



Aplicação de técnicas *lean* numa linha de soldadura

José Samuel de Freitas - n.º 17809

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Trabalho orientado por:
Prof. Dr. Paulo Leitão
Prof. Dr^a. Joseane Pontes
Eng^o. Osmano Morais

Bragança

2022



Aplicação de técnicas *lean* numa linha de soldadura

José Samuel de Freitas - n.º 17809

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Trabalho orientado por:
Prof. Dr. Paulo Leitão
Prof. Dr^a. Joseane Pontes
Eng. Osmano Morais

Bragança

2022

Dedicatória

Aos meu pais pela educação e pelos bons princípios que sempre me inculcaram a seguir.

Ao meu irmão, pela força, carinho e motivação que sempre me deu.

À minha esposa, que eu amo e sempre amarei, pela força e resiliência que me transmite todos os dias, e pela alegria que me dá. Tu és única, tu és forte, tu és linda, e eu amo-te!

Ao meu amor maior, o meu filho!

Esta é apenas mais uma etapa alcançada. . . outras abraçarei, e outras almejarei!

A persistência eleva a inteligência ao grau do infinito, onde pertencem os justos e os felizes de verdade. (M.L.F.)

Agradecimentos

O meu sincero agradecimento ao meu supervisor, Professor Doutor Paulo Leitão, que tem a essência de um génio, como excelente profissional que me sempre me encorajou e orientou a ser melhor mesmo quando o caminho se tornou difícil. Sem a sua ajuda persistente, o objetivo deste projeto não teria sido alcançado.

Os meus especiais agradecimentos aos co-orientadores, Professora Doutora Joseane Pontes e Eng^o. Osmano Morais cujo apoio foi um marco na conclusão deste projeto.

Os meus especiais agradecimentos à Direção da minha entidade patronal "Catraport, Lda.", pela disponibilidade das instalações, pela compreensão e pela ajuda para a concretização desta etapa da minha vida.

Estou em dívida com todos os colegas da Catraport que sempre foram prestativos ao longo deste percurso.

Eterna gratidão à menina Veiga e ao David Costa pelo apoio bibliográfico que muito me ajudou na realização das cadeiras.

À minha esposa que nunca me deixou esmorecer face às adversidades que vivi nos últimos tempos. Ao meu filho, pelo sorriso que me obrigou a persistir. Eles mantiveram-me firme, eles mantêm-me forte.

Abstract

In any company of the industrial sector, a lean methodology is always synonymous of waste reduction and productivity increase.

The focus of this study is to propose improvements to a welding line, in an automotive company, based on lean manufacturing.

The main problem is the lack of the 5S in the line and the percentage of scrap pieces/suspicious pieces. The objective of this work is the improvement of the welding line, applying the 5S technique, and also the improvement of the welding seams, reducing the number of scrap pieces and the number of suspicious pieces.

The study started with a survey of the welding line status, proposing and applying the 5S technique, to eliminate waste and increase productivity. The welding parameters were also studied and analyzed along with the program implemented in the welding robot, in order to improve productivity on the line.

A safer welding line, with a better environment, with less waste, having only what is necessary on the line to produce, are the mirror of the results implemented and obtained. In the same way, the improvement of the welding beads decreased the number of scrap parts and the number of stops for adjustments of the welding robot trajectory.

As a support, a grounded analysis of various concepts was done based on bibliographic research/ references in lean manufacturing.

Keywords: Lean manufacturing, 5S, continuous improvement

Resumo

Em qualquer empresa do setor industrial, uma metodologia *lean* é sempre sinónimo de redução de desperdício e aumento da produtividade.

O foco de estudo deste trabalho é propor melhorias para uma linha de soldadura, numa empresa do setor automóvel, a partir do *lean manufacturing*.

O problema-macro reside na falta dos 5S na linha e na percentagem de peças sucata/peças suspeitas, sendo assim o objetivo deste trabalho a melhoria da linha de soldadura, aplicando a técnica dos 5S, e ainda a melhoria dos cordões de soldadura, diminuindo o número de peças sucata e o número de peças suspeitas.

O estudo iniciou-se com um levantamento do estado da linha de soldadura, propondo e aplicando a técnica dos 5S, para eliminar desperdício e aumentar a produtividade. Foram também estudados e analisados os parâmetros de soldadura juntamente com o programa implementado no *robot* de soldadura, de forma a melhorar a produtividade na linha.

Uma linha de soldadura mais segura, com melhor ambiente, com menos desperdício, tendo só o que é necessário na linha para produzir, são o espelho dos resultados implementados e obtidos. De igual forma, a melhoria dos cordões de soldadura diminuíram o número de peças sucata e o número de paragens para afinações da trajetória do *robot* de soldadura.

Como apoio, foi feita uma análise fundamentada de vários conceitos com base na pesquisa bibliográfica/ referências em *lean manufacturing*.

Palavras-chave: *Lean manufacturing*, 5S, melhoria contínua

Conteúdo

Agradecimentos	vii
Abstract	ix
Resumo	xi
Lista de Acrónimos	xx
1 Introdução	1
1.1 Contextualização e Problema	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Estrutura do Documento	2
2 Enquadramento Teórico	3
2.1 Definição e Princípio <i>Lean</i>	3
2.2 Princípio <i>Lean</i>	4
2.3 Os Sete Desperdícios	6
2.4 Técnicas <i>Lean</i>	8
2.4.1 5S	8
2.4.2 <i>Poka Yoke</i>	10
2.4.3 Trabalho Padronizado	11
2.4.4 <i>Kanban</i>	12
2.4.5 <i>Just in Time</i>	13

2.4.6	<i>Jidoka</i>	14
2.4.7	<i>Kaizen</i>	15
2.4.8	Os 5 Porquês	17
2.4.9	<i>Andon</i>	18
2.5	<i>Total Productive Maintenance</i>	19
2.6	<i>Value Stream Mapping</i>	21
3	Caso de Estudo	25
3.1	Descrição da Empresa e Planta Fabril	25
3.2	Adoção do <i>Lean</i> na Cultura da Empresa	27
3.3	Linha de Soldadura	30
3.3.1	Constituição da Linha de Soldadura	30
3.3.2	Técnicas <i>Lean</i> na Linha de Soldadura	37
3.4	Problemas Atuais na Linha de Soldadura	38
4	Implementação da Metodologia Lean no Caso de Estudo	40
4.1	<i>Layout, Standarized Work</i> e Simulação	40
4.2	5S na Linha de Soldadura	44
4.3	<i>Kaizen</i>	50
5	Conclusão e Recomendação para Trabalhos Futuros	60
	Bibliografia	62
A	Os Sete Desperdícios	64
B	Questionário 5S	68
C	<i>Checklist</i> Cinco Minutos, 5S	72
D	Auditoria 5S	73

Lista de Tabelas

3.1	Quantidades e organização das peças nos <i>racks</i>	32
3.2	Problemas encontrados na linha de soldadura	38
4.1	Parâmetros da soldadura	50
4.2	Parâmetros dos cordões de soldadura	51
4.3	Parâmetros da soldadura <i>weave</i>	59

Lista de Figuras

2.1	O <i>Lean Manufacturing</i>	4
2.2	Princípios <i>lean</i>	5
2.3	5S e as maneiras de pensar	10
2.4	Categorias de um <i>Poka Yoke</i>	11
2.5	Regras <i>kanban</i>	12
2.6	Sistema <i>push</i> e sistema <i>pull</i>	14
2.7	As funções do <i>jidoka</i>	15
2.8	O guarda chuva <i>kaizen</i>	16
2.9	O ciclo PDCA	17
2.10	Exemplo dos 5 porquês num novo produto (Ohno, 1997)	18
2.11	Aplicação do Andon	19
2.12	Os oito pilares do TPM	20
2.13	Os ícones típicos de um VSM (King, 2015)	22
3.1	Distribuição Geográfica do Grupo P&C <i>Automotive</i>	25
3.2	Exemplo de uma prensa de estampagem de metal	26
3.3	<i>Layout</i> fabril elaborado da empresa	27
3.4	Parte do questionário 5S utilizado no caso de estudo	29
3.5	Resultados obtidos com a aplicação do questionário 5S	30
3.6	Mesa de trabalho da linha de soldadura	31
3.7	Mesa do <i>gabarit</i>	31
3.8	<i>Racks</i> com peças	32

3.9	Contentor para peças sucata	32
3.10	Caixa para peças suspeitas	33
3.11	Assembladora	34
3.12	<i>Robot</i> da célula de soldadura	35
3.13	Mesas rotativas da célula de soldadura	35
3.14	<i>Display</i> da célula de soldadura	36
3.15	Equipamento <i>transtig</i> 2200 para a soldadura TIG	37
3.16	<i>Andon</i> na linha de soldadura	38
3.17	Problemas encontrados na linha de soldadura	39
4.1	<i>Layout</i> inicial da linha de soldadura	41
4.2	Esquema das Tarefas Elementares	41
4.3	Simulação da linha no <i>software Flexsim</i>	42
4.4	Simulação da produção no <i>software Flexsim</i>	42
4.5	Resultados obtidos na linha de soldadura com os resultados no <i>software Flexsim</i>	43
4.6	Antigo e Novo <i>Layout</i>	44
4.7	Substituição de paletes por uma estrutura móvel	45
4.8	Contentor para peças sucata e suspeitas	45
4.9	Aplicação do segundo S na mesa de trabalho	46
4.10	Suporte para etiquetas	46
4.11	Sistema de rodas na mesa do <i>gabarit</i>	47
4.12	Criação de <i>zonings</i> na linha	47
4.13	Aplicação do <i>seiso</i> na linha de soldadura	48
4.14	<i>Checklist</i> 5S, 5 minutos antes do fim do turno de produção com <i>QR CODE</i>	49
4.15	Auditoria 5S	49
4.16	Peça conforme e peça sucata	50
4.17	Atual programa de soldadura	51
4.18	Aplicação do ciclo PDCA	52

4.19	Diagrama de <i>Pareto</i> para peças suspeitas	52
4.20	Diagrama de <i>Pareto</i> para peças sucata	53
4.21	Seis pontos estudados na fase <i>Do</i> do PDCA	54
4.22	Novo programa com soldadura em <i>weave</i>	55
4.23	Resultado obtido da simulação do cordão de soldadura em <i>weave</i>	56
4.24	Resultado da soldadura em <i>weave</i> na linha	56
4.25	Produções na linha de soldadura	57
4.26	Distribuição do n ^o de peças sucata, antes e após a implementação do novo programa	58
4.27	Distribuição do n ^o de peças suspeitas, antes e após a implementação do novo programa	58

Lista de Acrónimos

DC Corrente Continua.

DOE *Design of Experiments.*

E.T.E. Esquemas de Tarefas Elementares.

FMEA *Failure Mode and Effect Analysis.*

JIT *Just in Time.*

MRP *Materials requirements planning.*

PDCA *Plan Do Check Act.*

TIG *Tungsten Inert Gas.*

TPM *Total Productive Maintenance.*

VSM *Value Stream Mapping.*

WIP *Work in Process.*

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização e Problema

Esta tese é baseada no uso do *lean* como um método de trabalho das empresas. Hoje em dia o *lean manufacturing* é considerado uma ferramenta essencial para o desempenho e crescimento de uma empresa. Dentro destas empresas estão as do setor automóvel, onde se inserem uma grande diversidade de componentes e sistemas, os quais requerem metodologias eficazes para promoverem a produtividade e é por isso fundamental reforçar as competências e as capacidades a este nível. A procura de uma maior eficiência constitui uma preocupação cada vez mais presente no mundo empresarial. Empresas que apostem na melhoria contínua dos seus processos de trabalho vêm esse esforço traduzido num aumento de produtividade e a capacidade produtiva tende a aumentar. Aumentar a produtividade eliminando desperdício é e será, sempre, uma das maiores preocupações nas empresas que constantemente buscam uma melhoria contínua nos seus processos produtivos.

