

Millenium, 2(ed espec), 325-337.

pt

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NUMA EMPRESA PRODUTORA DE COMPONENTES EM BORRACHA**  
**APPLICATION OF DMAIC METHODOLOGY IN A RUBBER COMPONENT PRODUCING COMPANY**  
**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DMAIC EN UNA COMPAÑÍA DE PRODUCCIÓN DE COMPONENTES DE CAUCHO**

*Ricardo Almeida<sup>1</sup>*  
*Paulo Vaz<sup>1</sup>*  
*Rosa Silva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Viseu, Portugal

<sup>2</sup> Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Viseu, Portugal

Ricardo Almeida - rjsa1996@gmail.com | Paulo Vaz - paulovaz@estgv.ipv.pt | Rosa Silva - rsilva@estgv.ipv.pt



**Autor Correspondente**

*Ricardo Jorge Sá Almeida*

Bairro da Torre, Fraga, Mundão EN 229 CP303

3505-576 Viseu – Portugal

rjsa1996@gmail.com

RECEBIDO: 06 de janeiro de 2020

ACEITE: 12 de outubro de 2020

## RESUMO

**Introdução:** Nas últimas décadas, foram feitos grandes desenvolvimentos na indústria. As empresas aprimoraram-se para fazer o produto final com mais qualidade e com grande redução de custos. As metodologias Lean foram implementadas em todos os tipos de indústrias e negócios, rompendo com o tipo de produção que se praticava na época, que se baseava em grandes volumes e pouco flexíveis. As metodologias Lean começaram quando os funcionários e engenheiros da Toyota começaram a desenvolver procedimentos e ferramentas para permitir a produção lean, com desperdício zero e sistemas de produção altamente flexíveis.

**Objetivo:** A reorganização do *layout* do departamento de manutenção, assim como, a melhoria do processo de gestão das *spare parts* e a criação de fluxos para a reparação de equipamentos e ferramentas.

**Métodos:** A ferramenta utilizada foi o DMAIC, esta subdivide o processo de resolução de problemas em cinco etapas, tais como: Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar.

**Resultados:** Com a aplicação desta ferramenta foi possível uma redução do número de deslocamentos e da distância percorrida, (que por sua vez, permitiu também a diminuição do tempo necessário para a sua realização) deste modo o tempo necessário para a sua realização também diminuiu. As *spare parts* estão mais organizadas, cada bancada de trabalho possui as peças de substituição de maior consumo. A pontuação obtida nas auditorias 5'S também apresentaram um aumento face aos resultados obtidos antes da intervenção.

**Conclusão:** Conclui-se que a causa raiz e as soluções definidas impactaram positivamente a eliminação da causa e problema iniciais.

**Palavras-chave:** *Lean*; desperdício; DMAIC; 5'S; *layout*

## ABSTRACT

**Introduction:** Over the last few decades we have seen the great development of the industry, so companies get the final product to have better quality and an ever lower cost. Lean methodologies were increasingly implemented in the industrial and corporate core, breaking with the type of production that was practiced at the time, which was based on large volumes and little flexibility. Toyota managers and engineers began to develop procedures and tools to achieve lean, zero-waste, highly flexible production.

**Objective:** The reorganization of the maintenance department layout, as well as the improvement of spare parts management process and the creation of flows for the repair of equipment and tools.

**Methods:** The tool used was DMAIC, it subdivides the problem solving process into five steps, such as: Define, Measure, Analyze, Improve, Control.

**Results:** With the application of this tool it was possible to reduce the number of trips and the distance traveled, thus the time required for its accomplishment also decreased. Spare parts are more organized, each workbench has the most consumable spare parts. The scores obtained in 5'S audits also increased compared to the results obtained before the intervention.

**Conclusion:** It was concluded that the root cause and defined solutions had positive impact on the elimination of the cause and initial problem.

**Keywords:** *Lean*; waste; DMAIC; 5'S; *layout*

## RESUMEN

**Introducción:** En las últimas décadas hemos visto el gran desarrollo de la industria, por lo que las empresas obtienen el producto final para tener una mejor calidad y un costo cada vez menor. Las metodologías Lean se implementaron cada vez más en el núcleo industrial y corporativo, rompiendo con el tipo de producción que se practicaba en ese momento, que se basaba en grandes volúmenes y poca flexibilidad. Los gerentes e ingenieros de Toyota comenzaron a desarrollar procedimientos y herramientas para lograr una producción eficiente, flexible y sin desperdicios.

**Objetivo:** la reorganización del diseño del departamento de mantenimiento, así como la mejora del proceso de gestión de repuestos y la creación de flujos para la reparación de equipos y herramientas.

**Métodos:** La herramienta utilizada en DMAIC, subdivide el proceso de resolución de problemas en cinco pasos, tales como: Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.

**Resultados:** Con la aplicación de esta herramienta, fue posible reducir el número de viajes y la distancia recorrida, por lo que el tiempo requerido para su realización también disminuyó. Los repuestos están más organizados, cada banco de trabajo tiene los repuestos más consumibles. Las puntuaciones obtenidas en las auditorías de los 5'S también aumentaron en comparación con los resultados obtenidos antes de la intervención.

**Conclusión:** De concluyo que la causa raíz y las soluciones definidas tenían un impacto positivo en la disposición de la causa y el problema inicial.

**Palabras clave:** *Lean*; desperdicio; DMAIC; 5'S; *layout*



## INTRODUÇÃO

Num mundo empresarial cada vez mais competitivo e rigoroso, sendo a indústria automóvel uma das mais avançadas e competitivas do mundo, a redução dos custos associados à produção torna-se um dos principais objetivos no dia-a-dia empresarial. A empresa onde foi realizado este estudo dedica-se à produção de componentes em borracha e plástico para a indústria automóvel, operando na zona centro de Portugal. Seguindo esta linha de pensamento, o departamento onde foi realizado este estudo foi o departamento de manutenção.

Este projeto tem como principal objetivo a reorganização do *layout* da manutenção, assim como, a melhoria/ criação de fluxos e a melhoria da gestão das peças de substituição em stock (*spare parts*). Para que estes objetivos sejam cumpridos foi aplicada a metodologia *lean*, assim como, as ferramentas a ela associada.

## 1. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O seis sigma é uma implementação rigorosa, focada e altamente eficaz de princípios e técnicas de qualidade comprovada. Incorporando elementos do trabalho de muitos pioneiros da qualidade, o seis sigma visa o desempenho comercial praticamente sem erros. Sigma,  $\sigma$ , é uma letra do alfabeto grego usada por estatísticos para medir a variabilidade em qualquer processo. Segundo (Montez, 2011) seis sigma é a definição de resultados o mais próximo possível da perfeição. Com os desvios-padrão determinados, chega-se a 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, ou 99,9997%. Significa, por exemplo, que uma companhia aérea perderia 3 bagagens por cada milhão transportada.

