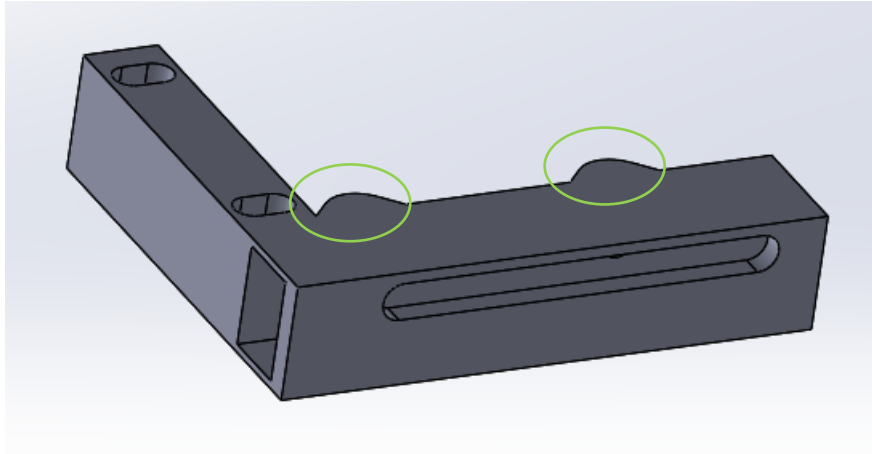


Figura 27-Furos traseiros, Suporte guia

Identificou-se ainda que o atrito gerado pelo perfil ao deslizar pelo guia exercia uma força excessiva sobre o suporte, resultando, eventualmente, na quebra deste componente. Este problema não só afetava a durabilidade do equipamento, mas também comprometia a eficiência da operação. Motivados por esta descoberta e pelo *feedback* do operador, decidiu-se proceder a uma revisão substancial do design do suporte.

A alteração mais significativa foi a relocação do 'furo 2' para a parte superior do guia. Esta modificação estratégica permitiu que os ajustes fossem realizados de forma mais acessível e intuitiva pelo operador, sem a necessidade de manobras laterais complicadas. Adicionalmente, adotou-se um acabamento arredondado para o guia, visando reduzir o atrito e, conseqüentemente, a força exercida sobre o suporte. Este ajuste no design visou não apenas facilitar o uso, mas também aumentar a resistência do suporte, minimizando o risco de quebra.

O resultado desta série de melhorias foi extremamente positivo. O novo design do suporte com o 'Rasgo 2' posicionado na parte superior e o acabamento arredondado demonstrou ser uma solução eficaz para os desafios identificados. A facilidade de ajuste melhorou significativamente a experiência operacional, enquanto as alterações estruturais aumentaram a durabilidade do suporte ilustrada na Figura 25.

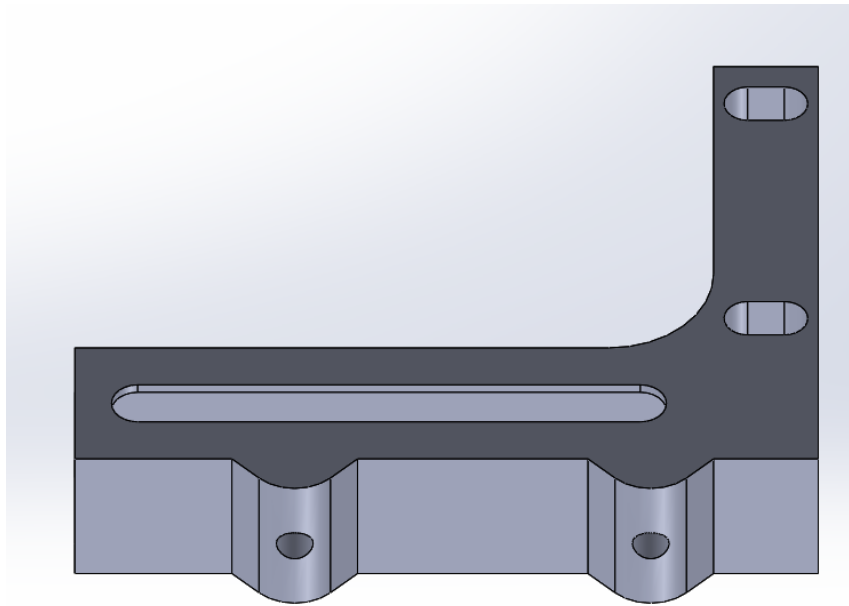


Figura 28- Suporte Guia final

O segundo componente do *Poka Yoke*, o guia, tem como principal finalidade permitir que o perfil específico deslize dentro dele de forma suave, evitando assim que seja colocado na posição incorreta ou que um perfil diferente do especificado seja inadvertidamente utilizado. Esta especificidade do design é crucial para manter a integridade do processo de produção e garantir a conformidade dos produtos finais com os padrões de qualidade e segurança estabelecidos.

Além disso, o guia foi equipado com duas características importantes para otimizar o seu desempenho e uso. O 'Furo 1', que se pode ver na Figura 26, desempenha um papel vital no sistema, pois é onde a fibra ótica é incorporada. Esta fibra ótica é responsável por enviar um sinal à máquina, indicando se o perfil correto está inserido no guia. Esta funcionalidade não só aumenta a eficiência do processo ao reduzir o tempo de verificação manual, mas também eleva o nível de precisão, assegurando que a máquina só opera quando o perfil adequado estiver posicionado corretamente.

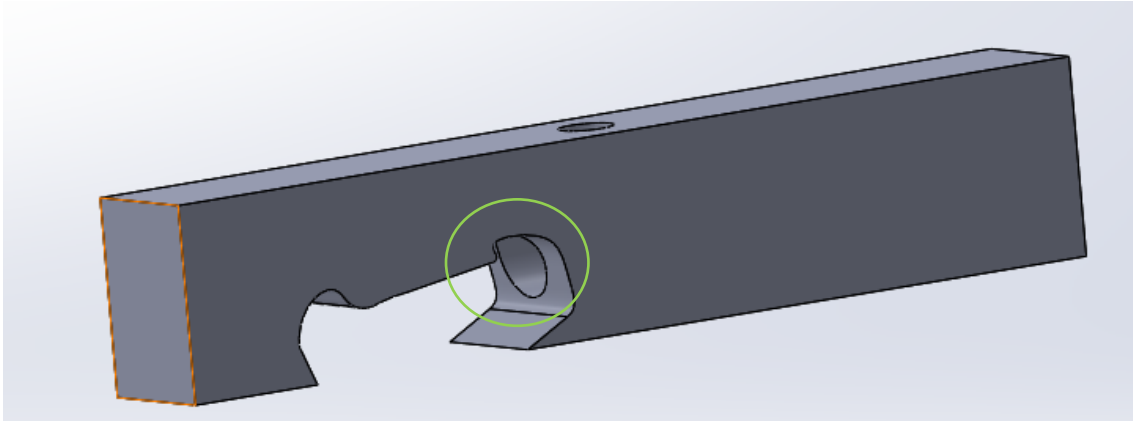


Figura 29--Furo 1, guia inicial

Por sua vez, o 'Furo 2' é estrategicamente posicionado para a fixação de um parafuso que permite ao operador ajustar a posição do guia conforme necessário. Esta flexibilidade é fundamental para facilitar a transição entre diferentes operações de costura, permitindo que o guia seja prontamente deslocado para a posição ativa quando necessário, ou recolhido para libertar espaço quando não está em uso.