1.2 Objetivos

Este trabalho visa salientar a importância do *lean manufacturing* numa empresa do setor automóvel, melhorando a eficiência do seu sistema de produção, aplicando técnicas e ferramentas *lean*, e mostrar no chão de fábrica que aplicando e utilizando o *lean manufacturing*, é possível reduzir o desperdício e assim aumentar a produtividade. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho é propor melhorias para uma linha de soldadura numa empresa do setor automóvel a partir do *lean manufacturing*;

De forma a atingir este objetivo, são definidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar as principais ferramentas *lean* existentes na bibliografia de apoio;
- Identificar as técnicas e ferramentas *lean* já implementadas na fábrica;
- Sinalizar os problemas existentes na linha de soldadura;
- Aplicação da técnica 5S;
- Simulação da linha de soldadura para identificação de desperdício;
- Aplicação da técnica *kaizen* para o melhoramento dos cordões de soldadura.

1.3 Estrutura do Documento

O documento está dividido em cinco capítulos. No capítulo 1 será apresentada uma contextualização do problema e os objetivos deste trabalho. No capítulo 2 será feita uma revisão bibliográfica, onde são abordados os fundamentos teóricos para cimentar o trabalho elaborado. No capítulo 3 será feita uma apresentação do caso de estudo e no capítulo 4 serão apresentadas as atividades elaboradas relacionadas com a aplicação de diversas técnicas *lean* ao caso de estudo. Por fim, no capítulo 5 irão constar as conclusões obtidas e as recomendações para futuros trabalhos.

Capítulo 2

Enquadramento Teórico

2.1 Definição e Princípio *Lean*

Segundo Santos (2006), o *lean manufacturing* é a eliminação sistemática do desperdício, e como o próprio nome indica, o *lean* está centrado no corte da “gordura” da produção. Pereira (2010) define o *lean* como “uma abordagem inovadora às práticas de gestão, orientando a sua ação para a eliminação gradual das fontes de desperdício através de abordagens e procedimentos simples, procurando a perfeição dos processos, sustentada numa atitude de permanente insatisfação e de melhoria contínua, e fazendo do tempo uma arma competitiva”. Na Figura 2.1, encontra-se ilustrado um mapa mental do *lean manufacturing*, onde podem ser observadas as várias técnicas do *lean*, as possibilidades e também os seus objetivos.

Qualquer empresa com um sistema *lean* implementado torna-se imediatamente mais competitiva. De acordo com Wilson (2010), o *lean* é uma poderosa ferramenta que, no final de um processo produtivo, leva a que esse mesmo processo possa “correr” usando menos material, exigindo um menor investimento, usando menos *stock*, consumindo menos espaço e, usando menos recursos humanos.

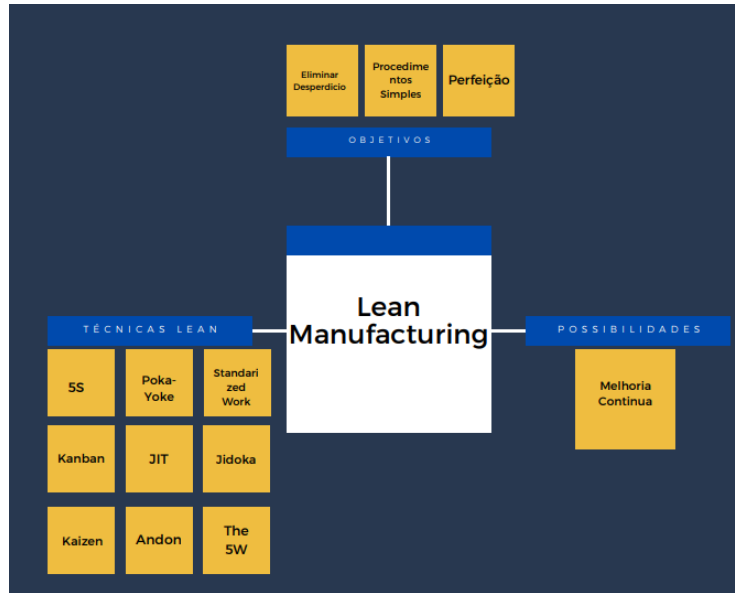


Figura 2.1: O *Lean Manufacturing*

2.2 Princípio *Lean*

Quando eliminamos desperdício eliminamos custos, pois caso contrário não se pode considerar que foi implementada uma ação eficaz numa organização. No *lean* é necessário efetuar mudanças que acrescentem valor ao produto ou serviço, e que se eliminem todas as outras que não agreguem valor. Segundo Womack (2003), o *lean* é baseado em cinco princípios:

1. **Criar Valor** - É o ponto de partida crítico para um pensamento *lean*. Valor só pode ser definido pelo cliente final, e é essencial ter uma visão clara do que o cliente realmente necessita. Fornecer o bem ou serviço errado da maneira certa é desperdício.
2. **Definir a cadeia de valor** - É o conjunto de todas as ações específicas necessárias para trazer um produto específico. Ao longo de uma cadeia de valor, haverá sempre três tipos de ações ao longo do fluxo: as encontradas e que geram valor; as que não criam valor, mas inevitáveis com as tecnologias atuais e ativos da produção; e as que não criam valor.

3. **Fluxo** - Uma vez a cadeia de valor especificada com precisão e o fluxo de valor totalmente mapeada, bem como todas as etapas desnecessárias eliminadas, é necessário fazer com que as etapas restantes da cadeia de valor fluam. O fluxo de valor cria atividades específicas para um produto. Redefinir funções no trabalho, nos departamentos e nas empresas, para que possam assim dar uma contribuição positiva para a criação de valor. Falar com as necessidades reais aos funcionários em cada ponto, e ao longo do fluxo, para que seja do interesse de todos fazer o valor fluir.
4. **Pull** - É o *Pull System* ou produção puxada, onde os processos são puxados e desencadeados pela procura, ou seja, pelo consumidor final. Em termos mais simples, significa que ninguém a montante deve produzir um bem ou serviço até que o cliente o solicite.
5. **Perfeição** - Quinto e último princípio *lean*, que é o aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal, a perfeição.

Estes cinco princípios estão sequenciados na Figura 2.2, para que seja uma linha orientadora para a filosofia *lean* nas empresas.

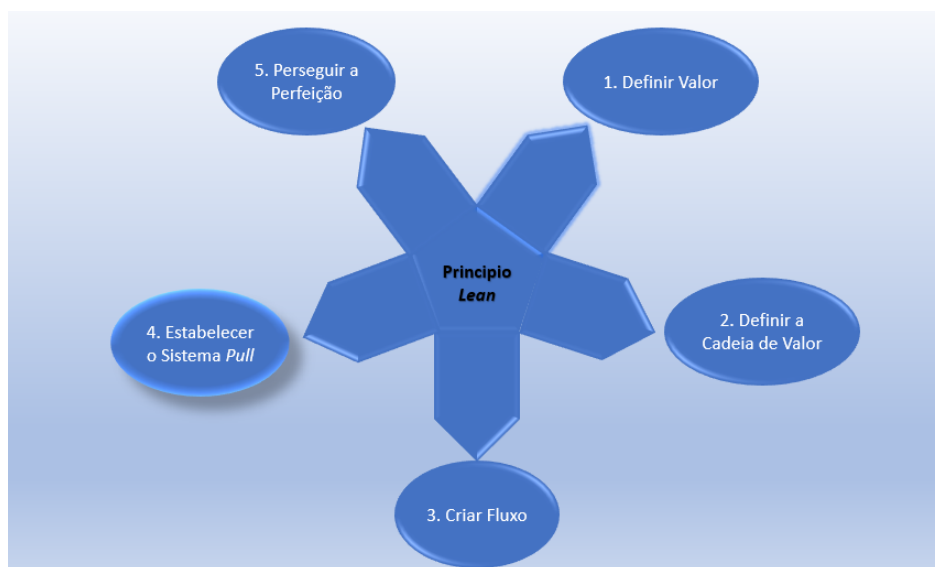


Figura 2.2: Princípios *lean*

2.3 Os Sete Desperdícios

Segundo Townsend (2012), tudo o que é feito para fornecer produtos e serviços deve ser apenas o que o cliente quer, a cada minuto de cada dia. O cliente só se importa em obter um bom produto ou um serviço de qualidade a um preço razoável, e entregue no prazo estipulado. Segundo George (2010), desperdício são todas as fases em que não é acrescentado valor a um produto desde que a ordem de produção é aceite até à sua entrega no cliente. No *lean manufacturing*, existem sete desperdícios num sistema produtivo que não agrega valor:

- **Transporte:** O transporte é o movimento de entradas de processo, trabalho em processo ou saídas. Este desperdício é maioritariamente devido à existência de um *layout* desorganizado (Townsend, 2012).
- **Inventário:** Em *manufacturing*, o desperdício de inventário é facilmente identificado como *Work in Process* (WIP) - pilhas de materiais, componentes, montagens parciais, produtos acabados e assim por diante. Um mau inventário também é devido a um fraco planeamento de produção, um fraco balanço dos processos produtivos, e também devido a um mercado instável (Townsend, 2012).
- **Movimento:** Movimento de pessoas que estão a fazer as operações num processo produtivo. Este desperdício é mais sobre as pessoas que vão para as coisas, em vez de pessoas a deslocar as coisas. Deslocações desnecessárias, que não acrescentam valor ao produto por parte dos operadores na execução das tarefas de produção resultam numa falta de *know-how* do operador, e também de um *layout* desorganizado (Townsend, 2012).
- **Espera:** Ocorre quando um trabalhador tem que esperar a entrega do material, ou por uma paralisação numa linha de produção, ou quando os operadores ficam em pé à espera que uma máquina acabe o processamento de uma peça. Também ocorre quando há excesso de trabalho em processo (o já referido *WIP*) devido à grande produção de lotes, problemas de equipamentos posteriores ou defeitos que exigem

retrabalho. Atrasos aumentam o *lead time* - o tempo entre o cliente fazer e receber o seu pedido - uma medida crítica no sistema *lean* (Townsend, 2012)

- **Retrabalho:** Fazer e corrigir defeitos dos produtos, que não estão de acordo com os requisitos do cliente devido a uma falha humana, a uma falta de padrões de inspeção e também a uma ausência de *Poka-Yoke* (Townsend, 2012).
- **Sobreprodução:** Fazer mais do que o cliente quer, e isto acontece quando a quantidade produzida é superior à quantidade encomendada. A produção de lotes grandes, os erros de previsão de procura, um fraco planeamento de produção e a instabilidade dos mercados levam ao desenvolvimento deste desperdício (Townsend, 2012).
- **Processo desnecessário:** Quando se faz mais num produto ou serviço do que o necessário, está a adicionar-se um custo para o produto e a atrasar o tempo de entrega. São operações não necessárias ou incorretas na conceção de um produto (Townsend, 2012).

Ainda segundo Young (2022), adicionalmente aos sete desperdícios, existem mais três desperdícios que se devem considerar:

- **Staff:** Formação e treino insuficiente, não alinhamento da remuneração ou a subutilização da experiência e talento. É recomendável que seja dado o devido respeito à dignidade humana e privacidade em todas as obras da vida.
- **Energia:** O consumo eficiente de energia reduz o desperdício. Além disso, as empresas são cada vez mais avaliadas no uso da energia, em termos de responsabilidade social corporativa e liderança ambiental.
- **Políticas/ Resistência à mudança:** A implementação bem-sucedida do *lean* envolve organização e mudança cultural.

2.4 Técnicas *Lean*

2.4.1 5S

De acordo com Ledbetter (2018), 5S é um método sistemático para identificar e eliminar desperdícios e manter o local de trabalho seguro, limpo e organizado.

Segundo Visco (2016), um programa 5S eficaz melhora a eficiência, a qualidade, o fluxo de trabalho e a segurança, e é baseada nas cinco palavras japonesas que começam pela letra “s”:

1. *Seiri* (eliminar)

Separar no local de trabalho as coisas que realmente tem utilidade daquelas que não tem; Separar os elementos utilizados de acordo com a sua natureza, uso, segurança e frequência de utilização com o objetivo de facilitar a agilidade no trabalho; Organizar as ferramentas nos locais, onde as mudanças de turno se possam realizar no menor tempo possível; Eliminar elementos que afetam o funcionamento de equipamentos e que possam provocar avarias. Eliminar ainda a informação desnecessária e que nos pode conduzir a erros de interpretação ou atuação.