Por conta disso, os projetos seis sigma estão voltados para a criação ou modificação de processos, contrariamente à abordagem tradicional de projetos, em que a ênfase é dada sob o aspeto de produtos. Normalmente, o desenvolvimento desse tipo de projeto pode ser dividido em cinco fases, de acordo com o ciclo DMAIC. (Brain Engenharia, 2017)

O DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improvement, Control*) é uma estratégia de qualidade, que pertence à base da metodologia seis sigma, esta baseia-se nos dados recolhidos para melhorar os processos. A metodologia DMAIC seleciona um problema que foi identificado pela organização e utiliza um conjunto de ferramentas e técnicas de uma maneira lógica, de modo a atingir soluções sustentáveis. (Shankar, 2009)

Os princípios da metodologia DMAIC fornecem definições concisas para processar os clientes, os seus requisitos e as suas expectativas. Com base nessa definição, um plano é desenvolvido para recolher todos os dados do processo e medir o desempenho, as oportunidades e os seus defeitos. (Al-Aomar et al., 2015)

Segundo (Aruleswaran, 2010), o DMAIC dá destaque à implantação e implementação de atividades de melhoria contínua na rotina operacional, garante a execução sem falhas e produz resultados rápidos.

Esta metodologia não tem de ser obrigatoriamente utilizada na metodologia seis sigma, pode ser também utilizada como uma ferramenta independente. Esta metodologia subdivide-se em 5 etapas, definir, medir, analisar, melhorar e controlar.

Definir: A fase definir começa com a identificação do problema que requer uma solução e termina com a compreensão clara da dimensão do problema e com a evidência do suporte por parte da chefia, que autoriza o avanço do projeto. (Shankar, 2009)

Medir: Nesta etapa são recolhidos todos os dados e informações da situação atual da manutenção na empresa. O objetivo desta fase, durante o processo seis sigma, é obter o máximo de informação possível sobre o processo atual, de modo a compreendê-lo na sua totalidade, como funciona e o quão bem ele pode funcionar. Várias ferramentas / técnicas quantitativas e qualitativas estão disponíveis para a medição. (Bikram Singh, 2015)

Analisar: O objetivo desta fase é usar os dados recolhidos na fase anterior para identificar, organizar e validar as potenciais causas raiz. O resultado desta fase é uma lista de causas que se mostraram responsáveis pelos defeitos ocorridos no processo. A fase de análise envolve o trabalho de detetive puro, usando as pistas dos dados obtidos para estabelecer uma hipótese, que é então testada usando ferramentas estatísticas simples ou avançadas. (Strong, 2003)

Melhorar: Nesta fase são propostas ideias e soluções para a eliminação das causas raiz encontradas. Esta é uma fase crucial, em que, ao identificar as causas-raiz, as soluções serão geradas e testadas através da condução do coordenador do estudo. Durante essa fase, a criatividade da equipa geralmente ajuda a gerar soluções e alcançar um resultado que emerge em grandes ganhos. (Aruleswaran, 2010).

Controlar: Nesta etapa, as melhorias identificadas durante a fase anterior são recolhidas e documentadas. Todas as informações são recolhidas, consolidadas e priorizadas para auxiliar uma implementação final ou completa. Os planos de implementação, bem como os procedimentos de gestão de mudanças, serão desenvolvidos para assegurar uma transição bem-sucedida da solução para a equipa que será responsável por sustentar o novo processo. (Aruleswaran, 2010)

## 2. CASO DE ESTUDO

### 2.1 Fase 1 – Definir (*Define*)

Como o próprio nome indica, a etapa definir é caracterizada pela definição do problema encontrado, assim como, o contexto onde se encontra o problema. São também definidos o contexto da aplicação do projeto e os seus objetivos.

Definição do projeto: O estudo foi desenvolvido numa empresa multinacional, fabricante de componentes para a indústria automóvel, a operar no distrito de Viseu, sendo o seu principal foco a reorganização e otimização do *layout* do departamento de manutenção. A empresa emprega mais de 500 colaboradores e com um volume de faturação de cerca de 38 milhões de euros. Está instalada numa área de 18000 m<sup>2</sup>, sendo 9100 m<sup>2</sup> de área coberta. Esta unidade fabril produz componentes para o sistema de refrigeração do motor, sistema de ar e vácuo e para o sistema de óleo. É uma empresa certificada pelas normas internacionais IATF 16949 (qualidade), ISO 14001 (ambiente) e OHSAS 18001 (higiene e segurança).

A voz do cliente: Apesar de este departamento não ter contacto direto com o cliente final da unidade fabril, este é considerado um departamento prestador de serviços internos. Os clientes deste departamento são o departamento de projeto, o departamento de processos e o departamento de produção, entre outros, sendo este último o nosso maior e mais importante cliente.

Definição do problema: O serviço prestado ao cliente era normalmente realizado de forma demorada e muitas das vezes não era possível a conclusão da intervenção devido à falta de material. Num contexto em que todos os segundos sem produzir contam e as intervenções realizadas, ou falta delas, interferem diretamente com a satisfação e com o cumprimento dos objetivos do cliente, é essencial a implementação de ações de melhoria dos processos e metodologias internas. Para além deste problema, é notória desorganização do espaço destinado ao departamento de manutenção e do espaço reservado para o armazenamento do material que é consumido, implicando que a gestão de stocks seja feita diariamente e de modo visual, aumentando o risco de falha. A unidade industrial tem implementada a ferramenta TPM (*Total Productive Maintenance*). Um dos pilares fundamentais para a correta e eficaz aplicação desta ferramenta é a ferramenta 5'S. Esta ferramenta é auditada mensalmente, através de auditorias internas. Historicamente, a pontuação obtida pelo departamento de manutenção nos últimos anos, em média, foi de 77%, sendo muitas vezes referenciada como ponto negativo nas auditorias externas. Para caracterizar o problema recorreu-se à ferramenta "5W1H". Com a aplicação desta ferramenta foi possível elaborar a tabela 1, com todas as informações essenciais para que o estudo e planeamento do projeto seja iniciado.

Tabela 1 - Aplicação da ferramenta 5W1H

Tipificação do problema	Descrição
O quê?	Intervenções demoradas, impossibilidade de concluir as intervenções por falta de material, excesso de movimentações feitas e baixa pontuação obtida nas auditorias internas 5'S.
Quem?	Departamento de manutenção.
Quando?	Desde 2015.
Onde?	No departamento de manutenção de uma empresa multinacional, fabricante de componentes para a indústria automóvel.
Porquê?	Número de movimentações elevadas para a execução de tarefas simples, perda de tempo à procura do material pretendido, inexistência de inventário de material e pontuação média-baixa nas auditorias internas 5'S.

Objetivo do projeto: Melhorar a organização do departamento, a sua eficiência e os resultados obtidos nas auditorias internas e externas.