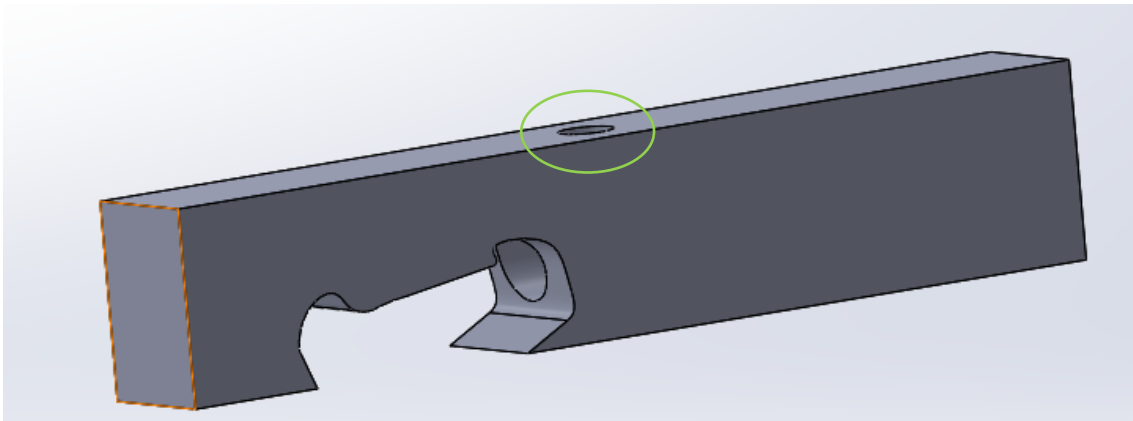


Figura 30- Furo 2, guia inicial

Após a fase de testes iniciais, observou-se que o perfil apresentava certa dificuldade ao deslizar pelo guia, sugerindo a necessidade de ajustes para otimizar o processo. Além disso, identificou-se um desafio ergonômico enfrentado pelos operadores: a altura do guia comprometia a visibilidade durante a operação, visto que o tecido necessita correr na parte superior do guia. Esta limitação na visibilidade não só dificultava a tarefa do operador, como também poderia afetar a precisão e a qualidade do trabalho realizado.

Para resolver esta questão, decidiu-se proceder a alterações no *design* do guia. Primeiramente, aumentou-se a margem interna por onde o perfil deve passar, facilitando assim o seu deslocamento dentro do guia e reduzindo o esforço necessário para a inserção e movimentação do perfil. Esta modificação visou melhorar a eficiência do processo, garantindo que o perfil pudesse ser guiado suavemente e sem obstruções.

Em resposta ao problema de visibilidade identificado, procedeu-se à reconfiguração do design do guia, adotando-se uma forma mais ergonómica. A parte superior do guia foi alterada, criando uma inclinação ou rampa na sua extremidade. Este ajuste no design permitiu melhorar significativamente a linha de visão do operador sobre a área de trabalho, facilitando a monitorização do tecido à medida que este passa pelo guia.

O resultado obtido foi o ilustrado na Figura 28.

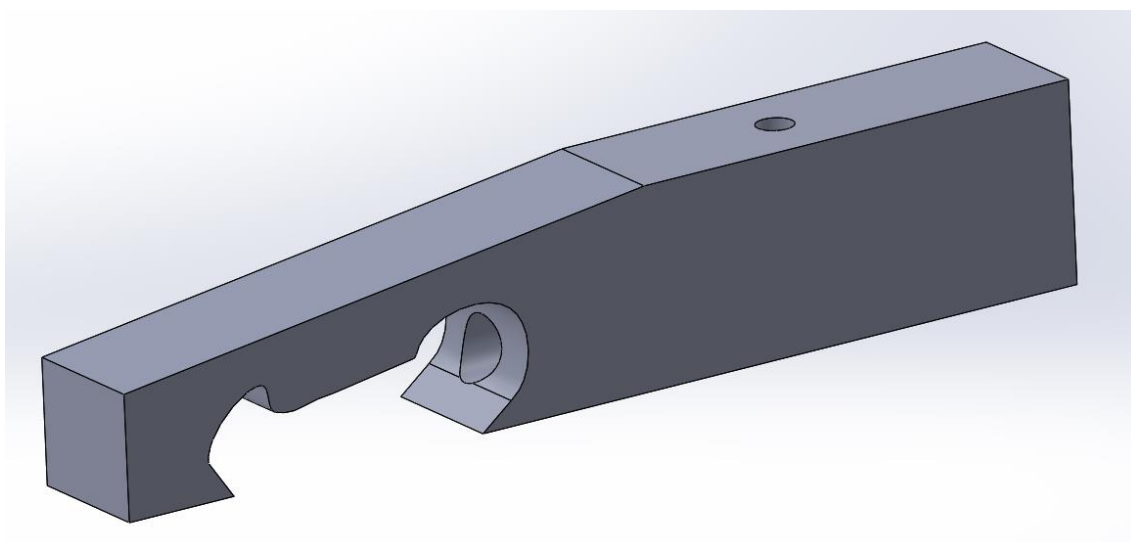


Figura 31-Guia final

Com o intuito de assegurar que o perfil identificado pelo sistema de fibra ótica fosse efetivamente o correto, era imperativo que a sua passagem junto ao guia se efetuasse com elevada precisão. Contudo, esta exigência provocava um atrito considerável e, mesmo com estas precauções, ocasionalmente resultava na rutura do guia. Neste contexto, surgiu a proposta da fabricação de um guia em metal, que foi realizada em parceria com a Escola Profissional de Vouzela. Esta “inovação” revelou-se uma solução mais robusta e

eficiente, superando os desafios relacionados com o desgaste e a quebra que se verificavam previamente, como se pode ver na Figura 29.

Os desenhos técnicos finais do suporte e do guia podem ser vistos no Anexo B e C, respetivamente.

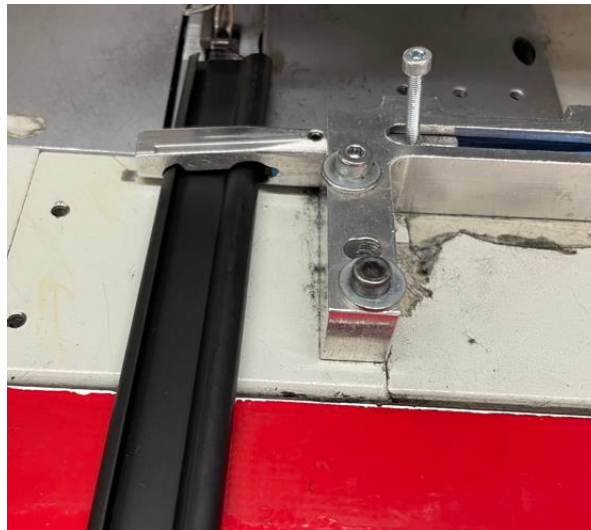


Figura 32-Conjunto Guia Metálico Final

3.3.5. Aplicação do sistema de posicionamento (Encoder)

Um *encoder*, no contexto de automação e robótica, é um dispositivo que converte o movimento (angular ou linear) num sinal eletrónico que pode ser utilizado para determinar a posição, velocidade ou direção do movimento de uma peça ou máquina.

Para o projeto utilizou-se um *encoder* incremental, pois este gera um sinal elétrico cada vez que uma unidade de movimento ocorre, mas não mantém a posição absoluta após a

perda de energia. Ele é útil para monitorizar movimentos que não requerem referência de posição inicial.

Outro desafio enfrentado na implementação do *Poka Yoke* relacionou-se com a programação do *encoder* para assegurar o tamanho do perfil utilizado. Isso aconteceu devido às vibrações que ocorriam durante o processo de costura, às variações na velocidade de costura por parte dos operadores e às diferentes abordagens de costura adotadas pelos operadores em diferentes turnos. Resolver essa questão tornou-se uma tarefa verdadeiramente desafiadora. O *encoder* mede o tamanho do perfil através de impulsos eléctricos que são transmitidos por sinais ao autómato. A programação foi realizada através de um processo de tentativa e erro, ou seja, foi necessário pedir ao operador que costurasse o mesmo perfil com um tamanho específico várias vezes para determinar o intervalo de impulsos adequado para a programação. Este processo teve de ser repetido para todos os perfis controlados em termos de tamanho (Figura 30).