2. *Seiton* (arrumar)

Dispor de um local adequado para cada elemento usado no trabalho de rotina para facilitar o seu acesso e regresso ao lugar; Dispor de locais identificados para localizar elementos utilizados, e no caso de máquinas assim facilitar a identificação visual dos elementos dos equipamentos, dos sistemas de segurança, dos alarmes, dos controlos, dos sentidos de rotação, etc; Identificar e marcar todos os sistemas auxiliares do processo, como tubagens e ar comprimido.

3. *Seiso* (limpar)

Integrar a limpeza como parte do trabalho diário; assumir a limpeza como atividade de manutenção autónoma - “a limpeza é a inspeção”, pois o trabalho de limpeza como inspeção gera conhecimento sobre o equipamento.

4. *Seiketsu* (estandarizar)

Manter o estado alcançado com os três primeiros “S”; Ensinar o operador a realizar normas com o apoio da Direção e de uma adequada formação; As normas devem conter os elementos necessários para realizar o trabalho de limpeza, o tempo aplicado, as medidas de segurança a ter em conta, e os procedimentos a seguir em caso de se identificar algo de anormal; Dentro do possível, devem ser utilizadas fotografias para ilustrar como se deve manter o equipamento e as zonas em questão; A utilização de padrões deve ser auditada para se verificar o seu comprimento.

5. *Shitsuke* (manter)

Significa transformar em hábitos a utilização dos métodos estabelecidos e padronizados no local de trabalho. Podemos obter os benefícios alcançados por muito tempo, se se conseguir criar um ambiente que respeita as normas e os padrões estabelecidos. A sua aplicação garante que a segurança será permanente e a produtividade melhorará progressivamente, sendo assim a qualidade dos produtos excelente.

Ainda segundo Ledbetter (2018), os 5S traz elevados benefícios como a redução do tempo na procura de ferramentas, na quantidade de passos numa tarefa, no aumento da segurança, eliminando potenciais riscos de acidentes, e no aumento da fiabilidade de um equipamento. Com os 5S é também possível padronizar etapas num processo produtivo, e estabelece uma base para uma cultura de melhoria contínua. A abordagem aos 5S deve ser linear mas cíclica, isto é, os 5S estão permanentemente interligados e só assim se consegue a sua implementação com sucesso, em busca da melhoria contínua. A Figura 2.3 ilustra a "maneira habitual de pensar" e a "maneira correta de pensar". A partir da Figura 2.3 podemos observar que os quatro primeiros S estão conectados ao quinto S, o que quer dizer que para todos quatro primeiros S tem de haver disciplina, isto é, para que seja um ato natural das pessoas fazer a aplicação desta técnica *lean*, e assim reduzir o desperdício e aumentar a produtividade.

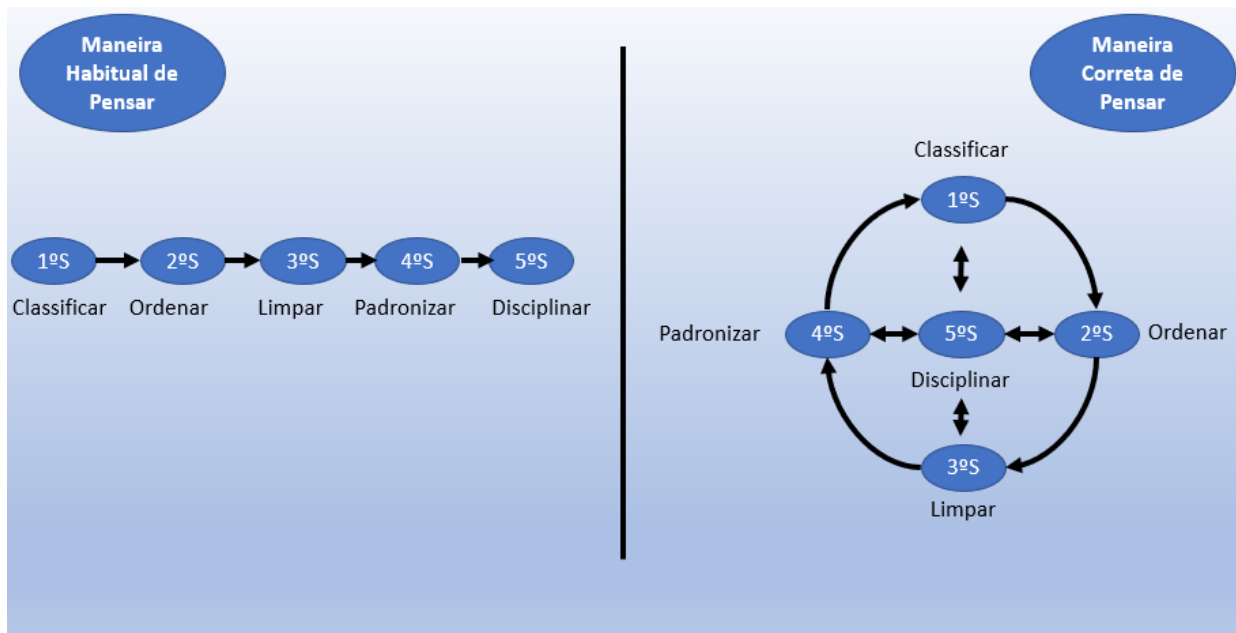


Figura 2.3: 5S e as maneiras de pensar

2.4.2 *Poka Yoke*

Segundo Dennis (2015), *Poka* significa erro e *Yoke* significa prevenção. *Poka-Yoke* significa implementação de dispositivos simples de baixo custo que deteta situações anormais antes que estas ocorram ou, caso ocorram, para evitar defeitos. Segundo o mesmo autor, um sistema *Poka-yoke* elimina a necessidade de verificar constantemente os erros comuns que levam a defeitos. Dessa forma, a qualidade é incorporada no processo eliminando assim desperdício.

Segundo Stewart (2011), um bom *Poka-Yoke* tem que ser simples, com uma longa vida e baixa manutenção, tem que ter uma alta fiabilidade e ser de baixo custo. Na Figura 2.4 encontram-se as diferentes categorias de dispositivos *Poka-Yoke*, e que podem ser de prevenção não permitindo a ocorrência de um erro, ou podem ser de detecção em que pára o processo quando um erro ocorre, ou até mesmo de advertência produzindo um sinal quando o erro é cometido.

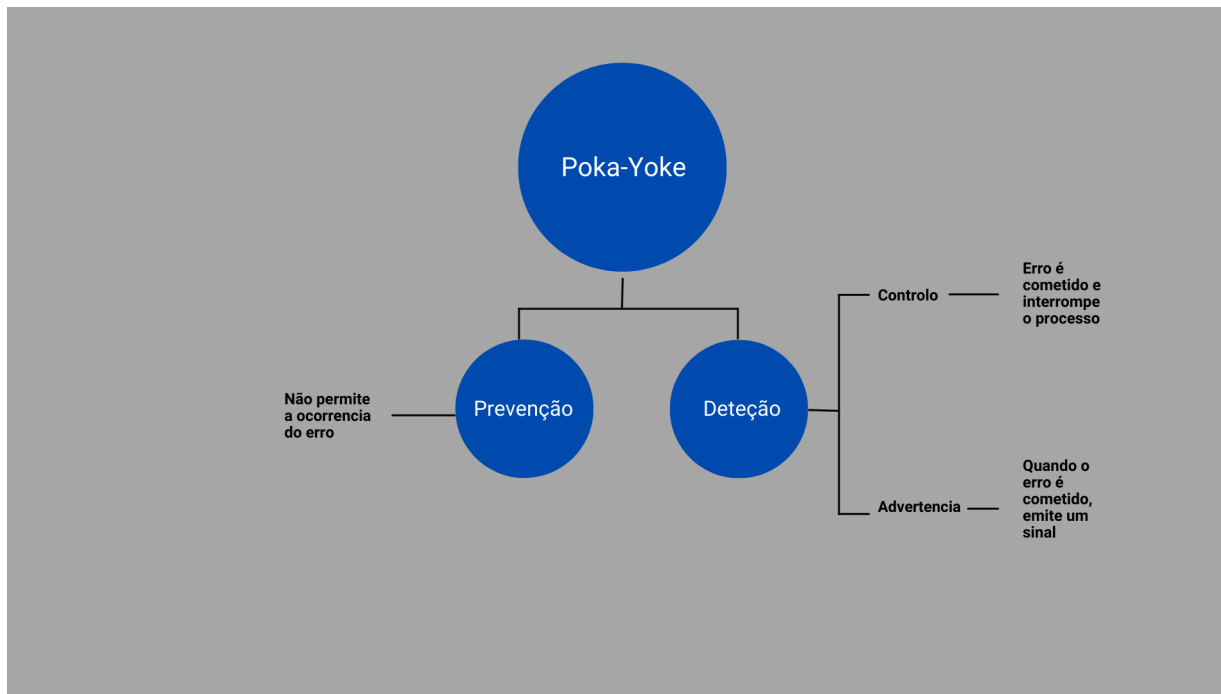


Figura 2.4: Categorias de um *Poka Yoke*

2.4.3 Trabalho Padronizado

Segundo Wedgwood (2016), o trabalho padronizado é uma rotina de uma operação e uma base para melhoria, detalhando o movimento do operador e a sequência de ação. Segundo Cudney (2017), um trabalho padronizado é constituído por três elementos:

1. **Taktime** : É a frequência com que um produto deve ser concluído para atender às expectativas do cliente, e é calculado usando a demanda do cliente e o tempo disponível.

$$\mathbf{Taktime = Tempo\ disponível / Demanda\ do\ cliente}$$

2. **Sequência de trabalho**: É a ordem específica pela qual um operador executa as etapas manuais de um processo.
3. **Trabalho em processo padrão** : É a quantidade mínima de peças na linha e que permitirá que um operador flua o produto de maneira eficiente. Manter o número

padrão de peças é a chave para permitir que o trabalho continue sem haver a espera do operador.

Ainda segundo o mesmo autor, o trabalho padronizado permite estabelecer uma rotina para tarefas repetitivas, também fornece uma base para a melhoria, definindo assim o processo normal e destacando as áreas para possíveis melhorias e, faz também com que se proíba o regresso dos maus hábitos anteriores.

2.4.4 *Kanban*

Para Cudney (2014), o *kanban* é um sistema *pull* que é controlado pelo cliente, que utiliza sinais (*kanban*) para autorizar o reabastecimento de materiais. É um método de controlo do fluxo de material através da substituição do que foi consumido, e um sistema que opera sob "fazer o que precisamos quando precisamos". A Figura 2.5 ilustra como se deve proceder com o *kanban*, com as cinco regras *kanban*.

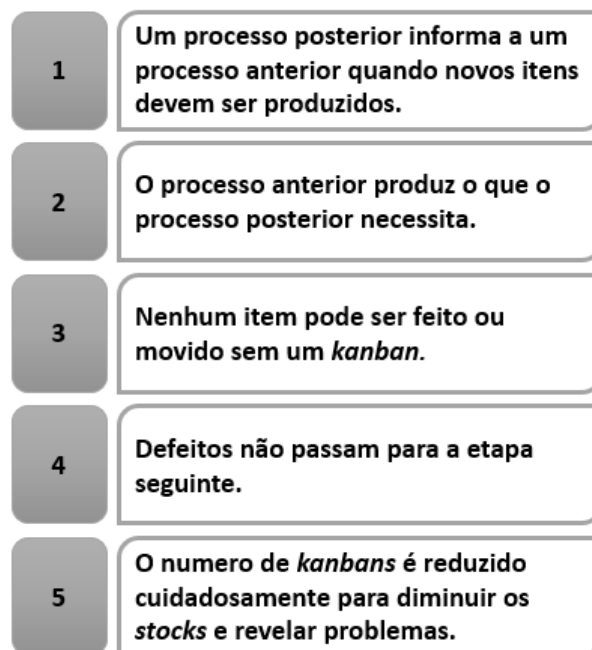


Figura 2.5: Regras *kanban*

No sistema *kanban*, o primeiro e o mais importante fator é a demanda ou pedido. Segundo Carvalho (2016), o sistema *kanban* permite o controlo do fluxo de materiais e a informação associada ao *sistema pull*, garantindo que nenhum material é produzido sem que este seja necessário. Assim sendo, o sucesso na produção de um produto e respetiva entrega no tempo, qualidade e quantidade exigidas pelo cliente, depende de um bom funcionamento do sistema *kanban*.