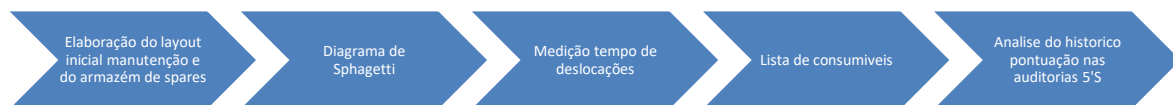


Figura 1 - Etapas realizadas na fase medir— Fonte: autoria própria

## 2.2 Fase 2 – Medir (*Mesure*)

Concluída a caracterização do projeto e definidos os objetivos a serem alcançados, a segunda fase da metodologia DMAIC é então iniciada. Nesta etapa são recolhidos todos os dados e informações da situação atual da manutenção na empresa. O processo foi dividido em 5 etapas, figura 1.

1ª etapa – *Layout* manutenção e do armazém de *spares*.

A manutenção era constituída por 4 áreas distintas, tais como, área de fabricação de ferramentas, área de reparação de equipamentos, área de arrumação de consumíveis e área de reparação de formas (soldadura), figura 2.

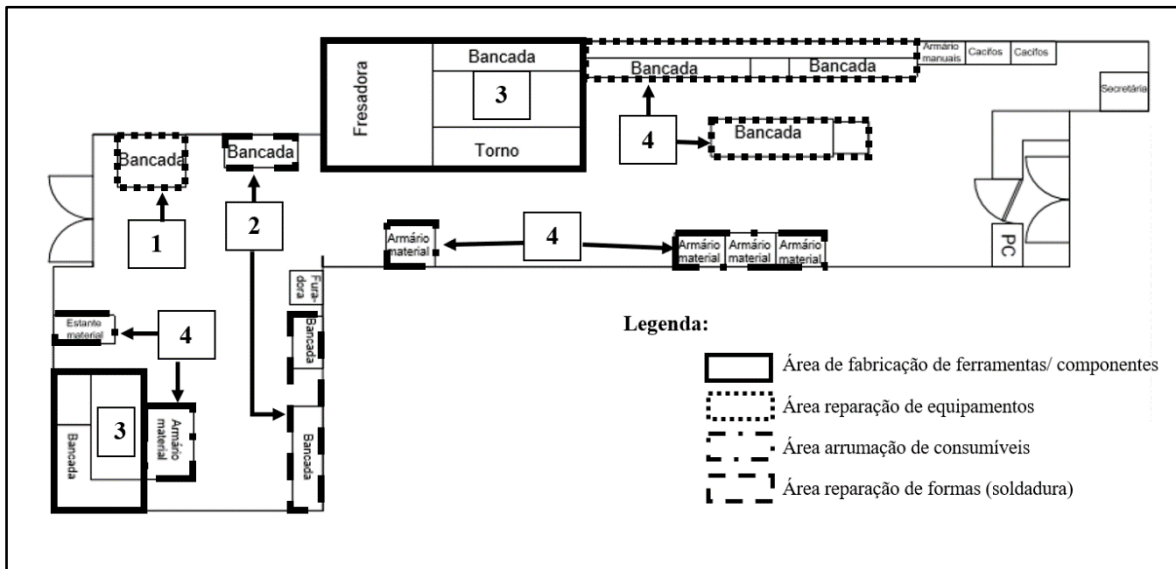


Figura 2 - Layout inicial departamento de manutenção– Fonte: autoria própria

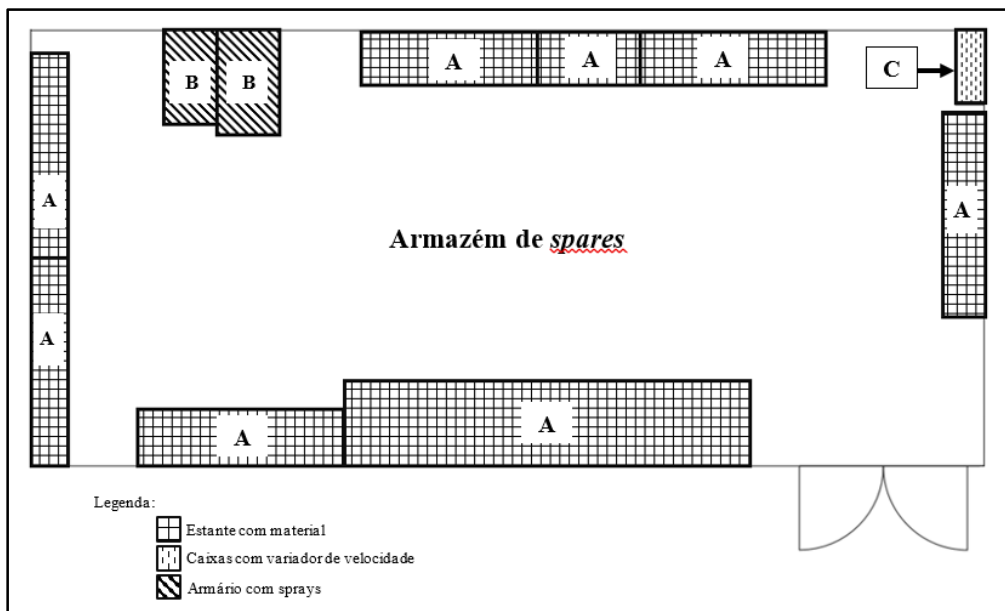
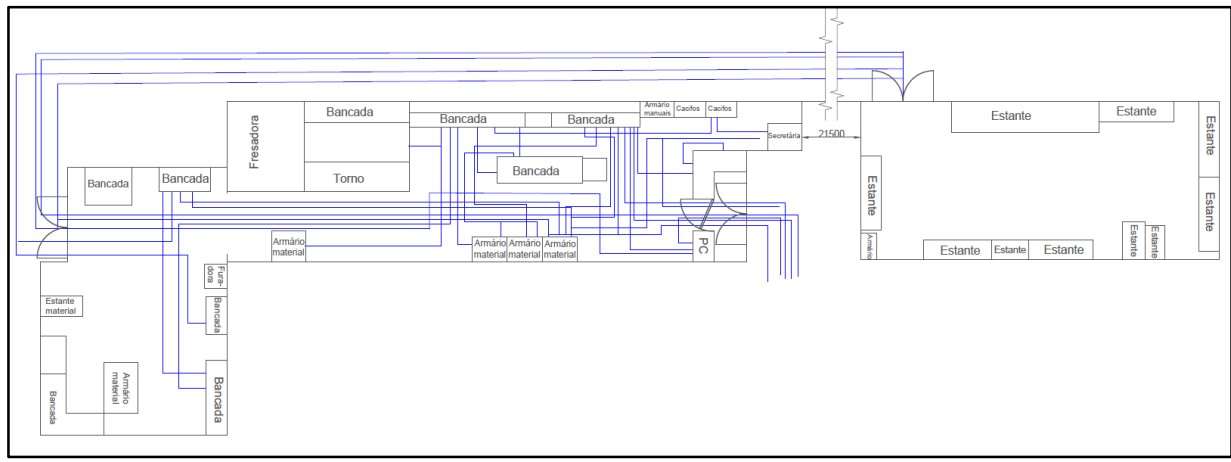


Figura 3 - Layout inicial armazém de spares– Fonte: autoria própria

Para além do espaço reservado para a reparação e fabricação de equipamentos, a manutenção tem em sua posse um segundo espaço, esse local está reservado para arrumação e acondicionamento de todo o material de substituição, *spare parts* (figura 3). Como este espaço tem influência direta na eficiência das reparações efetuadas, e do tempo utilizado para a realização das mesmas, este espaço foi também englobado neste estudo. A área total desta intervenção é cerca de 165 m<sup>2</sup>.