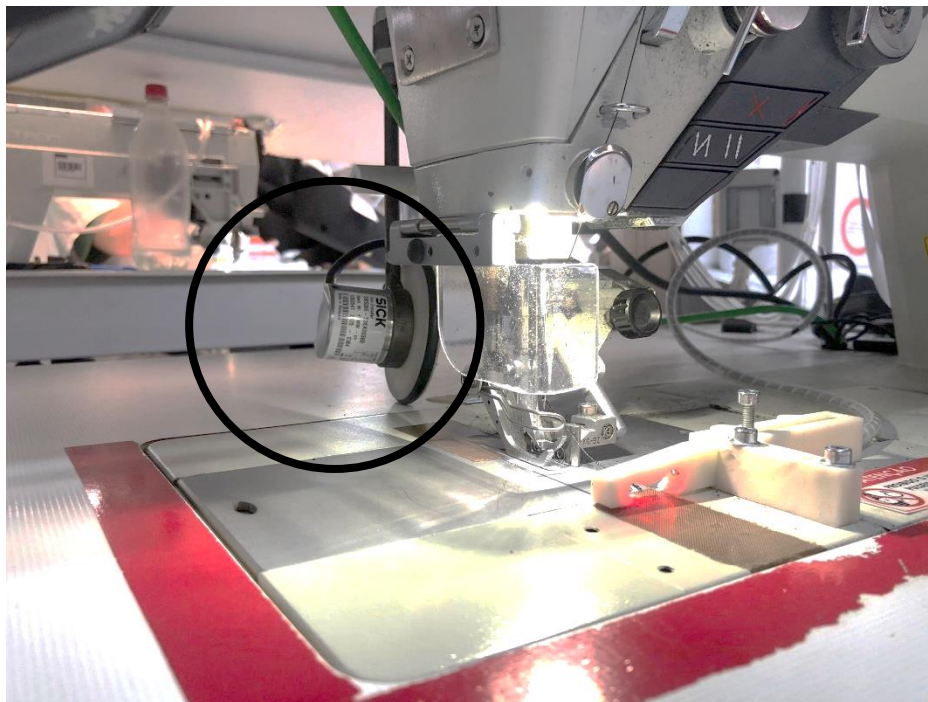


Figura 33-Encoder utilizado para medição de tamanho de perfil

3.4. Caso de Estudo *Poka Yoke* UAPA -Falta/troca de arame no suporte da capa

O segundo caso de estudo, foi replicado as metodologias e ferramentas aplicada anteriormente, no estudo de caso 1. Na sequência de uma reunião de FMEA (Figura 31), onde participaram os departamentos de qualidade, engenharia e produção, foram encontrados vários pontos a melhorar no processo de costura. A partir desta análise colaborativa, decidiu-se pela implementação de um sistema *Poka Yoke*, com o propósito de controlar meticulosamente o número de perfis costurados em cada capa. Este mecanismo de controlo de qualidade, delineado com base nos *insights* recolhidos durante o FMEA, visa assegurar que a quantidade correta de perfis seja aplicada consistentemente, minimizando assim o risco de erros e garantindo a conformidade com os parâmetros de qualidade estabelecidos.

Process Step definition (PFMEA)	POTENTIAL FAILURE		Severity	Class	KPC nb	Potential Cause of failure	Occurrence	KCC nb	Design validation (D-FMEA)		Detection	RPN
	MODE	EFFECT							Process controls (P-FMEA)			
									Prevention	Detection		
Costura de Perfis de Montagem	Falta de perfis	Capa não conforme às especificações - Impossibilidade de montar a capa na linha do cliente.	6			Processo manual de costura Sem respeito pelo fluxo	3		IT do Posto 1ª Peça OK PY Auto controlo pelo fluxo Controlo final	Visual	7	126

Figura 34-Extrato do FMEA caso de estudo 2

3.4.1. Desenvolvimento e aplicação de um sistema *Poka Yoke*

O mecanismo operacional do sistema *Poka Yoke*, à semelhança do caso de estudo anterior, através do uso de uma pistola de leitura, identifica-se a referência específica de cada capa, o que por sua vez permite determinar o número exato de costuras a serem aplicadas. Este

processo assegura que apenas o número necessário de costuras seja efetuado, evitando tanto a insuficiência quanto o excesso na produção.

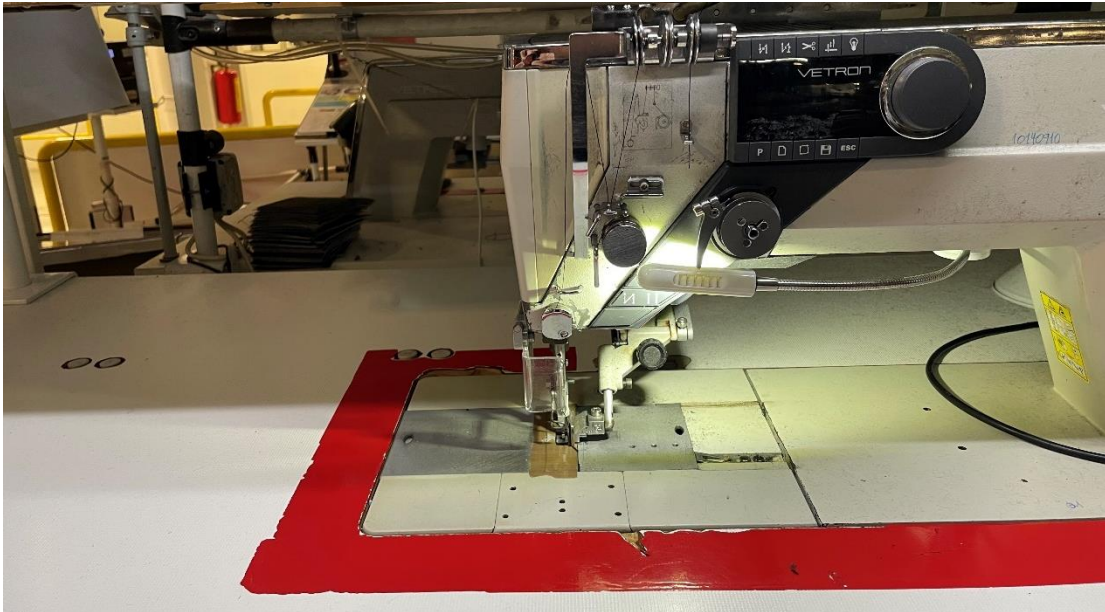


Figura 35-Poka Yoke aplicado em máquina de costura

A implementação do sistema *Poka Yoke* no último posto de costura de perfis, onde são costurados a maior parte dos perfis à capa, resultou numa significativa melhoria quantificada pela redução do Risco Prioritário de Números (RPN) de 126 para 84. Este sistema foi aplicado no último posto de trabalho, o que limitou o seu alcance total. Apesar disso, a sua introdução no posto selecionado demonstrou uma eficácia notável na redução de defeitos e na melhoria da consistência do processo.

Recommended Corrective Actions		Action taken	Status of action	Forecasted new RPN				RPN checked after actions implemented			
Nº	Description			S	O	D	RPN	S	O	D	RPN
	Implementação do sequenciador de costuras no posto de trabalho	Implementação de Poka Yoke sequenciador de costura	Implementado	6	3	7	84	6	2	7	84

Figura 36-Extrato do FMEA Caso de estudo 2

3.4.2. Desenvolvimento da ferramenta 8D

Neste projeto na UAPA, surgiu uma variável adicional que influencia diretamente o processo de montagem das capas no cliente: a inclusão de um arame metálico destinado à fixação da capa ao banco do automóvel, que é adicionado à capa durante o processo de costura. Existem dois tipos de arames, diferenciando-se principalmente pelo comprimento — um é ligeiramente mais curto, enquanto o outro é mais longo, com uma diferença aproximada de 2cm entre ambos. Esta disparidade, embora mínima, tem sido fonte de erros ocasionais, resultando na troca de arames entre as capas. Adicionalmente, observou-se que, em certas ocasiões, o arame não era incorporado à capa conforme necessário.