2.4.5 *Just in Time*

Segundo Pinto (2018), *Just in Time* (JIT) é um sistema de produção, em que produz e entrega o que é necessário, quando é necessário, e o montante necessário. É definido como um conceito de operações, que visa satisfazer os requisitos ao mesmo tempo que oferece qualidade perfeita e desperdício zero. Segundo o mesmo autor, o JIT é um conceito idealizado de gestão de inventário em que somos capazes de fornecer qualquer material necessário, sempre que necessário e com 100% de garantias de fornecimento sem manter qualquer inventário. Salgueiro (2015) refere que, para trabalhar em JIT, uma organização precisa de adotar o paradigma *pull* (processo só é ativado quando o processo a jusante o permite) por oposição ao tradicional *push* (empurrar serviços ou produtos para os clientes na expectativa de mais cedo ou mais tarde serem vendidos). *Push* é *Materials requirements planning* (MRP), ou seja, baseado em ordens de produção, enquanto *pull* é JIT. Na Figura 2.6 encontramos um exemplo da diferença entre um sistema *push* e um sistema *pull*, onde se consegue perceber que num sistema *push*, verifica-se o acumular de *stocks* ao longo da cadeia (*stocks* esses que tem custos associados desde logo ao custo de material não vendido, immobilizando o capital mas também podendo levar a uma deterioração dos produtos, e conseqüentemente a um aumento dos custos devido a, por exemplo, a uma amplificação do espaço logístico). O excesso de *stock* é um problema que pode ser resolvido de forma a garantir a eficiência e a produtividade, em que o sistema *pull* pode ser uma solução para esse problema.

Segundo Dennis (2015), para se trabalhar em JIT, tem que se seguir algumas regras,

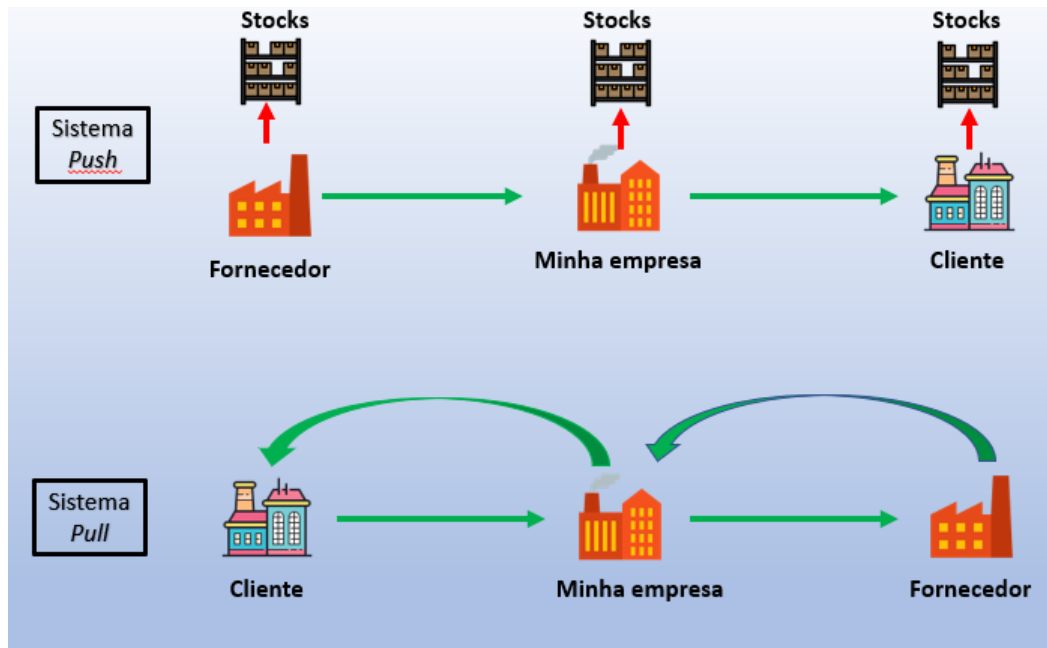


Figura 2.6: Sistema *push* e sistema *pull*

como, não produzir algo a menos que o cliente o tenha encomendado; nivelar a procura de modo que o trabalho possa decorrer sem problemas ao longo da cadeia de produção; ligar todos os processos da procura do cliente através de ferramentas visuais simples; maximizar a flexibilidade das pessoas e das máquinas.

2.4.6 *Jidoka*

De acordo com Dennis (2015), a palavra japonesa *ji-do-ka* compreende três caracteres chineses. O primeiro, "*ji*", refere-se ao próprio trabalhador, pois se sentir que "alguma coisa está errada" ou "Eu estou a criar um defeito", deve parar a linha. *-do* refere-se a movimento ou trabalho, e *-ka* para o sufixo *-ação*". O conjunto *jidoka* foi definido pela *Toyota* como "automação com uma mente humana" e implica trabalhadores inteligentes e máquinas que identificam erros e tomam contra-medidas rápidas. Na Figura 2.7 estão as várias funções desta técnica *lean*. Segundo Salgueiro (2015), em sentido lato, *jidoka* significa que a não qualidade nunca deve ser transmitida para o processo seguinte, visto que este é o cliente. Ainda segundo o mesmo autor *jidoka* implica que qualquer defeito que

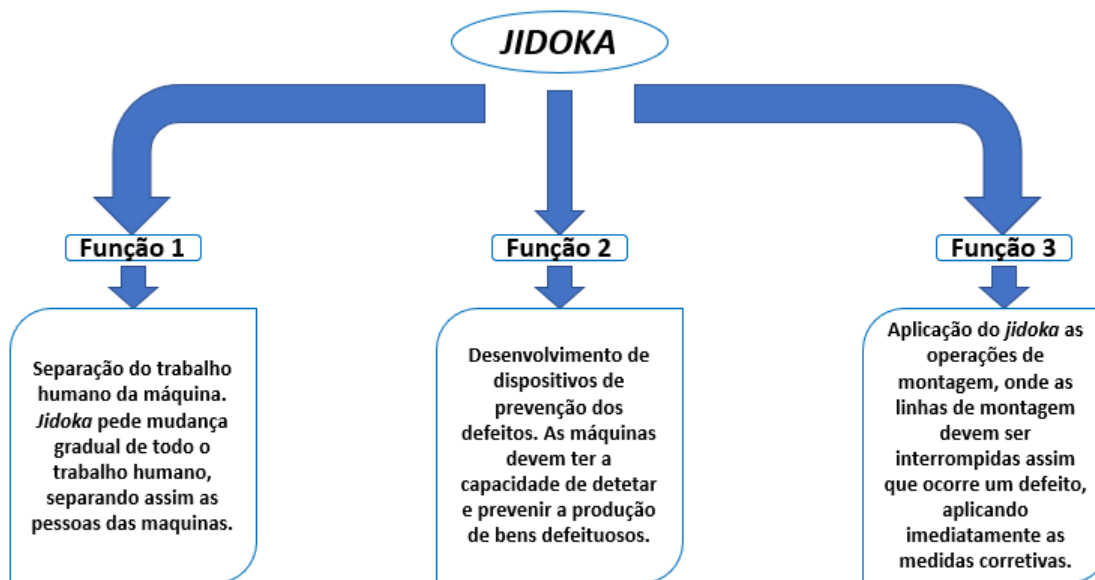


Figura 2.7: As funções do *jidoka*

seja imperativamente detetado, deve ser resolvido no posto onde ocorreu e no momento em que ocorreu, e os processo de fabrico ou de serviço têm de ser organizados de modo a que os defeitos nunca transitem para a fase seguinte. Por fim, *jidoka*, significa "construir com qualidade", não criando defeitos, não aceitando defeitos, e não passando defeitos para a frente.

2.4.7 *Kaizen*

Para o autor Miura (2018), *kaizen* consiste em duas letras japonesas (ou "*kanji*"), que são "*kai*" que significa "mudança" e a palavra "*zen*" que significa "para melhor". Segundo Alcaraz (2017), *kaizen* significa melhoria contínua que pode ser aplicada na nossa vida familiar, social e laboral. Quando aplicado no local de trabalho, *kaizen* significa melhoria contínua para todos os recursos humanos, gestores e trabalhadores. Segundo Salgueiro (2015), *kaizen* é uma técnica que engloba todas as técnicas de melhoria e que faz a ligação entre cada ferramenta. Esta técnica é como um guarda-chuva (Figura 2.8) pois abrange todas as técnicas de melhoria, tirando o máximo proveito do que cada uma oferece.

Segundo Pereira (2010), o ciclo *Plan Do Check Act* (PDCA) descreve como devem



Figura 2.8: O guarda chuva *kaizen*

ser efetuadas as mudanças numa organização. Não inclui apenas os passos de planear e implementar a mudança ou melhoria, mas também o ato de verificar se as ações foram bem implementadas, de forma a ajustar ou planear algumas mudanças mais eficazes. Na Figura 2.9, encontra-se ilustrado o modelo PDCA.

Segundo o mesmo autor, o ciclo PDCA segue os seguintes critérios:

1. **Planear** - Deve identificar-se o estado atual e o estado desejado;
2. **Executar** - Estabelecer metas de curto prazo e de médio prazo que ajudem a reduzir ou eliminar o intervalo entre o estado atual e o estado ideal;
3. **Verificar** - Verificar se as metas propostas no planeamento da ação foram cumpridas durante a execução do processo. Esta etapa não só ajuda a garantir que os ganhos são realizados, como também se torna num passo fundamental para a criação de uma cultura de aprendizagem, como o que foi bem feito?, o que pode ser ainda melhorado e, o que poderia ter sido feito melhor?.

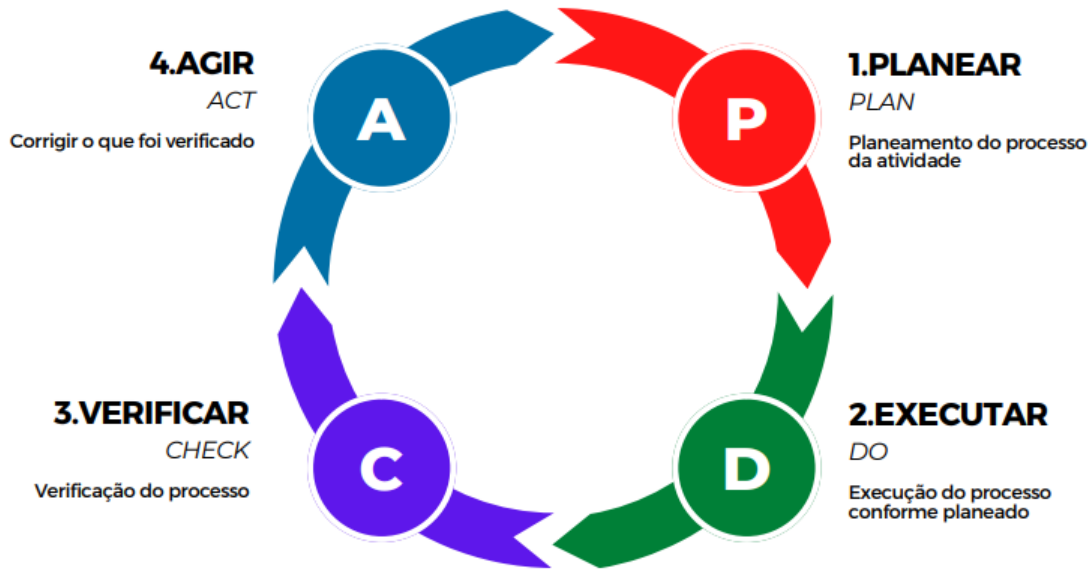


Figura 2.9: O ciclo PDCA

4. **Agir** - Devem detetar-se falhas e possíveis melhorias, definir ações corretivas para que o problema não volte a ocorrer. Este quarto quadrante e ligado ao primeiro, faz com que se inicie um novo ciclo, tornando-se este num sistema de melhoria contínua.