### 2ª etapa – Diagrama de *sphagetti*

Nesta etapa foram contabilizadas e representadas graficamente, através do diagrama de *sphagetti*, todas as movimentações feitas por um colaborador num dia normal de trabalhado, figura 4, de notar que a recolha dos dados foi efetuada nas áreas que estão englobadas neste estudo, todas as deslocações efetuadas no interior da área fabril não foram consideradas. A recolha dos dados foi feita a três colaboradores escolhidos aleatoriamente, durante um turno de 8 horas, em dias e turnos de trabalho diferentes, os resultados obtidos estão representados na tabela 2.



**Figura 4** - Diagrama de Sphagetti– Fonte: autoria própria

**Tabela 2** - Resultados obtidos das deslocações dos colaboradores ao armazém de *spares*

Colaborador	Distância percorrida [m]
Colaborador 1	432.95
Colaborador 2	327.84
Colaborador 3	265.92

3ª etapa – Medição do tempo das deslocações ao armazém exterior

Em grande parte das intervenções realizadas era necessário realizar, pelo menos, uma deslocação ao armazém exterior (armazém de *spares*). A redução do tempo e do número de deslocações pode representar um ganho significativo, aumentando assim a eficiência da manutenção. Os dados presentes na tabela 3 foram obtidos através da medição do tempo que os mesmos três colaboradores demoravam a fazer o trajeto manutenção - armazém de *spares* – manutenção, incluindo também o tempo que necessitavam para encontrar o material necessário.

**Tabela 3** - Tempos retirados na deslocação ao armazém de *spares*

Medição	Trabalhador 1 (min)	Trabalhador 2 (min)	Trabalhador 3 (min)
1	5,25	1,25	13,56
2	10,14	4,57	2,24
3	7,51	2,6	5,99
4	5,27	1,03	4,51
5	1,59	9,24	1,24
Média	5,95	3,74	5,51
Desvio padrão	3,16	3,38	4,87

4ª etapa – Levantamento dos consumíveis mais utilizados para a reparação de equipamentos

Para proceder à organização do material, sentiu-se a necessidade da criação de uma listagem do material que tem maior consumo.

5ª etapa – Análise do histórico de resultados auditorias 5'S

A empresa adotou a utilização das auditorias 5'S de modo a controlar, a promover a melhoria continua e a limpeza de todos os espaços. As auditorias consistiam no preenchimento de um formulário pré-definido pela empresa sendo atribuída uma pontuação a cada item, a pontuação obtida é o somatório da pontuação de cada item. No gráfico 1, pode ser verificado que a pontuação obtida quer por a manutenção, quer por o armazém das *spares* nunca apresentou uma tendência de melhoria constante, existindo retrocesso nas melhorias aplicadas ao longo dos anos.

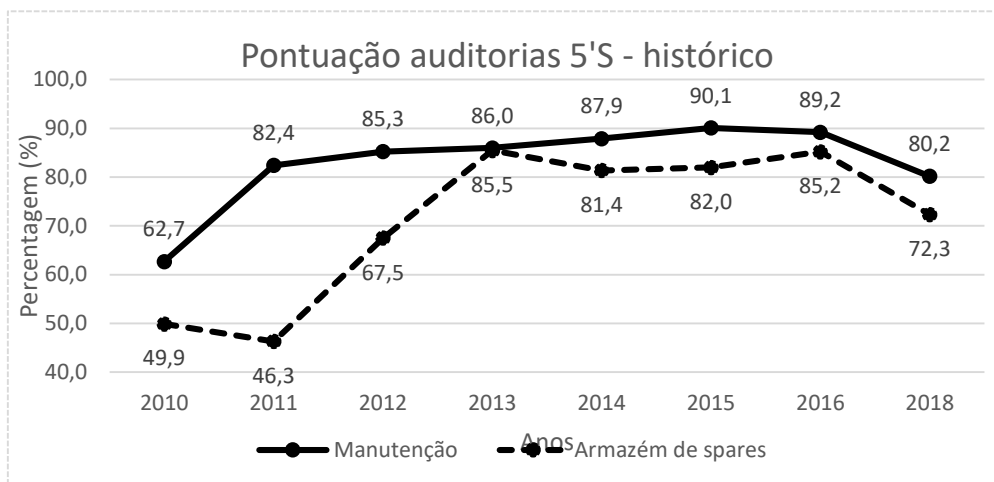


Gráfico 1 - Evolução histórica da pontuação obtida nas auditorias internas 5'S – Manutenção

### 2.3 Fase 3 – Analisar (Análise)

Recolhidos todos os dados, seguiu-se a implementação da terceira fase da metodologia DMAIC. O objetivo desta fase é usar os dados recolhidos na fase anterior para identificar, organizar e validar as potenciais causas raiz. A análise dos dados foi dividida em três etapas, representadas na figura 5.

Figura 5 - Etapas definidas – Fonte: autoria própria



#### 1ª etapa – Brainstorming

Trata-se de uma técnica utilizada para auxiliar um grupo de pessoas a criar o máximo de ideias no menor tempo possível e visa ajudar os participantes a vencer as suas limitações em termos de inovação e criatividade. (Santos, S.d.)

Foi pedido a todos os colaboradores pertencentes ao departamento de manutenção que dessem as suas opiniões sobre as dificuldades que tinham de enfrentar no dia a dia. As dificuldades encontradas foram agrupadas e sintetizadas recorrendo ao diagrama de Ishikawa.