Após identificar as não conformidades relacionadas com a troca e a omissão dos arames metálicos nas capas, a equipa decidiu avançar com a elaboração de uma metodologia 8D. Através do processo 8D (Anexo D), a empresa procura não apenas resolver o problema específico dos arames metálicos, mas também fortalecer os seus processos de qualidade e a capacidade de resposta a desafios futuros, garantindo a entrega de produtos que atendam consistentemente às expectativas dos clientes.

3.4.3. Desenvolvimento do *Poka Yoke*

Decorrente do método *8D*, identificou-se a necessidade de desenvolver um sistema *Poka Yoke* para incluir um mecanismo capaz de verificar a presença e o tamanho do arame, evitando assim trocas durante o processo produtivo.

Para alcançar este objetivo, o sistema *Poka Yoke* tem de incluir quatro sensores indutivos. Estes sensores são responsáveis por detetar a presença do arame nas capas e verificar se o tamanho corresponde ao especificado, garantindo assim a correta montagem e evitando trocas ou omissões no processo de produção.

Foram aplicados 4 sensores; dois mais próximos e os outros dois à distância certa para que pudessem controlar a diferença entre os dois tipos de arames. O primeiro sensor servia para controlar a posição inicial, sempre que esse sensor é acionado a máquina não permite costurar (Figura 34) para evitar que seja colocado um arame grande e fazer passar por um pequeno.



Figura 37-Arame mal colocado

O segundo sensor é o sensor que tem de estar sempre ativo, pois indica que o arame está lá colocado e na posição correta.

Os outros dois sensores servem para fazer a distinção entre o tamanho dos arames. Se tiver sido acionado o terceiro sensor e o quarto não, significa que o arame tem 280mm (Figura 35); se a referência de capa tiver um arame dessa medida, a máquina vai permitir iniciar o processo de costura, caso contrário não permite o processo iniciar.

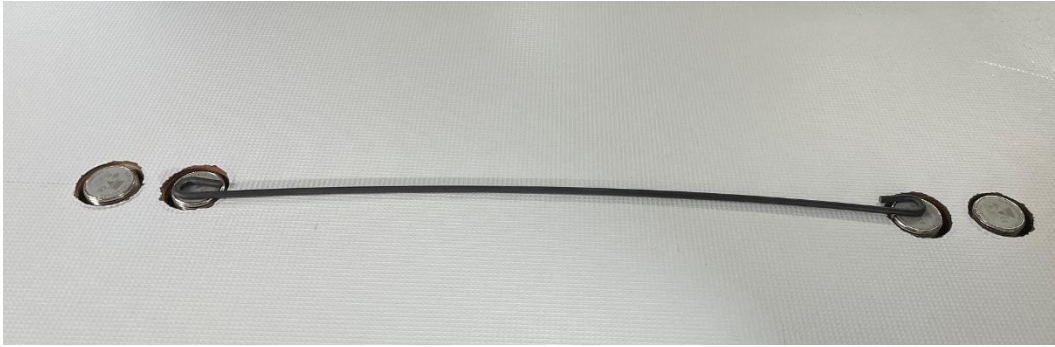


Figura 38-Arame 280mm bem colocado

O quarto sensor, se estiver ativo, significa que o arame tem 300mm; se a referência em causa levar esse arame, a máquina permite costurar, caso contrário fica bloqueada (Figura 36).



Figura 39-Arame 300mm colocado corretamente

Após a implementação do sistema *Poka Yoke*, decidiu-se realizar um novo FMEA para avaliar o impacto desta mudança no Risco Prioritário de Números (RPN). A análise revelou uma diminuição significativa do RPN, que caiu de 126 para apenas 12. Esta redução notável demonstra a eficácia das medidas adotadas de prevenção de erros e reforça a importância de revisões contínuas e melhorias nos processos para garantir a qualidade e segurança dos produtos.

4. Análise e resultados da aplicação dos sistemas de *Poka-Yoke*

Neste capítulo, far-se-á um resumo dos resultados obtidos nos dois casos de estudo com a implementação dos *Poka Yokes*, apresentando também algumas ações de melhoria para ambos os casos estudados.

4.1. Caso de estudo *Poka Yoke* UAPB

No que concerne ao primeiro caso de estudo, a elaboração de um guia e a adaptação de um *encoder* para assegurar o controlo e a garantia de que o perfil é o correto revelaram-se medidas de grande êxito. Não só se verificou uma melhoria significativa no controlo de qualidade, mas também se assistiu à *standardização* do posto de trabalho. Com estas intervenções, as costuras dos componentes da capa passaram a ser executadas sempre pela mesma sequência, independentemente do turno ou do operador envolvido. Este resultado não apenas sublinha a eficácia dos *Poka Yokes* na minimização de erros e na melhoria de processos, mas também evidencia a sua contribuição para a uniformização e previsibilidade da produção.

No Gráfico 1 podem verificar-se os resultados da implementação do *Poka Yoke*; estes dados foram retirados do *input* do posto de controlo de qualidade interno. Foi feita a comparação de defeitos no mesmo intervalo de tempo, de um mês, antes e depois da implementação do sistema.

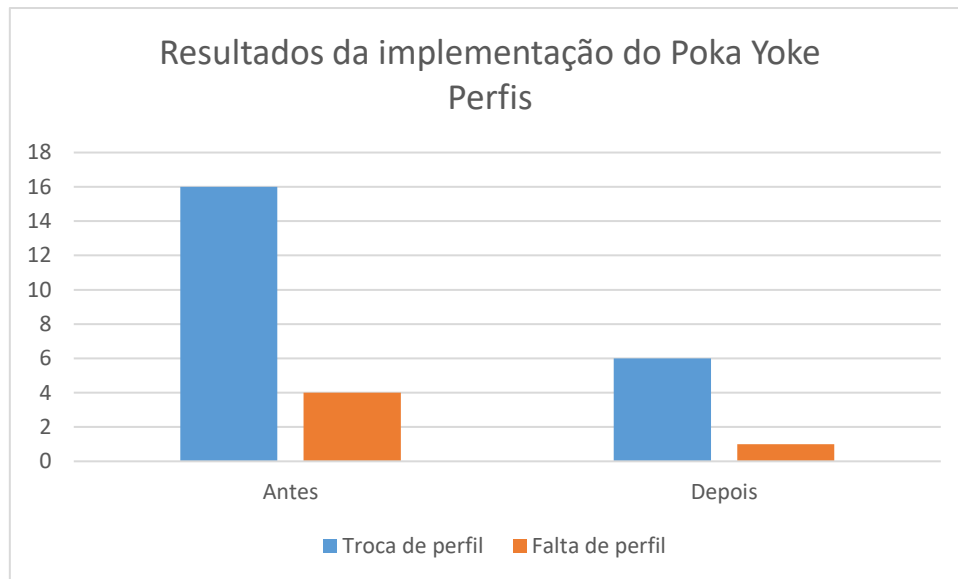


Gráfico 1-Resultado da implementação do Poka Yoke Perfis

Constatou-se uma notória melhoria na incidência de não conformidades, com particular destaque para as categorias "Troca de perfil" e "Falta de perfil". A análise comparativa dos dados recolhidos antes e após a implementação dos *Poka Yokes* evidenciou uma diminuição na ordem dos 62,5% nas ocorrências de "Troca de perfil". Relativamente à "Falta de perfil", verificou-se uma redução de erros ainda mais pronunciada, correspondente a uma melhoria percentual de 75,0%. Estes resultados quantitativos evidenciam a eficácia das medidas preventivas adotadas e salientam a relevância destes sistemas na melhoria dos procedimentos produtivos, enfatizando o valor inestimável dos *Poka Yokes* como instrumentos de melhoria contínua no âmbito da indústria.