2.4.8 Os 5 Porquês

A abordagem dos 5 Porquês é um método para encontrar as causas reais de um problema, indo em direção à sua causa na raiz, perguntando sucessivamente cinco vezes à pergunta “porquê?” quando surge um problema.

A Figura 2.10 exemplifica a aplicação desta técnica, na qual Ohno (1997) apresenta um problema bem esclarecedor do funcionamento desta metodologia sobre um equipamento que parou de funcionar:

1. Porque é que a máquina parou? Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou-se;
2. Porque é que houve uma sobrecarga? Porque a peça não estava suficientemente lubrificada;

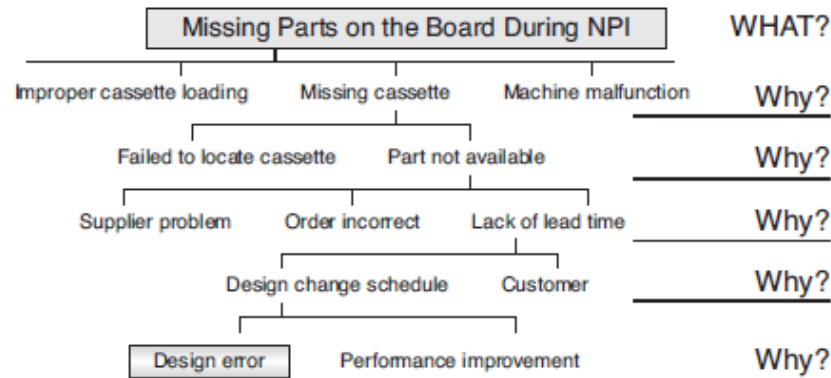


Figura 2.10: Exemplo dos 5 porquês num novo produto (Ohno, 1997)

3. Porque é que não estava suficientemente lubrificada? Porque a bomba de lubrificação não estava a bombear suficientemente;
4. Porque é que não estava a bombear suficientemente? Porque o eixo da bomba estava gasto e a vibrar;
5. Porque é que o eixo estava gasto? Porque não havia uma tela acoplada e entravam limalhas.

Podemos dizer então que a aplicação dos 5 porquês, é usada quando se quer desenvolver uma compreensão mais detalhada de um problema, de forma a obter um impacto mais duradouro e permanente na resolução de um problema, de forma a eliminar a sua causa raiz.

2.4.9 *Andon*

Segundo Carvalho (2016), *Andon* é um sistema de gestão visual onde o objetivo é facilitar a comunicação entre os vários intervenientes numa organização, como operadores, engenheiros e administradores (Figura 2.11).

Esta técnica requer que o local de trabalho disponha de sinais que informe as pessoas do que fazer, quando fazer, o que está a correr mal, e quem precisa de ajuda. O *Andon*

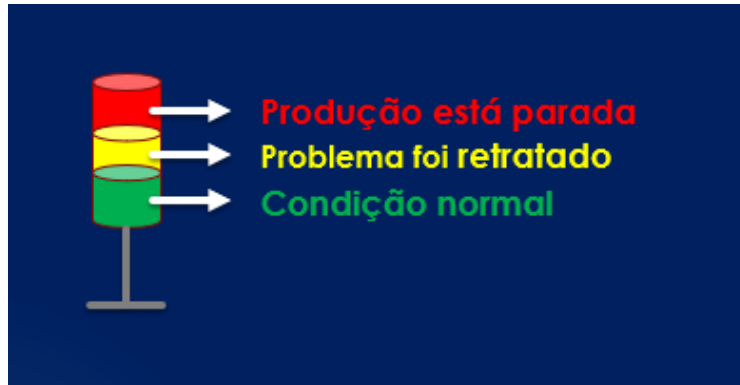


Figura 2.11: Aplicação do Andon

mostra como o trabalho deve ser executado, como as ferramentas devem ser guardadas ou usadas, mostra também o estado da produção e quando é necessário assistência.

A Figura 2.11 mostra alguns exemplos desta técnica *lean*, onde se conseguem visualizar os vários sinais que se podem utilizar de forma a que se consiga perceber se, por exemplo, um processo, ou se a produção num posto de trabalho está a ser produtivo, ou se é necessário tomar alguma ação corretiva, de forma a eliminar algum problema que tenha ocorrido.

2.5 Total Productive Maintenance

O *Total Productive Maintenance* (TPM) é um conjunto de técnicas orientadas para eliminar avarias através da participação dos colaboradores da empresa. De acordo com Almeida (2015), é uma metodologia que visa alcançar o desempenho esperado dos equipamentos, garantindo que não surjam interrupções ao longo dos processos produtivos.

Segundo o mesmo autor, existem oito pilares no TPM:

- **Manutenção Autónoma** - Processo que envolve a formação dos operadores para a realização de tarefas de manutenção básicas (limpeza, aplicação de lubrificantes ou inspeção) nos postos de trabalho.
- **Manutenção centrada** - Com este processo pretende-se garantir o máximo rendimento global dos equipamentos através da identificação e da eliminação de todo o

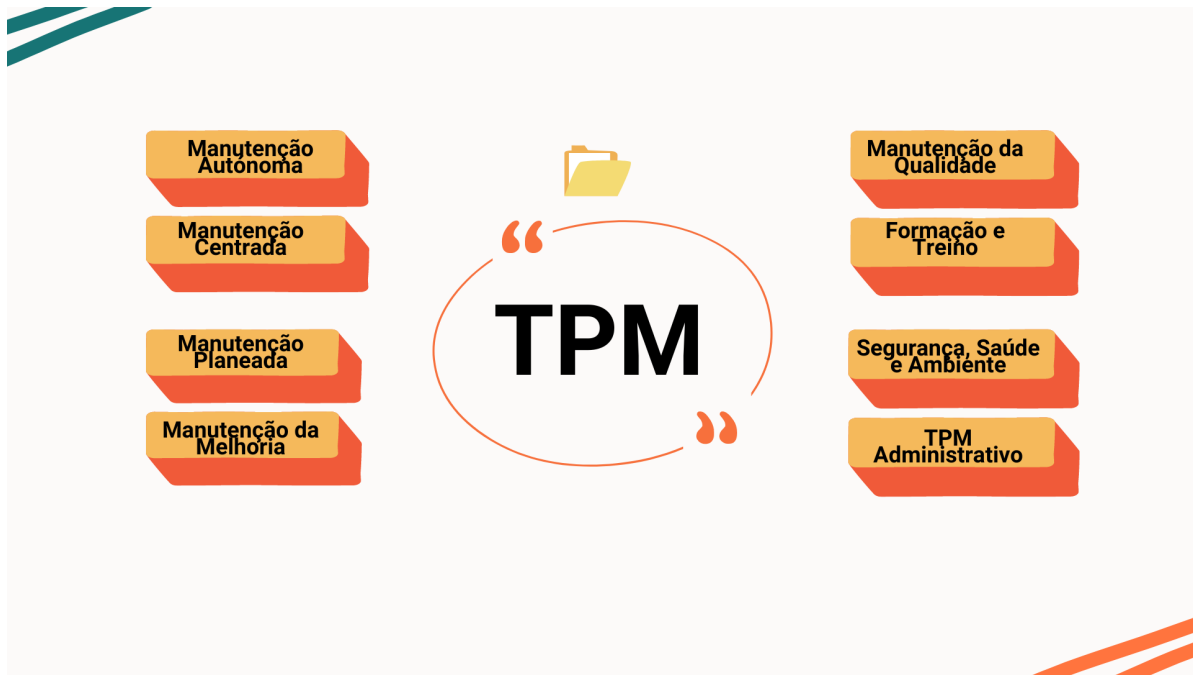


Figura 2.12: Os oito pilares do TPM

tipo de desperdícios.

- **Manutenção planeada** - Planeamento atempado de vários tipos de manutenção com o objetivo de garantir que são preservadas as condições originais dos equipamentos e dos processos. Com isto, pretende-se implementar uma reação proativa em vez de reativa.
- **Manutenção da qualidade** - Trata-se de um processo de eliminação e controle de anomalias nos produtos e equipamentos. Subentende uma abordagem proativa de forma a atingir zero defeitos;
- **Formação e treino** - Apostar na transmissão de conhecimentos sobre produção e manutenção aos operadores de forma a alcançar altos níveis de motivação, empenho e eficácia por parte dos mesmos no desempenho das suas funções;
- **Segurança, saúde e ambiente** - Criar um ambiente de trabalho seguro, saudável e imune a danos resultantes de processos produtivos. O foco vai para aspetos como a ergonomia e os acidentes de trabalho;

- **TPM administrativo** - Identificação e a eliminação de desperdícios relacionados com funções administrativas, aumentando a sua eficiência e produtividade. Pressupõe a análise de processos e procedimentos em várias áreas das empresas, como a produção, a logística ou os recursos humanos;
- **Manutenção de melhoria** - Parte da experiência adquirida em projetos anteriores para se eliminar desperdícios e garantir o máximo rendimento global dos equipamentos e dos processos através de ações de manutenção.

Importa referir que na base dos oito pilares TPM está a metodologia 5S. Isto significa que não é possível implementar eficientemente o TPM sem que antes haja uma preocupação com a organização do espaço de trabalho. Na Figura 2.12 estão apresentados os oito pilares do TPM. De salientar que na indústria automóvel, onde a concorrência é cada vez mais forte, a aplicação eficiente desta técnica permite atingir os objetivos da produção, e pode constituir também uma vantagem competitiva no mercado.

2.6 *Value Stream Mapping*

Para Cudney (2014), o *Value Stream Mapping* (VSM) é um método de fluxograma originalmente criado no sistema de produção da *Toyota*, para documentar todo o processo (de uma empresa ou de um departamento) numa única folha de papel, utilizando para isso, vários ícones característicos para a elaboração de um VSM, como ilustrado na Figura 2.13

Segundo Salgueiro (2015), permite visualizar o percurso de um produto ou serviço ao longo de toda a cadeia de valor. A cadeia de valor é o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a obtenção do pedido até à entrega ao cliente final do produto ou serviço. Trabalhar a partir desta perspetiva da cadeia de valor garante ao gestor ter uma visão global dos processos, não se concentrando apenas em processos individuais ou na otimização das partes. Segundo Cudney (2014), o primeiro passo é criar um mapa do estado atual de como o valor está a fluir na organização. O VSM captura o fluxo de um produto a partir do ponto de entrada da matéria-prima até ao ponto em que um produto

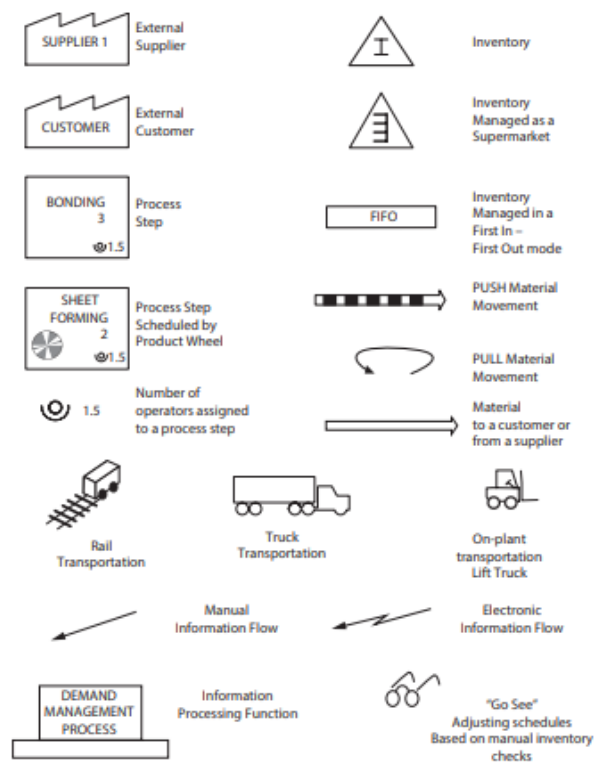


Figura 2.13: Os ícones típicos de um VSM (King, 2015)

final é entregue ao cliente. Isto inclui todas as atividades de valor acrescentado e "não valor" acrescentado que tenham sido aceites como necessárias para produzir o produto. Pode aplicar-se o VSM a qualquer produto ou serviço, encontrando assim uma aplicação generalizada em processos não fabris como a conceção de um produto, e em processos empresariais, como a compra, a faturação e a venda. Além disso, o VSM permite a visualização de todo um processo como um conjunto holístico de operações e não como um movimento desarticulado de material através de etapas de operação discretas. Permite também a interação entre os operadores para os ajudar a perceber como podem otimizar todo um processo, em vez de procurar apenas a otimização local para operações específicas. Assim, ao fazê-lo, os sete desperdícios tornam-se evidentes. Para King (2015) o VSM é composto por três componentes principais:

1. **Fluxo de material:** Mostra o fluxo de material à medida que avança a partir da matéria-prima, seguindo através de cada etapa principal do processo (máquina,

tanque, ou disposição de recipientes), para que os produtos acabados se desloquem em direção ao cliente. Isto é uma visão de alto nível mostrando apenas peças importantes de equipamento ou processamento com caixas de dados que ilustram o desempenho de cada peça. Todos os inventários ao longo do fluxo são também mostrados, com caixas de dados que mostram o conteúdo de cada armazém de inventário.