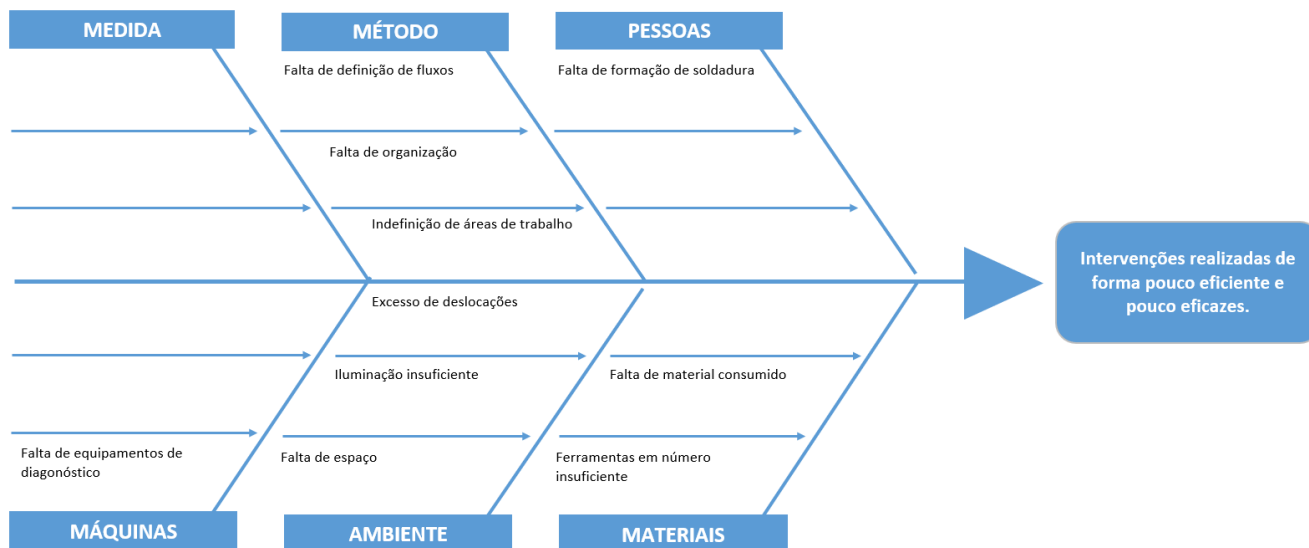


Figura 6 - Diagrama de Ishikawa– Fonte: autoria própria



### 2ª etapa – Diagrama de *Ishikawa* (Diagrama causa-efeito)

As principais dificuldades foram distribuídas por as diferentes categorias presentes no diagrama, figura 6, sendo possível no final obter-se a possível causa/ origem do problema inicial. A causa encontrada foi intervenções que são realizadas de forma pouco eficiente e pouco eficazes.

### 3ª etapa – Cinco-porquês

Com o objetivo de encontrar a(s) causa(s) raiz do problema, recorreu-se à utilização da ferramenta cinco-porquês. Identificada a possível causa do problema é necessário aprofundar mais a determinação da causa raiz, de modo a que esta seja eliminada na totalidade. Segundo (Rafinejad, 2007), o método "Cinco-porquês" é uma técnica eficaz que pode ser usada para garantir que os sintomas e efeitos não sejam confundidos com as causas-raiz de um problema. Os "Cinco-Porquês" começam a fazer a pergunta "porquê" ao problema que ocorreu; pergunta-se "porquê" novamente à resposta; repetindo a pergunta "porquê" cinco vezes, ou até que responder à pergunta "porquê" se torne difícil. Neste caso, a causa raiz provavelmente foi identificada.

**Tabela 4 - Análise da causa raiz – cinco-porquês**

Cinco-Porquês - Análise da causa raiz					
Definição do problema: Intervenções realizadas de forma pouco eficiente e eficazes.					
Possível causa	Porquê?	Porquê?	Porquê?	Porquê?	Porquê?
Intervenções realizadas de forma pouco eficiente e pouco eficazes	Tempo de intervenção o elevado	Falta de material	Não existe inventário do material existente na unidade fabril	Manutenção encontrava-se desorganizada e confusa	
		Falta de equipamentos e ferramentas			
		Excesso de deslocações ao exterior	O material presente no armazém de <i>spares</i> não se encontrava organizado nem inventariado		

Após a aplicação desta ferramenta foi possível determinar as causas raiz do problema que foi colocado inicialmente, tabela 4. As causas encontradas foram: a manutenção encontrava-se desorganizada e confusa, como se pode verificar na figura 7, faltavam equipamentos e ferramentas e o material presente no armazém de *spares* não se encontrava devidamente organizado nem inventariado, figura 8.



**Figura 7 - Desorganização na manutenção**– Fonte: autoria própria



**Figura 8 - Desorganização do armazém de spares** – Fonte: autoria própria

### 2.4 Fase 4 – Melhorar (Improve)

Encontradas as causas raiz para o nosso problema, entramos na quarta fase, a fase melhorar. Nesta fase são propostas ideias e soluções para a eliminação das causas raiz encontradas.

Manutenção: A primeira fase foi pedir a cada um dos colaboradores da manutenção que representassem graficamente a sua opinião e visão em relação ao novo *layout*. Em seguida, fez-se a análise de todos os desenhos apresentados e elaborou-se uma lista com os pontos em comum encontrados.

Pontos em comum encontrados:

1. Divisão em duas áreas distintas, área de reparação de equipamentos e área de fabrico de ferramentas (soldadura);
2. Definição de áreas distintas para a reparação dos diversos equipamentos existentes na unidade fabril;
3. Criação de bancadas com todo o material necessário à reparação disponível.



Tendo em conta os pontos comuns encontrados nos projetos elaborados pelos colaboradores, a lista de material necessário a cada área de trabalho e os três objetivos propostos inicialmente, deu-se início ao desenho do novo *layout* da manutenção.

### 1º Passo – Divisão e separação da manutenção em duas áreas

A área 1, figura 9, ficou destinada a todo o tipo de reparações de equipamentos, acondicionamento de material em stock, reparação de *jig's* em madeira e também para a fabricação de componentes no torno mecânico e na fresadora, é importante salientar que nesta área não existe o processo de soldadura. A área 2 ficou reservada para o processo de reparação de *shapes*, *forming jigs*, fabricação de ferramentas e reparação de eixos. Neste local é permitido o uso do processo de soldadura.