Relativamente à *standardização* dos processos, registou-se igualmente um avanço significativo. Tal como mencionado anteriormente, alcançou-se uma uniformização do procedimento de costura naquele posto de trabalho, aplicável a qualquer operador e em qualquer turno. Com a implementação do controlo de tamanho do perfil, impôs-se uma sequência específica de operações, forçando os operadores a seguir uma ordem de costura predefinida. Este procedimento é claramente ilustrado na figura subsequente, demonstrando a efetividade da intervenção no sentido de padronizar a atividade e minimizar a variabilidade do processo.

Nº	ELEMENTARY OPERATIONS
1	MP: Pegar na capa Inserir o arame no tnt e costurar fecho do mesmo
2	MP: Pegar na capa Autocontrolo específico à conformidade da colocação do arame
3	MP: Pegar no perfil Costurar perfil 60mm na capa
4	MP: Pegar no perfil Costurar perfil 100mm na capa
5	MP: Pegar no perfil Costurar perfil 75mm
6	MP: Pegar no perfil Costurar perfil 170mm na capa
7	MP: Pegar no perfil Costurar perfil 310mm na capa
8	MP: Pegar no perfil Costurar perfil 610mm na capa
9	MP: Pegar no perfil Costurar perfil 480mm na capa
10	MP: Pegar no perfil Costurar perfil 630mm na capa
11	MP: Pegar no papilote Costurar papilote na capa

Figura 40- Sequência de costura

Os resultados obtidos são indicadores claros de uma maior eficiência na produção, resultante da diminuição da necessidade de retrabalho. A introdução dos *Poka Yokes* traduziu-se numa redução notória no número de paragens da linha, contribuindo para um processo de produção mais fluido e contínuo. Além disso, a definição correta e rigorosa de procedimentos de trabalho minimizou a incerteza na execução das tarefas, o que por sua vez levou a uma redução substancial no desperdício de materiais (*scrap*). Estas melhorias refletem-se não só na qualidade do produto final, mas também na otimização do tempo e dos recursos empregues na fabricação, evidenciando o impacto positivo e a relevância das estratégias de prevenção de falhas no contexto industrial.

No balanço final do projeto do *Poka Yoke*, tivemos um investimento em material e equipamento de 380€ sendo a sua implementação realizada internamente, o que permitiu poupar a empresa aproximadamente 2600€, caso a solução tivesse sido implementada por um fornecedor externo.

4.1.1. Análise da aplicação dos sistemas e propostas de melhoria no 1º caso de estudo

Após a implementação do guia e do *encoder* no sistema *Poka Yoke*, conseguiram-se eliminar as trocas indevidas de perfis entre as medidas de 630 mm e 610 mm com os de 480 mm que são utilizados na capa. No entanto, continuaram as dificuldades na distinção entre os perfis de 630 mm e 610 mm, uma vez que, por vezes, ocorriam ainda trocas entre estes. Esta situação impeliu a equipa a realizar uma sessão de *brainstorming*, com o intuito de gerar ideias para potenciais soluções para aquela questão específica. Para a análise e pesquisa de soluções para este problema, foi utilizada uma ferramenta de “*design criativo*”, que permitiu estruturar o problema e documentar de forma concisa as potenciais soluções e as ações a tomar.

BRAINSTROMING DESIGN

P1UO SASAL PY 3D printed guide, optical fiber & new encoder


Título:	Troca de perfis 630/610mm	
Current Status <small>What is the state of the phenomenon/topic today?</small>	Change <small>How has the phenomenon/topic been changing in recent years? Are there any rising trends changing or challenging the status quo or the current state of the phenomenon/topic?</small>	Question(s) <small>What interesting questions are still unanswered? What aspects should be explored more from future's point of view?</small>
O operador é encarregue de fazer a separação dos perfis e seguir o standard de costura de perfis na capa. Existe poka yoke para controlar o nº de perfis da capa mas não garante o tamanho.	Aplicação de encoder e guia impresso em 3d no poka yoke que vai permitir não só garantir a forma correta do perfil a costurar bem como o tamanho.	O sistema é infalível ? O encoder tem capacidade para distinguir um perfil com 20mm de diferença ? Podemos arranjar uma forma mais eficiente ?
		Coordinator: ANDRÉ ALMEIDA

Figura 41-Definição de problema - troca de perfis

Com base nos resultados do *brainstorming*, que envolveu vários departamentos, emergiram algumas ideias promissoras para resolver o problema da troca de perfis. Foram sugeridas as seguintes soluções:

1. Designar uma máquina específica para cada um dos tamanhos de perfis que estavam a causar problemas, nomeadamente para os pares de tamanhos (630mm – 610mm) e (480mm – 500mm);
2. Implementar um sistema de visão artificial para reconhecimento automático dos perfis;
3. Instalar sensores de peso para detetar e diferenciar os perfis com base no seu peso;
4. Desenvolver um sistema a laser capaz de identificar o tamanho do perfil no processo de costura;
5. Utilizar batentes como método físico para limitar ou guiar a colocação correta dos perfis.

Das ideias apresentadas, as três últimas — sensores de peso, sistema a laser e utilização de batentes — foram consideradas as mais viáveis e fáceis de serem implementadas na empresa. Estas soluções destacaram-se pela sua capacidade de integração no ambiente operacional existente e pelo potencial de resolução eficiente para o problema identificado, com um impacto positivo na precisão e na qualidade do processo produtivo, estas possíveis soluções ainda não foram testadas nem implementadas.

4.2. Caso de estudo *Poka Yoke* UAPA

No segundo caso de estudo, que incidiu sobre a implementação de sensores indutivos na máquina de costura, obteve-se um resultado francamente positivo, conforme é evidente pelo Gráfico 2. O êxito desta iniciativa não se manifestou unicamente nos resultados quantitativos da produção, mas igualmente na percepção dos operadores, cujo retorno foi extremamente positivo. A facilidade de utilização dos sensores e a consequente eficácia na prevenção de erros emergiram como aspetos valorizados pelos trabalhadores. Estes dispositivos, garantindo a execução correta das tarefas e minimizando as possibilidades de falha, não só elevam a qualidade do processo de costura como também incrementam a confiança dos operadores nas suas atividades profissionais.

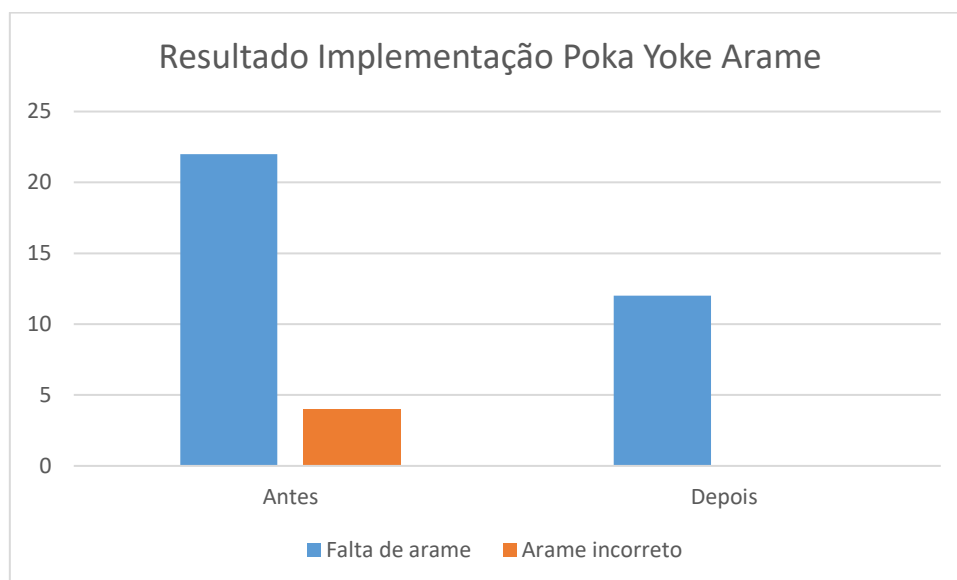


Gráfico 1-Resultado da implementação do Poka Yoke Arame

Os resultados de um espaço de tempo de um mês, indicam uma melhoria considerável. No caso da "Falta de arame", observou-se uma redução de 22 ocorrências para 12, o que traduz uma melhoria de cerca de 45,45%. Esta melhoria sugere que os procedimentos implementados foram eficazes, embora ainda haja espaço para melhorar, visto que o defeito não foi totalmente erradicado.