2. **Fluxo de informação:** O fluxo de todos os principais tipos de informação que governam, o que deve ser feito e quando deve ser feito. Isto começa com encomendas do cliente, traça de volta todo o planeamento e programações significativas dos processos, e termina com horários e sinais de controlo para a produção prosseguir. A informação flui tipicamente na direção oposta à do fluxo de material.
3. **Linha do tempo:** Mostra o tempo de valor acrescentado e contrasta-o com o tempo sem valor acrescentado. É uma linha no fundo do VSM sob a forma de uma onda quadrada. Este é um indicador-chave de resíduos no processo: mostra o efeito dos resíduos mas não a causa, e isso deve ser diagnosticado a partir dos outros dois componentes do VSM.

Um VSM traz consigo elevadas vantagens (King, 2015):

- Proporciona uma compreensão das operações que estão a criar valor para o cliente;
- Proporciona uma visão clara do material desde as matérias-primas até aos produtos acabados e fornece uma imagem integrada do processo, o que melhora a compreensão das interações entre as várias etapas;
- Se o VSM é criado por uma equipa que representa todas as áreas de processo e todas as funções, constrói um forte entendimento multifuncional do processo global e da sua inter-conetividade;
- Destaca as principais formas de resíduos encontrados numa operação do processo;
- Fornece algumas pistas sobre as causas raiz dos resíduos;

- Liga o fluxo de informação ao fluxo de material, de modo a que o efeito dos erros, atrasos e retrabalho no processamento de informação sobre o material torna-se visível;
- Fornece um modelo para a conceção de um estado futuro melhorado, e os dados para quantificar melhorias de desempenho;
- Fornece uma base sólida para a organização de eventos *Kaizen*, com a condescendência de se concentrarem sobre o desempenho do processo de projeção de problemas.

Capítulo 3

Caso de Estudo

Este projeto tem como objetivo a aplicação do *lean manufacturing* numa linha de soldadura na empresa Catraport.

3.1 Descrição da Empresa e Planta Fabril

A Catraport, Lda. é uma empresa localizada em Bragança pertencente ao grupo *P&C Automotive*, e que faz a produção de componentes para o setor automóvel. Com sede em Itália, o grupo *P&C Automotive* está presente em cinco países com sete unidades fabris (Figura 3.1).



Figura 3.1: Distribuição Geográfica do Grupo P&C *Automotive*

Dentro da empresa existem quatro departamentos: Produção e Logística, Qualidade e

Engenharia, Recursos Humanos, Vendas e Comercial. A principal atividade desta unidade fabril é a estampagem de metal, através de um processo de estampagem a frio em prensas de moldagem (Figura 3.2)



Figura 3.2: Exemplo de uma prensa de estampagem de metal

Dentro das prensas de moldagem encontram-se vários modelos: *Zanni* 600 toneladas com alimentador milutensil, duas *Rovetta* 600 toneladas com *transfer* e alimentador norda, e uma *Cattaneo* 1000 toneladas com *transfer* e alimentadores norda e milutensil. Além destes modelos, existem também uma prensa manual de 100 toneladas da *Bulcom*, uma cortadora *Omera*, uma calibradora, uma lavadora por ultrasons *Firmatic*, uma célula de soldadura *Tecnorobot* e uma assembladora. Na Figura 3.3 está ilustrada a planta fabril da Catraport, onde é possível observar a distribuição dos equipamentos no chão de fábrica.

Esta empresa do setor automóvel tem como visão ser um modelo na indústria automóvel, na inovação e tecnologia, no compromisso com os clientes e no desenvolvimento do seus colaboradores. Tem como missão a produção de componentes para o setor automóvel

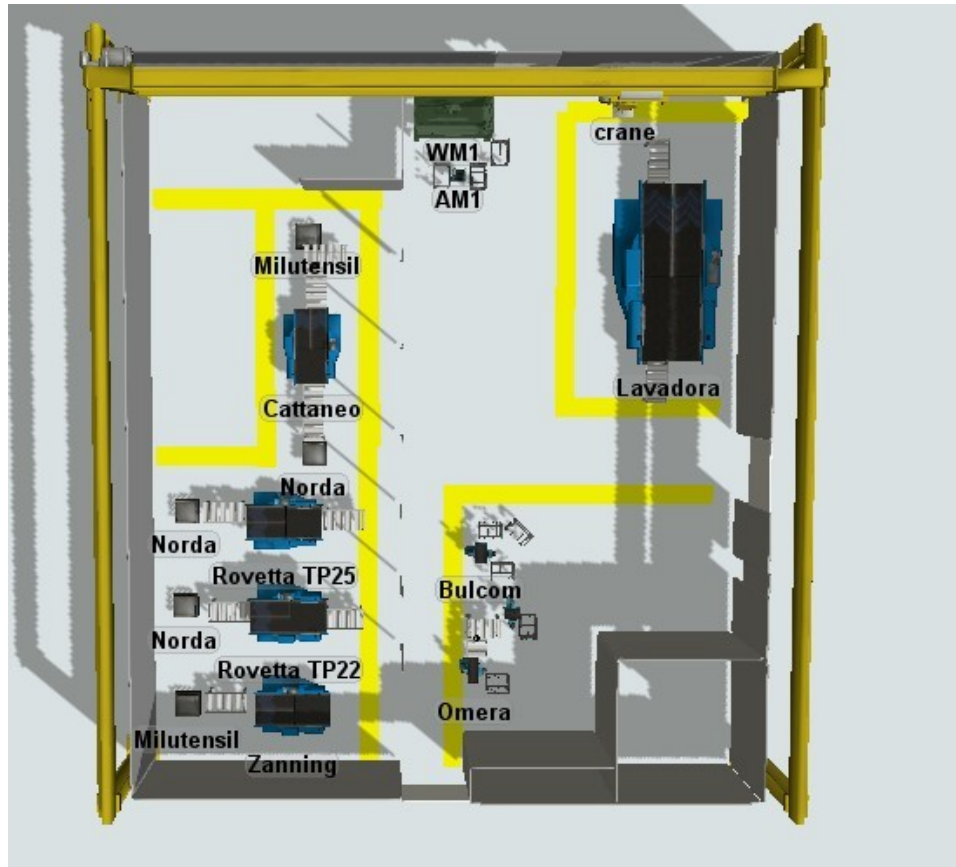


Figura 3.3: *Layout* fabril elaborado da empresa

com elevado nível de excelência, e assume como valores a responsabilidade e a conscientização, a comunicação multi-direcional, a qualidade, o meio ambiente e a segurança. Na Figura 3.3 podem observar-se onde se encontram as várias prensas onde é realizado o maior volume do seu produto. Também se podem visualizar os outros equipamentos, que exceto a lavadora, são equipamentos de menor porte e onde é feito um segundo trabalho de vários produtos que saem das prensas.

3.2 Adoção do *Lean* na Cultura da Empresa

A adoção do *Lean Manufacturing* deve obrigatoriamente passar por um respeito de mudança cultural, através do respeito para com os colaboradores, da importância do processo de melhoria contínua, no desenvolvimento e liderança dos colaboradores, no trabalho em

equipa, e também no desenvolvimento e formação contínua dos colaboradores. Atualmente, a empresa tem vindo a desenvolver a cultura e o pensamento *lean*, onde se destacam os seguintes pontos:

- TOP 5, TOP 10 e TOP 15 – Reuniões diárias com os vários departamentos da empresa, com a finalidade de rever a situação da produção nas últimas oito horas, havendo lugar à troca de informações necessárias para um bom desempenho diário;
- 5S – Existe um conjunto de ações que os colaboradores realizam no início e no fim de turno, com a finalidade de deixar tudo arrumado e limpo. A existência de documentação e auditorias relativas aos 5S também está presente;
- *Poka-Yoke* – Existência de *paddlocks* implementados em vários postos de trabalho, onde os colaboradores fazem os respetivos *poka-yoke test* antes do início da produção. Cada *poka-yoke* tem um formulário de validação em que são registados os parâmetros ou características críticas, bem como o método de validação corretamente identificado e descrição da operação incorreta.
- Ideias de melhoria – Os colaboradores têm a possibilidade de sugerir ideias que possam melhorar o processo produtivo. Após as sugestões das ideias de melhoria, a Direção faz uma análise e comunica se foram ou não aceites.
- TPM – É realizado pelo departamento de Manutenção, onde são feitas intervenções periódicas nos equipamentos, para melhorar o processo produtivo e diminuir o risco da avaria.

Com o intuito de perceber a relação que os colaboradores da empresa têm com o *lean*, foi realizado um inquérito 5S. Este questionário é constituído por 39 afirmações, e dentro destas os colaboradores têm cinco opções de escolha:

- Discordo totalmente, que tem o valor em percentagem de 0%;
- Discordo, que tem o valor em percentagem de 25%;

- Não concordo nem discordo, que tem o valor em percentagem de 50%;
- Concordo, que tem o valor em percentagem de 75%;
- Concordo totalmente, que tem o valor em percentagem de 100%.

Na Figura 3.4 é representada uma parte do questionário, podendo o mesmo ser consultado na íntegra no Apêndice B.

Seiri (eliminar)-“Eliminar tudo o que não é necessário”						
	Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
6	Não existe desordem nos postos de trabalho	1	2	3	4	5
7	É frequentemente removido material desnecessário nos postos de trabalho	1	2	3	4	5
8	Só existe material necessário no meu posto de trabalho	1	2	3	4	5
9	Os documentos no meu posto de trabalho encontram-se atualizados	1	2	3	4	5
10	As regras relativas aos quadros de avisos são estabelecidas e existem apenas avisos atuais	1	2	3	4	5
11	Existe um sistema para eliminar o que não necessito no meu posto de trabalho	1	2	3	4	5

Figura 3.4: Parte do questionário 5S utilizado no caso de estudo

Os questionários foram entregues aos colaboradores da Produção, da Manutenção, da Qualidade e da Direção. Foram preenchidos um total de 33 questionários e os resultados obtidos encontram-se na Figura 3.5.

A partir da Figura 3.5 pode concluir-se que os colaboradores concordam que os 5S melhoram a segurança, a qualidade e a produtividade, aspetos estes que tiveram um resultado bom acima dos 75%. No inquérito, os colaboradores manifestaram que existe uma falta de liderança na sensibilização dos 5S, tendo por isso sido obtido um resultado satisfatório de 61%. Por fim, nos 5S (*seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu*, *shitsuke*) também se obteve um resultado satisfatório, com uma média de 59%, o que indica falta de conhecimento e falta de cultura desta técnica *lean*.