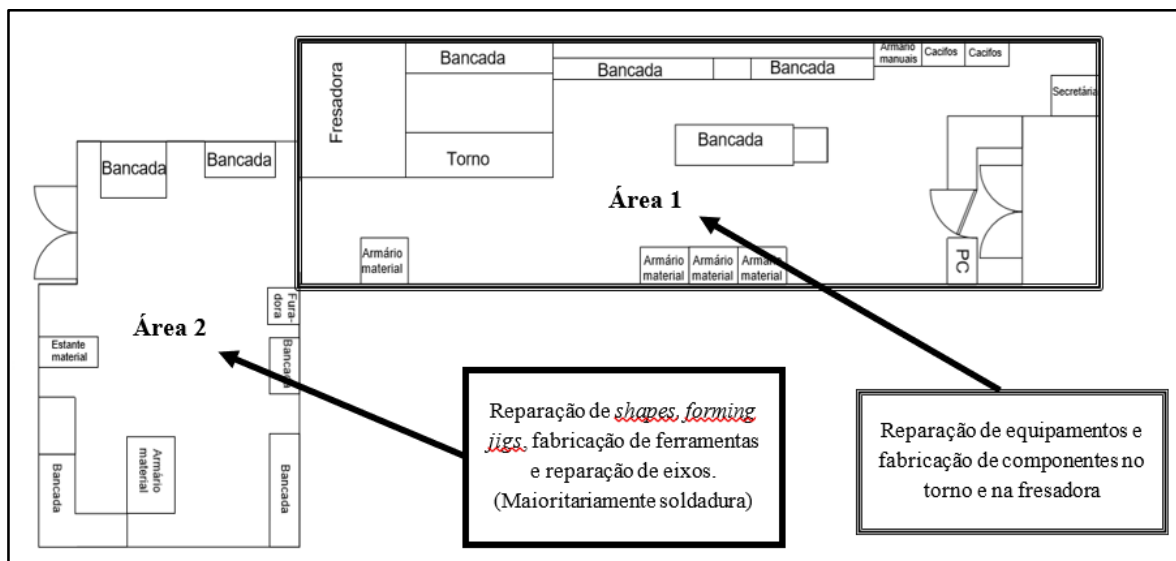


Figura 9 - Divisão da manutenção em 2 áreas distintas– Fonte: autoria própria

### 2º Passo- Definição do número de bancadas necessárias

Na área 1 foram definidas as seguintes bancadas, bancada reparação torres de colagem e eletrónica, bancada reparação máquinas de conectores/ abraçadeiras, bancada para reparações diversas (bombas, motores, cabeças de tecer), bancada reparação *jig's* de madeira e bancada de suporte ao torneiro. Na área 2 foram definidas as seguintes bancadas, tais como, duas bancadas para reparação de formas (*shapes*), duas bancadas para fabricação de ferramentas e uma bancada para a reparação dos eixos.

### 3º Passo – Elaboração do *layout* final

Considerando todos os pontos e sugestões anteriormente abordadas, procedeu-se ao desenho do novo *layout* da manutenção. O *layout* proposto, após ser analisado, não foi aprovado, pois apresentava pontos negativos na sua configuração.

1º Ponto – Muito espaço livre, propício à acumulação de material.

2º Ponto – Apesar de existir divisão entre bancadas, o espaçamento entre elas permitia o uso das duas bancadas em simultâneo.

3º Ponto – Impossibilidade de trabalhar nos dois lados da bancada, esse ponto é importante, pois foi retirada a bancada central, e há certas reparações que são necessárias duas pessoas.

4º Ponto – Local para a colocação do material específico de cada área de trabalho, podia atrapalhar a reparação de equipamentos.

5º Ponto – Na área de soldadura (área 2) existe a possibilidade de projeção de faíscas e material que está a ser removido para o corredor, podendo afetar as pessoas que passam por lá.

Com todos os pontos negativos mencionados anteriormente e recolhendo mais opiniões dos colaboradores da manutenção, o *layout* foi corrigido e redimensionado.

Ao analisar o novo *layout*, figura 10, podemos salientar, na área 1, a disposição das bancadas de trabalho, todas elas permitem que se trabalhe dos dois lados. O material específico ficou colocado na parede, junto a cada bancada, ocupando o menor espaço possível. Foi também adicionado um local específico para carregar as baterias dos equipamentos. Foi igualmente criada uma área de arrumação para todos os parafusos. Acrescentou-se uma área reservada a todo o material não conforme ou material para devolução ao fornecedor. Na área 2, a disposição das bancadas de trabalho seguiu o *layout* adotado na área 1, as bancadas foram protegidas na parte frontal, evitando a projeção de faíscas e material que esteja a ser removido. Foi adicionada uma prensa hidráulica, importante no processo de reparação de eixos.

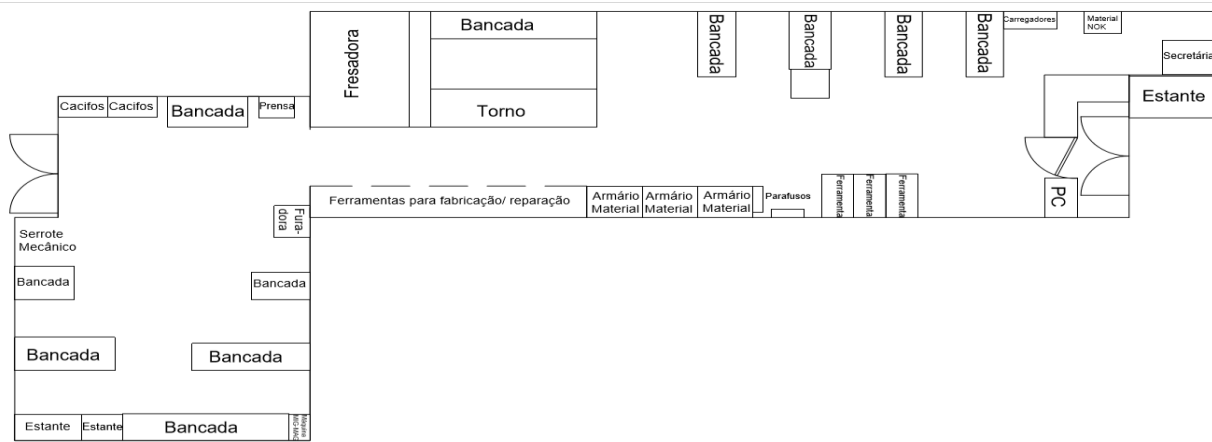


Figura 10 - Layout final manutenção– Fonte: autoria própria

Armazém de *spares*: Este espaço é reservado exclusivamente ao acondicionamento de todas as peças de substituição para todos os equipamentos presentes na unidade fabril. Na elaboração do *layout* a equipa definiu 3 pontos a ter em conta para a definição do novo *layout*.

Pontos a ter em consideração:

- Divisão do armazém de *spares* consoante as áreas presentes no processo de produção;
- Redução do número de deslocações, assim como, a distância percorrida;
- Reaproveitar as estantes já existentes.

Tendo em conta os pontos mencionados anteriormente, um *brainstorming* e aprovação das chefias foram selecionadas duas sugestões para o novo *layout*. Em seguida foram analisadas as duas sugestões, figura 11 e 12. Todos os colaboradores do departamento de manutenção reuniram-se com o objetivo de serem encontrados os pontos positivos e negativos das duas sugestões. Os resultados obtidos estão presentes na tabela 5.