Por outro lado, no que se refere ao "Arame incorreto", houve uma eliminação total das ocorrências, passando de 4 para 0. Isso representa uma melhoria de 100%, demonstrando que as intervenções realizadas foram totalmente eficazes na resolução deste problema específico.

Estes resultados refletem não só a eficácia das soluções *Poka Yoke* aplicadas, mas também a importância de monitorizar continuamente os processos de produção para identificar oportunidades de melhoria e implementar correções de forma efetiva.

4.2.1. Análise da aplicação dos sistemas e propostas de melhoria no 2º caso de estudo

A principal dificuldade enfrentada surgiu quando se concebeu a ideia de controlar o tamanho do arame através de sensores indutivos, uma vez que ainda não se tinha definido como garantir essa precisão. Inicialmente, foi pensado que apenas três sensores seriam suficientes para os dois tamanhos diferentes de perfis. No entanto, rapidamente se percebeu que um arame grande poderia facilmente passar por um pequeno com apenas três sensores indutivos. Foi então que se chegou a conclusão de que seriam necessários quatro sensores para garantir um controlo eficaz. A partir desse ponto, a maior dificuldade enfrentada foi a programação para todas as referências.

Após a implementação do *Poka Yoke*, identificou-se uma dificuldade adicional relacionada com a possibilidade de ocorrência de falhas intencionais ou inadvertidas que poderiam contornar os mecanismos estabelecidos de prevenção de erros uma vez que, sendo sensores indutivos qualquer peça metálica os ativa. Diante desta constatação, foi utilizado de uma forma inovadora para a indústria automóvel, uma ferramenta de “design criativo” complementado por uma sessão de *brainstorming*, com o intuito de aprofundar a análise do problema. Esta estratégia permitiu a inclusão de perspetivas diversificadas, através da participação ativa de vários departamentos da organização. Como resultado, procurou-se desenvolver e implementar uma solução mais robusta e fiável, capaz de mitigar a possibilidade de ocorrência de falhas que pudessem comprometer a eficácia do sistema *Poka Yoke*.

Título: Capas sem arame ou com troca de arames		
Current Status <i>What is the state of the phenomenon/topic today?</i> O operador é encarregue de fazer a separação dos perfis e seguir o standard de costura de perfis na capa. Existe poka yoke para controlar o nº de perfis da capa mas não garante o tamanho.	Change <i>How has the phenomenon/topic been changing in recent years? Are there any rising trends changing or challenging the status quo or the current state of the phenomenon/topic?</i> Aplicação de poka yoke que através de sensores indutivos vai garantir a presença do arame e o tamanho.	Question(s) <i>What interesting questions are still unanswered? What aspects should be explored more from future's point of view?</i> Existe possibilidade de "enganar" o poka yoke? Conseguimos diminuir o tempo de produção? O sistema é infalível?

faurecia
inspiring mobility

Coordinator: ANDRÉ ALMEIDA

Figura 42-Definição do problema - troca de arames

Potenciais ações para o problema da troca de arames:

1. Implementação dos tapetes separadores dos arames;
2. implementação de um mini projetor e câmara que indicaria a posição dos arames existindo um maior controlo;
3. Sensores controladores "pick to light";
4. Suporte de abastecimento de cada arame;
5. Controlo magnético.

Potenciais ações para o problema da produção de capas sem arame;

1. Controlo de peso ou cor;
2. Costura da bolsa através do controlo sensorial da presença dos arames.

Na sequência do *brainstorming* realizado, foram identificadas várias ações potenciais para prevenir a troca indevida de arames, com especial ênfase na utilização de sensores "pick to light" e no controlo magnético. Os sensores "pick to light" são dispositivos que facilitam a localização e a seleção de itens em processos de montagem ou de

armazenamento, através de luzes LED que se acendem para indicar o local exato do item que deve ser recolhido pelo operador. Esta tecnologia visa minimizar erros, melhorando a precisão e a eficiência na seleção de peças.

O controlo magnético, por sua vez, refere-se ao uso de propriedades magnéticas para identificar ou segurar objetos. No contexto da prevenção de troca de arames, isso pode envolver o uso de sensores capazes de detetar características magnéticas específicas dos arames, assegurando que apenas o tipo correto seja utilizado em cada fase do processo de montagem.

Para prevenir a ocorrência de capas sem arame, a implementação de um sistema de controlo de peso apresenta-se como uma solução eficaz. Este sistema envolve a pesagem de cada capa após a inserção do arame, comparando o peso observado com um valor de referência predeterminado. Se o peso de uma capa estiver abaixo do esperado, isto indica que o arame pode não ter sido inserido, desencadeando um alerta para a realização de verificações adicionais ou correções. Este método assegura que todas as capas contenham arame, eliminando o risco de processar capas vazias e mantendo a integridade do produto final, estas possíveis soluções ainda não foram testadas nem implementadas.

5. Conclusão

O presente capítulo apresenta as conclusões e comentários finais acerca do trabalho desenvolvido. Nele, são abordados os principais resultados alcançados e as implicações práticas do estudo. A partir dos estudos de caso elaborados, são feitas recomendações para a aplicação prática das ferramentas e métodos estudados, destacando os potenciais benefícios para a melhoria contínua e a eficiência dos processos. Além disso, são discutidas as limitações encontradas ao longo da investigação, bem como as oportunidades de otimização que ainda poderão ser exploradas. São também sugeridos ajustes que podem ser implementados para maximizar a eficácia das metodologias abordadas. Por fim, são apresentadas propostas para projetos futuros no âmbito do *Lean* e do *Poka Yoke*, salientando a importância da sua integração em diferentes setores da indústria e os ganhos em termos de qualidade e redução de erros.

5.1. Considerações finais

A indústria automóvel é cada vez mais competitiva, tornando incontornáveis a necessidade de melhoria da qualidade do produto e a otimização de processos. A qualidade é um fator de diferenciação crucial no mercado, assumindo um papel preponderante nas políticas empresariais atuais. Para alcançar este objetivo, as empresas estão a adotar a metodologia *Lean e as suas ferramentas*, como o *Poka Yoke*, que são sistemas anti erros capazes de aumentar significativamente a garantia de qualidade do produto. Na conclusão deste trabalho de projeto pode afirmar-se que os objetivos definidos no início foram atingidos, nomeadamente foram desenvolvidos e aplicados nas linhas de produção dois sistemas *Poka Yoke*, com resultados positivos devidamente verificados.

Comprovou-se, no primeiro estudo de caso, a diminuição na ordem dos 62,5% nas ocorrências de "Troca de perfil". Relativamente à "Falta de perfil", verificou-se uma

redução de erros ainda mais pronunciada, correspondente a uma melhoria percentual de 75,0%.

Relativamente ao segundo caso de estudo, na "Falta de arame", observou-se uma redução, no período em análise, de 22 ocorrências para 12, o que traduz uma melhoria de cerca de 45,45%. Por outro lado, no que se refere ao "Arame incorreto", houve uma eliminação total das ocorrências, passando de 4 para 0. Isso representa uma melhoria de 100%, demonstrando que as intervenções realizadas foram totalmente eficazes na resolução deste problema específico.