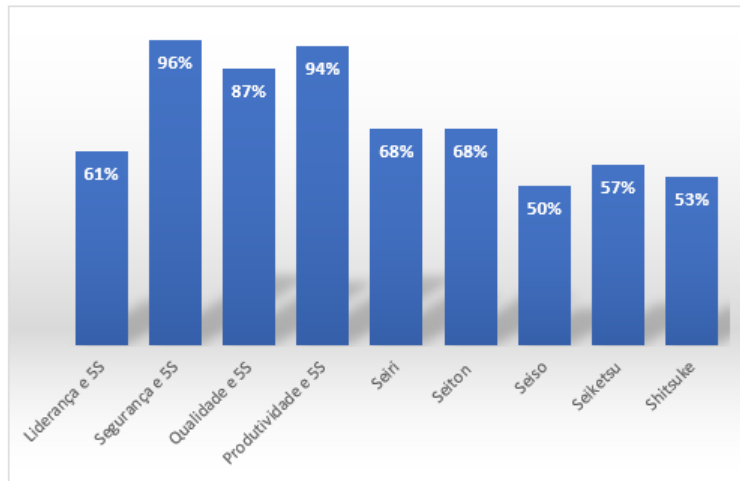


Figura 3.5: Resultados obtidos com a aplicação do questionário 5S

3.3 Linha de Soldadura

3.3.1 Constituição da Linha de Soldadura

A linha de soldadura é uma linha nova em relação aos outros postos de trabalho, e por isso um método novo na empresa, pois os produtos finais eram obtidos apenas através de estampagens sucessivas do metal em prensas. Relativamente à constituição desta linha, existem:

- **Mesa de trabalho** - A mesa de trabalho é o local onde se encontram os utensílios do posto de trabalho. Entre esses utensílios encontram-se uma lima para remover possível excesso de soldadura; um pincel para limpeza das mesas da célula de soldadura; um posicionador de elétrodos para posicionar o elétrodo no afiador de elétrodos; um alicate de corte para cortar excesso de fio que vem da bobine da célula de soldadura; e um conjunto de elétrodos WT20 que são utilizados no *Robot* de soldadura. A Figura 3.6 exemplifica o que acabou de ser referido.
- **Mesa do *gabarit*** - Como o nome indica, é a mesa onde está o *gabarit* da peça que é produzida. No *gabarit* é onde se controla a geometria da peça, para verificar se está conforme as especificações do cliente. É também onde se encontra o afiador de



Figura 3.6: Mesa de trabalho da linha de soldadura

Figura 3.7: Mesa do *gabarit*

elétrodos, que é um equipamento que afia o desgaste do elétrodo devido às soldaduras na peça. Na Figura 3.7 está ilustrada a mesa do *gabarit*, juntamente com o afiador de elétrodos.

- **Racks com peças** - As peças que chegam e saem da linha são realizadas em *racks* metálicos com 83cm de largura, 124cm de comprimento e 97cm de altura. Na Tabela 3.1 estão as quantidades da matéria-prima e do produto final dos respetivos *racks*, e na Figura 3.8 ilustrados os *racks* com peças.

Os *racks* com defletor e os *racks* com cone são trazidos para a linha através de um empilhador, e os *racks* com a peça soldada é levada para a logística pelo empilhador, que serão seguidamente embaladas e entregues ao cliente.



Figura 3.8: *Racks* com peças

	Cone	Defletor	Peça Soldada
Quantidade por <i>rack</i>	600	1000	600
Organização das peças	Organizado	Aleatório	Organizado

Tabela 3.1: Quantidades e organização das peças nos *racks*

- **Contentor para peças sucata** - É o local onde são colocadas as peças rejeitadas, que não cumprem os requisitos do cliente e por isso são colocadas no contentor de cor vermelha. Na Figura 3.9 está ilustrado esse mesmo contentor.



Figura 3.9: Contentor para peças sucata

- **Caixa para peças suspeitas**- As peças suspeitas são colocadas numa caixa azul, que está identificada como "peças suspeitas". As peças são consideradas suspeitas quando não preenchem totalmente os requisitos do cliente. Essas peças podem ter cordões de soldadura incompletos, ou até visualmente apresentarem riscos ou fissuras (Figura 3.10). Estas peças são analisadas pelo departamento da Qualidade, a fim de perceber se as mesmas continuam a preencher os requisitos do cliente.



Figura 3.10: Caixa para peças suspeitas

- **Assembladora** - O equipamento que faz a união do defletor com o cone, é uma prensa manual com 80cm de largura, 54cm de comprimento, e 145cm de altura. É uma prensa com atuador pneumático e que atua com uma pressão de 0,6 bar. Apresenta também uma barreira fotoelétrica, que faz com que o seu ciclo de produção pare se algo passar por essa mesma barreira, e apresenta ainda dois botões de início de ciclo e dois botões de paragem de emergência. A Figura 3.11 ilustra a assembladora da linha de soldadura. A montagem da peça na assembladora só tem uma posição e, se houver uma má montagem da peça, irá originar uma peça sucata.



Figura 3.11: Assembladora

- **Célula de Soldadura-** A célula de soldadura é um equipamento que foi elaborado pela empresa *Tecnorobot* e que apresenta as seguintes características:
 1. Tem como dimensões 391,3cm de comprimento, 205,6cm de largura, e 225cm de altura.
 2. Apresenta um *robot* para a soldadura, modelo *Fanuc LR Mate 200 ID*, com suporte para o fio de adição e para o eletrodo de tungstênio. Este modelo é um *robot* de 6 eixos e com um alcance de 717mm, e que possui uma capacidade de carga de 7kg. Tem um peso de 25kg e apresenta também um movimento suave, sem vibrações, mesmo a operações com velocidades elevadas. Na Figura 3.12 está ilustrado o *robot* na célula de soldadura.
 3. Possui quatro mesas rotativas com fechamento de manípulos pneumático, onde cada mesa possui capacidade para soldar uma peça. Cada manípulo das mesas possui um sensor para identificar se o manípulo está fechado ou aberto, e não



Figura 3.12: *Robot* da célula de soldadura



Figura 3.13: Mesas rotativas da célula de soldadura

inicia ciclo se pelo menos um dos manípulos estiver aberto. A Figura 3.13 ilustra as mesas da célula de soldadura.

4. Apresenta um *display* para informação do estado da célula de soldadura, como ilustrado na Figura 3.14. A partir da análise da Figura 3.14, o *layout* dá a infor-



Figura 3.14: *Display* da célula de soldadura

mação relativa às condições iniciais da máquina: o *scaricatore* é a informação relativa ao descarregador da peça; o *ravv.check tool* é a informação relativa ao elétrodo onde o operador escolhe de quantas em quantas peças é necessário parar a máquina para afiar o elétrodo; o *conta pezzi* é a informação relativa ao número de peças produzidas; o *input/output* é a informação relativa aos sensores que constituem a célula de soldadura, como por exemplo se um manípulo de uma mesa está aberto ou fechado; e por fim, o *allarmi* é a informação que a máquina fornece ao operador quando não se verifica as condições iniciais para o seu início de ciclo.

5. Possui um equipamento de soldadura de *Tungsten Inert Gas* (TIG), modelo *transtig 2200* da *Fronius*, que faz conexão com o *robot*. A velocidade do fio de



Figura 3.15: Equipamento *transstig* 2200 para a soldadura TIG

adição, a intensidade da corrente, e todos os outros parâmetros da soldadura são controlados a partir deste equipamento (Figura 3.15).

3.3.2 Técnicas *Lean* na Linha de Soldadura

Podem ser observadas algumas técnicas *lean* implementadas na linha de soldadura:

- 5S: Existência de uma documentação de formação aos 5S;
- *Poka Yoke*: Encontra-se este dispositivo nas mesas da célula de soldadura, onde só é possível fazer a montagem da peça numa única posição. Nos manípulos das mesas de soldadura estes têm de estar fechados para iniciar o ciclo de soldadura. Por fim, a existência de um sensor de infravermelhos que identifica a peça na mesa, caso contrário, não inicia o ciclo de soldadura;
- *Andon*: Existência de um sinal luminoso na parte superior da célula de soldadura, em que o sinal fica vermelho quando existe um problema e não inicia o seu ciclo de produção, ou quando apresenta o sinal luminoso verde que significa que a célula

de soldadura reúne todas as condições iniciais para iniciar o seu ciclo de produção (Figura 3.16).



Figura 3.16: *Andon* na linha de soldadura

3.4 Problemas Atuais na Linha de Soldadura

Após ser feito o levantamento da constituição da linha de soldadura, observaram-se os problemas atuais na mesma. Foram analisadas várias situações que podem condicionar a produção e a qualidade da linha, e os problemas encontrados estão na Tabela 3.2

Problemas Atuais na Linha de Soldadura		
O quê	Como?	Porquê?
Documentação	Não Organizada	Falta 5S
Ferramentas	Não Organizada/Não identificada	Falta 5S
<i>Racks</i> das peças	Em cima de paletes de madeira	Falta de 5S
Caixas	No chão	Falta de 5S/ Mau <i>Layout</i>
Peças sucata	Soldadura NOK	Perfuração e fissuras
Peças Suspeitas	Soldadura NOK	Cordões baixos ou altos ou incompletos

Tabela 3.2: Problemas encontrados na linha de soldadura

A partir da análise da Tabela 3.2 conclui-se que a falta da aplicação dos 5S e a estabilidade do processo de soldadura condicionam a produtividade da linha, levando a paragens

não programadas. Na Figura 3.17 encontram-se os pontos referidos na Tabela 3.2. A partir da análise da Figura 3.17 pode ser observada uma clara desorganização da linha resultado da nítida falta da cultura 5S. Pode também ser observada uma peça sucata devido à soldadura do *robot*, originando paragens não programadas para afinações, e consequentemente a uma perda de produtividade.



Figura 3.17: Problemas encontrados na linha de soldadura

Capítulo 4

Implementação da Metodologia Lean no Caso de Estudo

O objetivo primordial deste projeto é a aplicação do *lean manufacturing* numa linha de soldadura.

4.1 *Layout, Standardized Work* e Simulação

Foi estudado inicialmente o *layout* da linha para tentar melhorar o processo produtivo, onde foram feitas várias simulações a partir do *software flexsim*. Este *software*, é um *software* de simulação que permite modelar, simular, analisar e visualizar em 3D qualquer sistema de produção. Na Figura 4.1 está representado o *layout* da linha de soldadura, em que a esquerda da Figura 4.1 está o estado atual da linha, e no lado direito da Figura 4.1 o estado atual da linha de soldadura no *software flexsim*.

Relativamente ao *standard* de trabalho na linha, este segue o esquema de tarefas elementares apresentado na Figura 4.2, em que o operador inicia o seu ciclo, deslocando-se ao *rack* com defletor, pegando na peça e inserindo-a na parte superior da assembladora (AM). De seguida, desloca-se ao *rack* com cone, pegando na peça e inserindo-o na parte inferior da assembladora (AM). Seguidamente pega na peça assemblada, deslocando-se até á célula de soldadura (WM1) montando a peça na máquina e iniciando então a

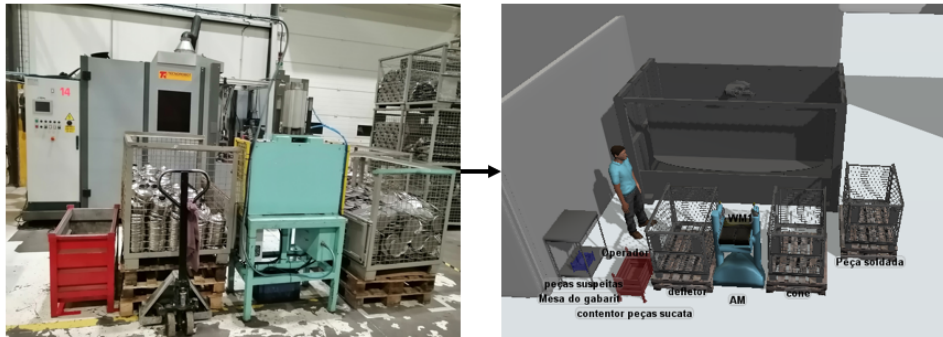


Figura 4.1: *Layout* inicial da linha de soldadura

soldadura da peça. Após soldada a peça, o operador retira a peça da máquina, verifica os cordões de soldadura e coloca a peça no *rack* com as peças soldadas. A máquina mais lenta da linha (*bottleneck*) é a célula de soldadura (WM1).