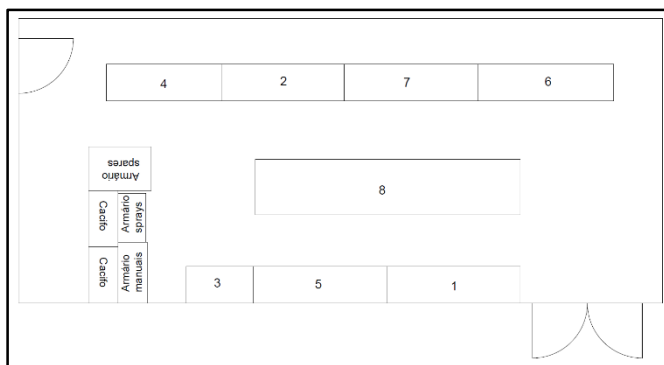


Figura 11 - Sugestão 1– Fonte: autoria própria

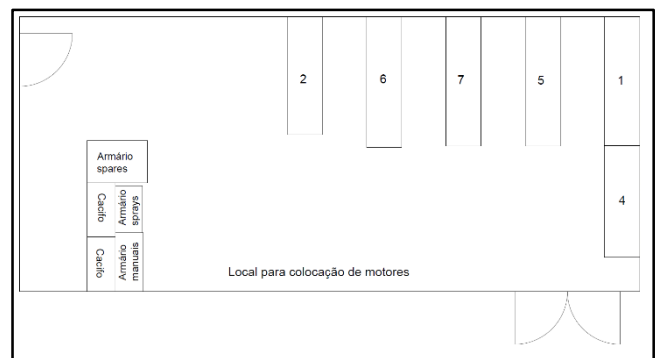


Figura 12 – Sugestão 2– Fonte: autoria própria

Tabela 5 - Comparação dos pontos fortes e fracos das duas sugestões

Sugestão 1		Sugestão 2	
Pontos fortes	Pontos fracos	Pontos fortes	Pontos fracos
Abertura de uma segunda porta, permitindo a redução da distância percorrida	Divisão em áreas distintas pode tornar-se confusa	Abertura de uma segunda porta, permitindo a redução da distância percorrida	Impossibilidade de utilizar as estantes 1 e 4 dos dois lados – diminuindo o espaço útil para armazenamento
Aproveitamento de todas as estantes presentes	Impossibilidade de utilizar as estantes 1,3 e 5 dos dois lados – diminuindo o espaço útil para armazenamento Impossibilita a colocação de motores de grandes dimensões – obstrui o corredor de passagem	Possibilidade de divisão em áreas distintas, sem causar enganos Contém área para a colocação de motores de grandes dimensões	Não utiliza todas as estantes – possibilidade de falta de espaço para arrumação

A sugestão que contém menor número de pontos fracos é a número 2, mas como ainda apresenta alguns pontos fracos, optou-se por realizar melhorias do *layout* apresentado. Com o *layout* final, figura 12, foi possível eliminar os pontos fracos apresentados anteriormente. A estantes foram distribuídas da seguinte forma:

- Estante 1 - Material da vulcanização
- Estante 2 – Material elétrico
- Estante 3 – Consumíveis (*sprays*, lixa, rolos de fita cola, pinceis)
- Estante 4 – Vedantes e tubos hidráulicos
- Estante 5 – Material da extrusão
- Estante 6 – Material dos acabamentos
- Estante 7 – Material pneumático e material elétrico
- Estante 8 – Material diverso

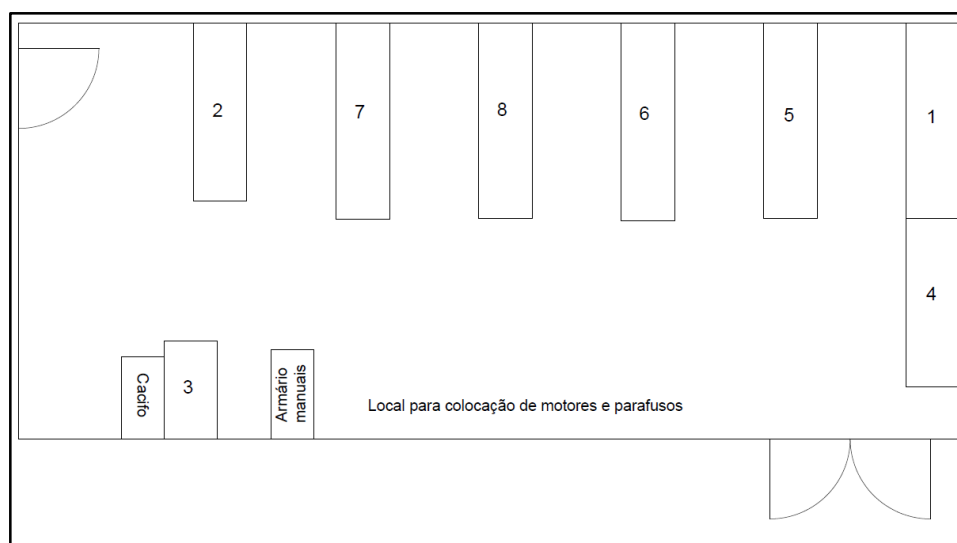


Figura 12 - Layout final armazém de spares– Fonte: autoria própria

Foi também criado um espaço reservado aos colaboradores da manutenção, para colocarem os seus objetos pessoais. A área para a colocação de motores de grandes dimensões foi também aproveitada para a colocação de uma estante com toda a variedade de parafusos que são utilizados, criando assim um *stock* de segurança.

## 2.5 Fase 5 – Controlar (*Control*)

Após a conclusão de todas as alterações propostas à alteração do *layout* da manutenção e do armazém de *spares* é necessário controlar e manter a disciplina de modo a manter os espaços sempre arrumados e o mais otimizados possível.

### 2.5.1 Apresentação de resultados

De modo a avaliar a eficácia das intervenções efetuadas, o processo de medição voltou a ser utilizado. Foi novamente elaborado o diagrama de *sphagetti* e foram também medidos os tempos gastos nas deslocações efetuadas ao armazém de *spares*, de salientar que o processo de recolha dos dados, assim como, os pressupostos tidos em conta na etapa medir, foram mantidos nesta nova medição. Por último, foram analisados os resultados obtidos nas auditorias 5'S após a realização das intervenções.

#### Diagrama de *sphagetti*

Utilizando o mesmo método da etapa medir, foi novamente representado graficamente e calculada a distância dos mesmo três colaboradores após o término das intervenções no departamento de manutenção. O colaborador 1 percorreu 275.91 metros, o colaborador 2 percorreu 312.31 metros e o terceiro 240.74 metros. Comparando os valores obtidos antes da intervenção com os valores obtidos após a intervenção a distância teve um decréscimo de 19%.

Medição do tempo das deslocações ao armazém exterior: depois de todas as intervenções planeadas serem executadas foi novamente recolhido o tempo necessário para realizar a deslocação manutenção – armazém de *spares* – manutenção. Os dados recolhidos estão presentes na tabela 6, comparando a média dos tempos obtidos antes da intervenção com os tempos obtidos após a intervenção houve uma diminuição de cerca de 56%. Os resultados do cálculo do desvio padrão apresentam valores inferiores aos obtidos antes da

intervenção, sendo também valores pouco dispersos, o valor mais alto obtido foi de 1,06, contrastando com o 4,87 obtidos na primeira medição.