No final do trabalho dos dois casos de estudo, concluímos que as metodologias e ferramentas aplicadas foram extremamente úteis para a resolução dos problemas e que por isso tiveram o impacto na qualidade dos produtos finais da empresa em estudo.

Estes resultados refletem não só a eficácia das soluções *Poka Yoke* aplicadas, mas também a importância de monitorizar continuamente os processos de produção para identificar oportunidades de melhoria e implementar correções de forma efetiva.

5.2. Trabalhos Futuros

No final deste trabalho de projeto sugerem-se algumas ideias de trabalhos futuros, nomeadamente:

Desenvolver outros sistemas de posicionamento (*Poka Yokes*) para outros postos de trabalho em ambas as linhas.

Alargar o uso da metodologia *8D* para outros problemas nos postos de trabalho

Estudar algumas das soluções apresentadas com a metodologia de "design criativo" para a sua implementação, nomeadamente:

Comunicação dos trabalhos feitos e resultados às linhas de produção, como forma de explicar os trabalhos desenvolvidos e de envolver os colaboradores da produção nas soluções encontradas.

Estudo de caso UAPB:

- Alocação de uma máquina específica para cada um dos tamanhos de perfis que estavam a causar confusão, nomeadamente para os pares de tamanhos (630mm – 610mm) e (480mm – 500mm);
- Implementação de visão artificial para reconhecimento automático dos perfis;
- Instalação de sensores de peso para detetar e diferenciar os perfis com base no seu peso;
- Desenvolvimento de um sistema a laser capaz de identificar o tamanho do perfil em processo de costura;
- Utilização de batentes como método físico para limitar ou guiar a colocação correta dos perfis.

Estudo de caso UAPA:

- Implementação dos tapetes separadores dos arames;
- implementação de um mini projetor e câmara que indique a posição dos perfis existindo um maior controlo;
- Sensores controladores “*pick to light*”;
- Suporte de abastecimento de cada arame;
- Controlo magnético;
- Existência de capas sem arame;
- Controlo de peso ou cor;
- Costura da bolsa através do controlo sensorial da presença dos arames;

No decorrer deste projeto foram encontrados obstáculos ou dificuldades, tais como a escassez de recursos, nomeadamente tempo, mas principalmente a resistência à mudança por parte dos operadores na implementação dos novos modos de operação. Com alguma persistência e formação os principais obstáculos foram ultrapassados, de forma que atualmente as pessoas que mais entropia criaram, neste momento são as que mais usufruem e se sente beneficiadas, principalmente por se sentirem mais seguras durante o processo de produção. Desta forma, espera-se que o trabalho desenvolvido seja também motivador para todos os colaboradores e que tenha uma evolução positiva contínua.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Accept. (2023, janeiro 19). PDCA: Plan-Do-Check-Act (repeat) ∩ - blog Accept. <https://www.accept.pt/pdca-plan-do-check-act/>

Al Ayyubi, M. C., Mahmudah, H., Saleh, A., & Rachmadi, R. R. (2020). Implementation of Poka-Yoke System to Prevent Human Error in Material Preparation for Industry. 2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA), 273–278. <https://doi.org/10.1109/ISITIA49792.2020.9163707>

Andrew, L. M. (2006). A lean route to manufacturing survival. *Assembly Automation*, 26, 265–272.

Antony, J., & Banuelas, R. (2002). Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. *Measuring Business Excellence*, 6(4), 20–27. <https://doi.org/10.1108/13683040210451679>

Bendell, T., Ishikawa, T., Yoshida, T. (1995). "Design for manufacturability: The effects of "poka-yoke" and teamwork in product development," *California Management Review*, Vol. 37, No. 4, pp. 55-79.

Antunes, M. D. da S. (2020). Metodologia LEAN aplicada a uma indústria automóvel [masterThesis]. <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/6342>

Carlson, C. S. (2012). *Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes using Failure Mode and Effects Analysis*. John Wiley & Sons.

Cesar, F. I. G., & Makiya, I. K. (2020). Avaliação de riscos utilizando a ferramenta FMEA reverso (RFMEA): Estudo de caso em uma empresa do ramo autopeças.

Costa, J. (2024). Resolução de Problemas. Que metodologia adotar? ATEC - Academia de Formação. <https://www.atec.pt/artigos-tecnicos/resolucao-de-problemas-que-metodologia-adotar.html>

Coutinho, T. (2020, outubro 1). Poka Yoke? Saiba os benefícios e como aplicar na sua empresa. Blog Voitto. <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-poka-yoke>

Cunha, R. (2023, março 5). (27) RPN no FMEA: Entendendo o Número de Prioridade de Risco | LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/rpn-fmea-entendendo-o-n%C3%BAmero-de-prioridade-risco-rafael-cunha/>

Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*

Dennis, P. (2007). *Lean production simplified*. New York: Productivity Press

Dudek-Burlikowska, M., & Szewieczek, D. (2009). The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 36.

Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>

Ishikawa, K., & Douchy, J. M. (1985). *Guide to quality control*. Dunod.

Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota way fieldbook: A practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill.

Marques, J. P. C. P. S. (2014). *Aplicação da metodologia Poka-Yoke*.

Mcgee, J. (2005). "Implementing Poka-Yoke," *Quality Progress*, Vol. 38, No. 4, pp. 39-44.

Mikulak, R. J., McDermott, R., & Beauregard, M. (2017). *The Basics of FMEA*. CRC Press.

Nogueira, L. J. M. (2010). *Melhoria da Qualidade através de Sistemas*.

Nortegubisian. (2018, abril 12). *Sistemas à Prova de Erros (Poka Yoke)*—Nortegubisian. <https://www.nortegubisian.com.br/blog/sistemas-a-prova-de-erros-poka-yoke/>

Paula, O. M. de. (2017, julho 7). *Método A3: Simples e eficiente para a solução de problemas*. Excelência em Pauta. <https://excelenciaempauta.com.br/metodo-a3-solucao-simples/>

Rawabdeh, I. A. (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25, 800– 822

Rother, M. (2009). *Toyota kata: Gerenciando pessoas para melhoria, adaptabilidade e resultados excepcionais*. Bookman Editora. <https://scholar.google.com/scholar?cluster=3499773515348162277&hl=en&oi=scholar>

Santos, G. (2018, setembro). Relatório A3, mais uma ferramenta Lean para ajudar nas «oportunidades». Relatório A3, mais uma ferramenta Lean para ajudar nas «oportunidades». <https://manutencaoindustrialmoderna.blogspot.com/2018/12/relatorio-a3-mais-uma-ferramenta-lean.html>

Shimbun, N. K. (1989). Poka-Yoke: Improving Product Quality by Preventing Defects. CRC Press.

Shingo, S. (1986). Zero quality control: Source inspection and the Poka-Yoke system. Productivity Press.

Shook, J. (2008). Managing to Learn: Using the A3 Management Process to Solve Problems, Gain Agreement, Mentor and Lead. Lean Enterprise Institute.

Soares, V. (2024, junho 25). Diagrama de Ishikawa: O que é, para que serve e como usar. Na Prática. <https://www.napratica.org.br/diagrama-de-ishikawa/>

Stamatis, D. H. (2003). Failure Mode and Effect Analysis. Quality Press.

Vidor, G., & Saurin, T. A. (2011). Conceitos e características de sistemas poka-yokes: Uma revisão de literatura. Revista Produção Online, 11(2), Artigo 2. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v11i2.644>

Vieira, S. M. O., & Lopes, R. B. (2019). Improving production systems with lean: A case study in a medium-sized manufacturer.

Zambon, L. (2009). Metodologias para Melhoria de Qualidade – FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) | MedicinaNET. https://www.medicinanet.com.br/conteudos/qualidade-e-seguranca/2330/metodologias_para_melhoria_de_qualidade_%E2%80%93_fmea_failur_e_modes_and_effects_analysis.htm

ANEXOS

ANEXO A

8D CASO ESTUDO 1

- **D2-Descrição do problema**

_ Operador costurou 2 perfis iguais (630) em vez de trocar para o perfil mais pequeno (610);

FOTOS DO NOK /OK



Figura 21- Perfil NOK e Perfil OK

[Fonte: Forvia (2024)]

- **D3 Ações corretivas**

-Operador em formação no posto;

- **D4 – 5 PORQUÊS - Ocorrência**

Tabela 1: Análise de Causa (5 Porquês) – Operadora costurou perfis iguais

5 Porquês-1	Detalhe
Problema	Operadora costurou 2 perfis iguais (630mm) em vez de trocar para o perfil menor (610mm)
OK?	Perfil 610mm
NOK?	Perfil 630mm
Standard?	OK

Tabela 2: Método Operatório NOK

Porquê?	Método Operatório NOK	
	OK?	Costurou perfil de 610mm.
	NOK?	Costurou perfil de 630mm no lugar de 610mm.
	Standard?	OK

Tabela 3: Operadora retirou dois perfis da mesma referência

Porquê?	Operadora retirou dois perfis da mesma referência	
	OK?	1 perfil 630mm e 1 perfil 610mm.
	NOK?	2 perfis de 630mm.
	Standard?	OK

Tabela 4: Operadora não cumpria 100% com a Estratégia de Trabalho Eficiente (ETE)

Porquê?	Operadora não cumpria 100% com a ETE	
	OK?	Cumpriu com o ETE
	NOK?	Não cumpriu com o ETE
	Standard?	OK

Tabela 5: Definição da Capa

Porquê?	Definição da Capa	
	OK?	Básicos OK, não permite costurar o perfil no sítio errado.
	NOK?	Básicos OK, permite costurar o perfil no sítio errado.
	Standard?	NOK

- **D4 – 5 Porquês - Detecção**

Tabela 1: Análise de Causa (5 Porquês) – Operadora costurou perfis iguais

5 Porquês-1	Detalhe
Problema	Operadora costurou 2 perfis iguais (630mm) em vez de trocar para o perfil menor (610mm)
OK?	Perfil 610mm
NOK?	Perfil 630mm
Standard?	OK

Tabela 2: Operadora costurou dois perfis da mesma referência

Porquê?	Operadora costurou dois perfis da mesma referência	
	OK?	Perfil 610mm
	NOK?	Perfil 630mm
	Standard?	OK

Tabela 3: Modo backup NOK

Porquê?	Modo backup NOK	
	OK?	Controlo do perfil correto
	NOK?	Controlo de presença de perfil
	Standard?	NOK

Tabela 4: Standard definido para controlo da presença do perfil correto em modo backup insuficiente

Porquê?	Standard definido para controlo da presença do perfil correto em modo backup insuficiente	
	OK?	Controlo do perfil correto
	NOK?	Controlo de presença de perfil
	Standard?	NOK

Para conclusão final para as causas por falha de deteção, foi concluído o seguinte:

**Standard definido para controlo da presença do perfil correto em modo backup
insuficiente**

Por último é feito uma conclusão final da análise das falhas e as ações a serem feitas (que neste caso resultou na necessidade de desenvolver um *Poka Yoke*)

- **D5 – Validação das ações corretivas**

Gap em formação em capa nova;
Primeiros dias de produção;
Costura de 2 perfis de 630 em vez de 610mm;
Perfil alinhado nos rasgos;
Defeito novo.

De seguida, no passo 6 definiu-se as ações corretivas:

D6 Definição das ações corretivas

Nº Ação	Ação
1	Alteração da definição da capa, adicionar duas picas no tnt para alinhar com as marcas do perfil 610mm
2	Atualizar Instrução de trabalho
3	Formar operadores
4	Auditoria ao standard de trabalho
5	Alteração do modo de controlo, descrever como se controla a presença dos perfis corretos.

ANEXO B

Desenho Técnico do Suporte do Guia

ANEXO C

Desenho Técnico do Guia

ANEXO D

8D CASO DE ESTUDO 2

- **D2-Descrição do problema**

-Operador trocou o arame por outro arame de referência diferente.

OK



NOK



Figura 35- Arame tamanho OK e Arame tamanho NOK

[Fonte: Forvia (2024)]

- **D3 Ações corretivas**

- Reunião com a equipa explicando o problema;

-Assinatura dos operadores no alerta em como tiveram conhecimento do problema;

-Operadores do posto de Controlo final verificam a conformidade do arame, verificando que este não é maior que o TNT preto costurado na capa e que não fica justo ao mesmo.

- **D4 – 5 PORQUÊS - Ocorrência**

Tabela 1: Análise de Causa (5 Porquês) – Operadora trocou arame por outro de referência diferente

5 Porquês-1	Detalhe
Problema	Operador trocou o arame por outro arame de referência diferente.
OK?	Arame 300mm
NOK?	Arame 280mm
Standard?	OK

Tabela 2: Método Operatório NOK

Porquê?	Método Operatório NOK	
OK?		Inserir arame de 300mm.
NOK?		Inseriu arame de 200mm.
Standard?		OK

Tabela 3: Operadora inseriu arames da referência errada

Porquê?	Operadora inseriu arames da referência errada	
OK?		Inserir arame de 300mm
NOK?		Inseriu arame de 200mm
Standard?		OK

Tabela 4: Operadora não cumpria 100% com a Estratégia de Trabalho Eficiente (ETE)

Porquê?	Operadora não cumpria 100% com a ETE	
OK?		Cumpriu com o ETE
NOK?		Não cumpriu com o ETE
Standard?		NOK

Tabela 5: Definição da Capa

Porquê?	Definição da Capa	
	OK?	Básicos OK, não permite inserir arame errado.
	NOK?	Básicos OK, permite inserir o arame no sítio errado.
	Standard?	NOK

- **D4 – 5 Porquês - Detecção**

Tabela 1: Análise de Causa (5 Porquês) – Operador trocou o arame por outro arame de referência diferente.

5 Porquês-1	Detalhe
Problema	Operador trocou o arame por outro arame de referência diferente.
OK?	Arame 300mm
NOK?	Arame 280mm
Standard?	OK

Tabela 2: Operadora inseriu arames da referência errada

Porquê?	Operadora inseriu arames da referência errada	
	OK?	Arame 300mm
	NOK?	Arame 280mm
	Standard?	OK

Tabela 3: Modo backup NOK

Po	Modo backup NOK	
-----------	------------------------	--

	OK?	Controlo de arame correto
	NOK?	Controlo de presença de arame
	Standard?	NOK

Tabela 4: Standard definido para controlo da presença do arame correto em modo backup insuficiente

Porquê?	Standard definido para controlo da presença do arame correto em modo backup insuficiente	
	OK?	Controlo do arame correto
	NOK?	Controlo de presença de arame
	Standard?	NOK

Para conclusão final para as causas por falha de deteção, foi concluído o seguinte:

Standard definido para controlo do arame correto em modo backup insuficiente.
--

Por último é feito uma conclusão final da análise das falhas e as ações a serem feitas (que neste caso resultou na necessidade de desenvolver um *Poka Yoke*)

- **D5 – Validação das ações corretivas**

<p>-Operador do posto de colocação do arame não seguiu o fluxo de costura.</p> <p>-O Operador de Controlo Final não seguiu o caminho de controlo.</p>

De seguida, no passo 6 definiu-se as ações corretivas:

D6 Definição das ações corretivas

Nº Ação	Ação
1	Acompanhamento aos operadores do posto de colocação do arame com revisão do standard verificando que os operadores cumprem com o fluxo de trabalho.
2	Elaboração da Instrução de trabalho de “ <i>Check do check</i> ” para a verificação da presença dos arames
3	Formar operadores
4	Revalidação do operador de CF