**Tabela 6** - Tempos recolhidos após a realização das intervenções

Medição	Trabalhador 1 (min)		Trabalhador 2 (min)		Trabalhador 3 (min)	
	Antes da intervenção	Após a intervenção	Antes da intervenção	Após a intervenção	Antes da intervenção	Após a intervenção
1	5,25	2,32	1,25	3,18	13,56	1,25
2	10,14	2,15	4,57	3,02	2,24	1,10
3	7,51	1,59	2,6	2,88	5,99	2,41
4	5,27	2,36	1,03	1,22	4,51	1,52
5	1,59	1,99	9,24	4,15	1,24	2,17
Média	5,95	2,08	3,74	2,89	5,51	1,69
Desvio padrão	3,16	0,31	3,38	1,06	4,87	0,57

### Auditorias 5'S

A modificação do *layout* e a sua organização, quer da manutenção quer do armazém de *spares*, já tem resultados refletidos nas auditorias 5'S internas. As auditorias são realizadas até ao dia 15 do respetivo mês. A primeira fase da intervenção teve o seu término no final do mês de abril, estando os resultados repercutidos no mês de maio. A pontuação obtida no mês de maio foi de 70%, valor idêntico ao obtido na auditoria no do mês anterior, esta estagnação é justificada pela necessidade de ocupar a área 2 com material e ferramentas da área 1, prejudicando a arrumação e a definição do *layout* dessa área.

A segunda etapa da intervenção na manutenção terminou no final do mês de maio. Os resultados dessa intervenção estão refletidos na auditoria relativa ao mês de junho, obtendo uma pontuação de 82%. Os resultados apresentam uma melhoria significativa, tendo um crescimento de 17% face aos resultados obtidos no mês de maio.

### Armazém de *spares*

Respeitando o cronograma elaborado na primeira fase da metodologia DMAIC, a intervenção/ reorganização do armazém de *spares* teve o seu início na primeira semana do mês de julho e o seu término na terceira semana do mês de agosto. A pontuação obtida desde o início do ano até ao mês de junho apresentou uma tendência de queda (77 % em janeiro e 60% em junho). O decréscimo da pontuação verificada nos meses de abril, maio e junho é justificada pela colocação de material e maquinaria resultantes da intervenção realizada na área da manutenção. No mês de julho a pontuação inverteu a tendência de decréscimo apresentada nos meses anteriores, tendo aumentado cerca de 33%, atingindo os 80%. De notar que, como no mês de agosto não são realizadas auditorias 5'S, a auditoria relativa ao mês de julho foi adiada até à conclusão da intervenção do armazém de *spares*.

Os resultados obtidos com a implementação das medidas determinadas anteriormente estão representados na tabela 7.

**Tabela 7** - Resumo dos resultados obtidos

Análise de resultados - resumo	
Distância percorrida pelos colaboradores	- 19%
Tempo para a deslocação ao armazém exterior	- 56%
Pontuação obtida nas auditorias 5'S - Manutenção	+17%
Pontuação obtida nas auditorias 5'S – Armazém de <i>spares</i>	+33%

### 2.5.2 Definição do plano de controlo

O plano de controlo é composto por as auditorias 5'S feitas internamente, para assegurar que tudo está a ser cumprido e conforme o projeto que foi apresentado, corrigindo se necessário, as não conformidades apontadas pelo auditor. Serve também para controlar as auditorias feitas por auditores externos, dando seguimento a todas as não conformidades ou oportunidades de melhoria encontradas. O principal objetivo é estar sempre a implementar melhorias, ano após ano, permitindo o aumento da eficiência nas intervenções realizadas e também uma boa gestão do espaço e do material necessário.

### 2.5.3 Limitações

O período disponível para aplicação do projeto, associado ao facto de a fábrica estar a laborar em contínuo e de não haver uma equipa dedicada à planificação e posterior aplicação das alterações na fábrica, não permitiu que os resultados obtidos tivessem uma maior expressão.

## CONCLUSÃO

Apesar destas limitações, os três objetivos propostos inicialmente foram cumpridos. O cumprimento do primeiro objetivo, reorganização/ reestruturação do *layout*, permitiu que a distância percorrida pelos colaboradores diminuísse 19%, assim como o tempo necessário para se deslocarem ao armazém exterior, redução de 56%, aumentando o grau de eficiência e qualidade, cumprindo com todas as normas de segurança. A pontuação obtida nas auditorias 5'S apresentaram melhorias nos dois espaços intervencionados, manutenção e armazém de *sparas*, aumentando em 17 % e 33%, respetivamente. Após a análise dos resultados obtidos conclui-se que o grupo de trabalho chegou à causa raiz do problema e as soluções definidas tiveram impacto positivo na eliminação da causa raiz e do problema inicialmente proposto.

## AGRADECIMENTOS

Expresso ainda o meu agradecimento à empresa onde foi realizada esta dissertação, em especial ao diretor geral, ao diretor do departamento de manutenção e a todos os meus colegas da manutenção, pela ajuda dispensada, pelas ideias partilhadas e pelo apoio prestado.

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Joaquim Antunes Vaz e à Doutora Rosa Silva, responsável da biblioteca, pelo seu apoio, orientação, total disponibilidade, todo o incentivo e ensinamentos transmitidos ao longo desta longa etapa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Aomar, R., Williams, E. J., & Ulgen, O. M. (2015). *Process Simulation Using WITNESS*. John Wiley & Sons.

Aruleswaran, A. (2010). *Changing With Lean Six Sigma*. Changing with Lean Six Sigma.

Brain Engenharia. (2017). <https://brain-engenharia.com/brain/3/155/six-sigma---origem-e-aplicacao.html>

Montez, L.F.D. (2011). «*Seis sigma*»: *Uma nova cultura empresarial*. (Dissertação de Mestrado). Instituto superior de Engenharia de Lisboa. Departamento de Engenharia Mecânica. Obtido de <https://core.ac.uk/reader/47130088>

Pyzdek, T. (2000). *The Six Sigma Revolution*. Obtido de <http://www.pyzdek.com/six-sigma-revolution.htm>

Rafinejad, D. (2007). *Innovation, Product Development and Commercialization: Case Studies and Key Practices for Market Leadership*. J. Ross Publishing. Obtido de <https://books.google.pt/books?id=dSATqILWWhwC&lpg=PP1&hl=pt-PT&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>

Rath & Strong. (2003). *Rath & Strong's Six Sigma Leadership Handbook*. John Wiley & Sons. Obtido de <https://books.google.pt/books?id=VSsHiZlPieAC&lpg=PP1&hl=pt-PT&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>

Santos, S. (S.d.). *Como fazer brainstorming eficiente*. Obtido de <https://pme.pt/como-fazer-brainstorming/>

Singh, B. K. (2015). *Wrap the scrap with DMAIC: Strategic deployment of Six Sigma in Indian Foundry SMEs*. Anchor Academic Publishing. Obtido de <https://books.google.pt/books?id=tcHwCQAAQBAJ&lpg=PP1&hl=pt-PT&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>

Shankar, R. (2009). *Process improvement using Six Sigma: A DMAIC guide*. ASQ Quality Press.