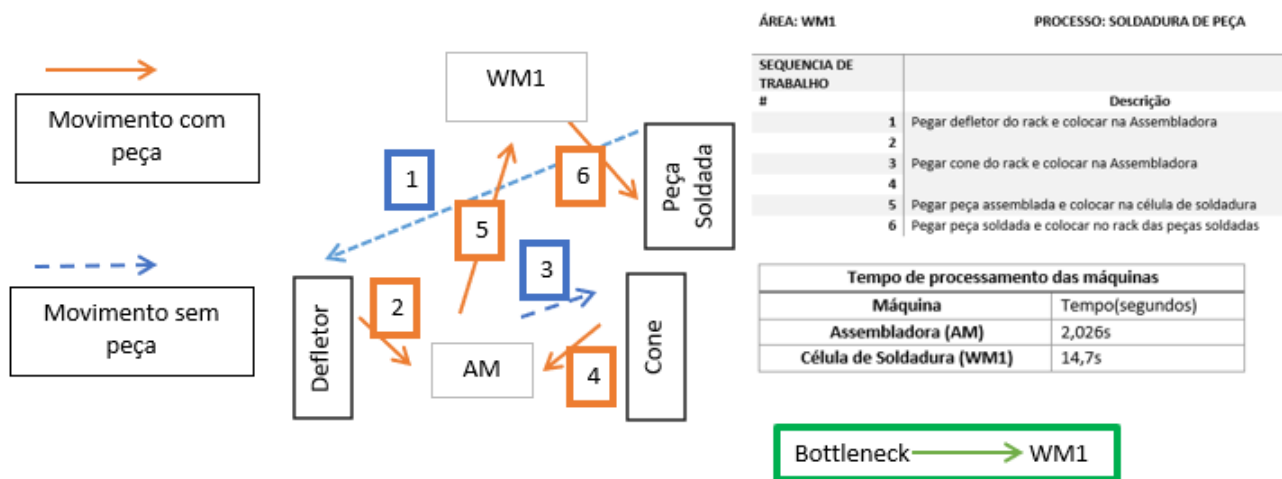


Figura 4.2: Esquema das Tarefas Elementares

Após ser feito o estudo do *standard* de trabalho da linha, deu-se o início à simulação com o *software flexsim*. O ensaio consiste em simular o *layout* da Figura 4.1, com o Esquemas de Tarefas Elementares (E.T.E.) da Figura 4.2, para se comparar os valores da produção com os resultados da simulação. Para a simulação foram também inseridos os tempos de processamento da assembladora, com um tempo médio de 2,026 segundos

(cinco medições), e para a célula de soldadura com um tempo médio de 14,7 segundos (cinco medições). Este resultado encontra-se ilustrado na Figura 4.3 e na Figura 4.4.

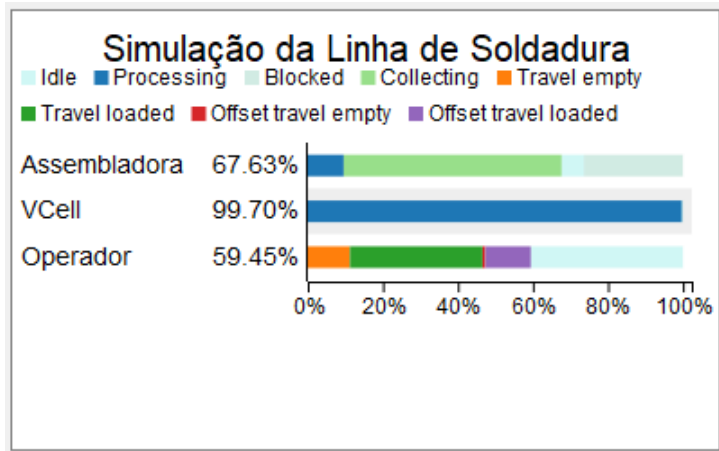


Figura 4.3: Simulação da linha no *software Flexsim*

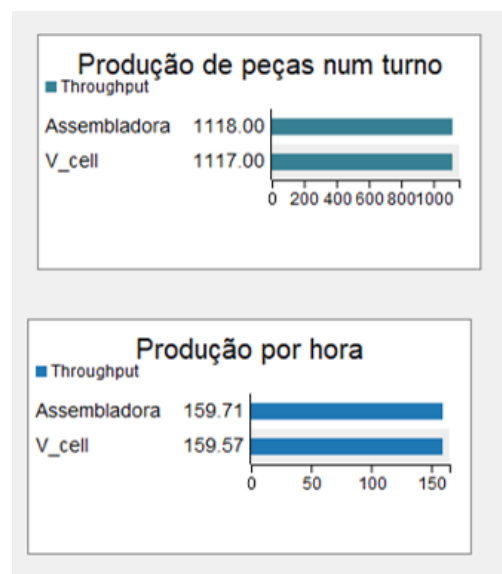


Figura 4.4: Simulação da produção no *software Flexsim*

A partir da análise da Figura 4.3, pode concluir-se o seguinte:

- Para a assembladora 9,57% do tempo está em produção, 58,06% está a coletar pelo operador, 26,35% está bloqueado e não está a ser mandado para o posto seguinte, e 6,02% parada.

- Para a célula de soldadura (VCell) 99,7% do tempo está em processamento, e 0,3% parada.
- Para o operador, 11,22% do tempo desloca-se sem peça, 35,34% desloca-se com peça, 12,10% desloca-se com peça fora do seu curso normal, 0,78% desloca-se sem peça fora do seu curso normal, e 40,55% do tempo encontra-se parado.

A partir da análise da Figura 4.4. verifica-se que a linha de soldadura é capaz de produzir 1117 peças num turno, e também consegue ter um *output* por hora de 160 peças.

Após realizada a simulação, foram comparadas o número de peças produzidas na linha e para isso foram registados durante uma semana, o número de peças produzidas. A comparação com os valores obtidos na simulação e os resultados obtidos encontram-se na Figura 4.5.

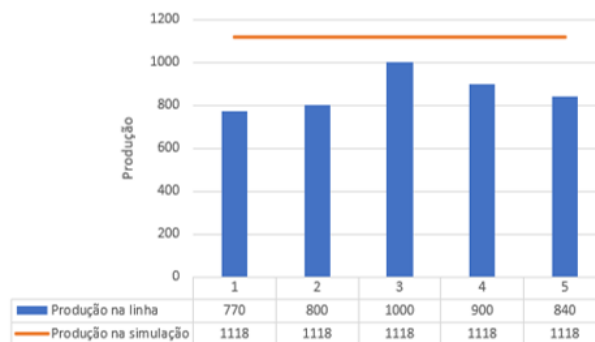


Figura 4.5: Resultados obtidos na linha de soldadura com os resultados no *software* Flexsim

Após realizada a simulação da linha, foi decidido conjuntamente com a Direção da empresa que não havia necessidade de fazer alterações nos equipamentos e na tecnologia, visto que a causa da linha não estar a conseguir os *outputs* pretendidos, não é devido ao *layout* e ao *standard* de trabalho da linha, mas sim devido a outros fatores, como os problemas logísticos onde o operador aguarda que a linha seja reabastecida com peças, e também por problemas devido à soldadura da peça (por causa das peças suspeitas e das peças sucatas, levando muitas vezes a uma intervenção na linha para então corrigir os problemas da soldadura na peça). Foi então movida a linha para outro local definido no chão de fábrica mas com o mesmo *layout* (Figura 4.6).

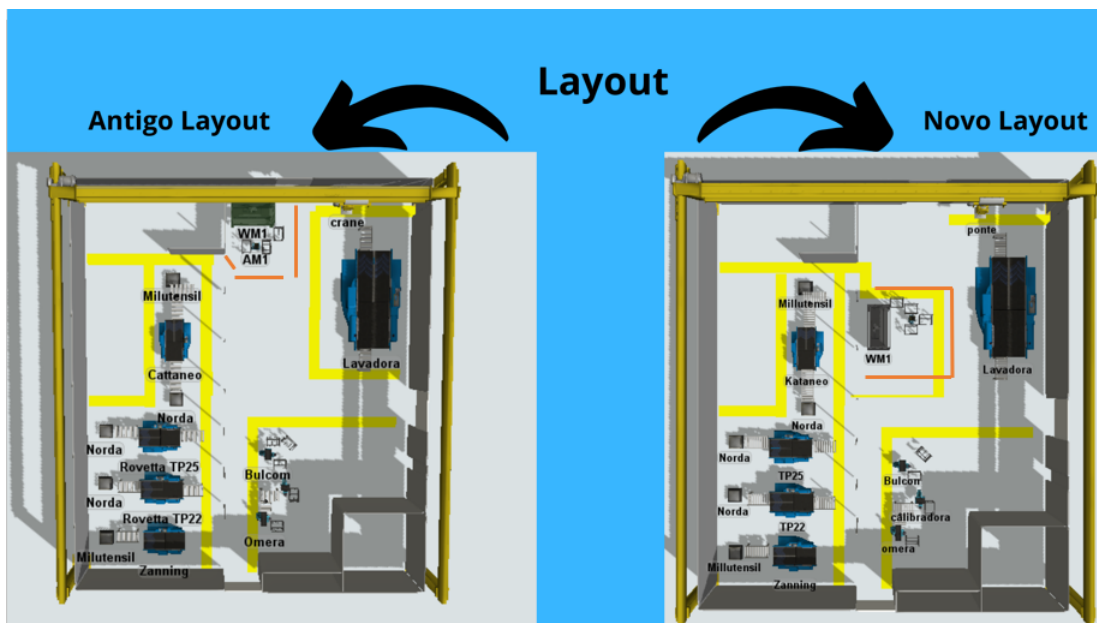


Figura 4.6: Antigo e Novo *Layout*

4.2 5S na Linha de Soldadura

Após o estudo do *layout*, foi iniciado o processo de implementação da metodologia 5S na linha de soldadura e para isso foram seguidos os 5S, de forma a eliminar desperdício na linha, melhorando a qualidade, o ambiente, e a produtividade.

- **Passo 1, *Seiri***

Procedeu-se à eliminação de tudo aquilo que não é necessário na linha, nomeadamente paletes por baixo dos *racks* com peças e que foram substituídas por um suporte com rodas, melhorando assim a segurança e eliminando o risco de queda dos *racks* (Figura 4.7), sendo também mais fácil de mover para limpeza da linha. Foram também eliminadas as caixas para as peças suspeitas e o contentor para as peças sucata. Para isso foi implementado um contentor para colocar as peças suspeitas (amarelo) e as peças sucata (vermelho), o que melhorou o *layout* da linha (Figura 4.8.), sendo assim mais fácil identificar o local onde estão inseridas as peças não conformes e as peças suspeitas. Com estas duas ações houve claramente uma melhoria no ambiente e na segurança na linha de soldadura.



Figura 4.7: Substituição de paletes por uma estrutura móvel



Figura 4.8: Contendor para peças sucata e suspeitas

- **Passo 2, *Seiton***

Para o segundo S também foram feitas diversas melhorias, começando pela mesa de trabalho para ficar tudo arrumado e identificado, e conseqüentemente mais organizado (Figura 4.9). Com esta alteração, aumentou-se a rapidez com que se encontram as ferramentas, melhorando assim a produtividade. À esquerda da Figura 4.9, encontra-se o estado atual, e à direita da Figura 4.9, encontra-se a melhoria implementada. Foi também elaborado um suporte para etiquetas de forma a facilitar a sua identificação (Figura 4.10). Com esta alteração, também se melhorou a produtividade, sendo mais fácil identificar o local das etiquetas. À esquerda da Figura 4.10, encontra-se o estado atual, e à direita da Figura 4.10, encontra-se o estado



Figura 4.9: Aplicação do segundo S na mesa de trabalho

melhorado.



Figura 4.10: Suporte para etiquetas

Foi igualmente implementado um sistema de rodas na mesa do *gabarit*, melhorando desta forma a facilidade para a transportar (Figura 4.11), e foram criados *zonings* para identificar cada elemento pertencente à linha de soldadura no seu respetivo lugar, o que se traduziu numa melhor organização na linha (Figura 4.12). Com as ações do segundo S na linha de soldadura, verificou-se uma melhoria ao nível da produtividade, aumentando assim a facilidade de encontrar os elementos que pertencem a linha de soldadura.



Figura 4.11: Sistema de rodas na mesa do *gabarit*

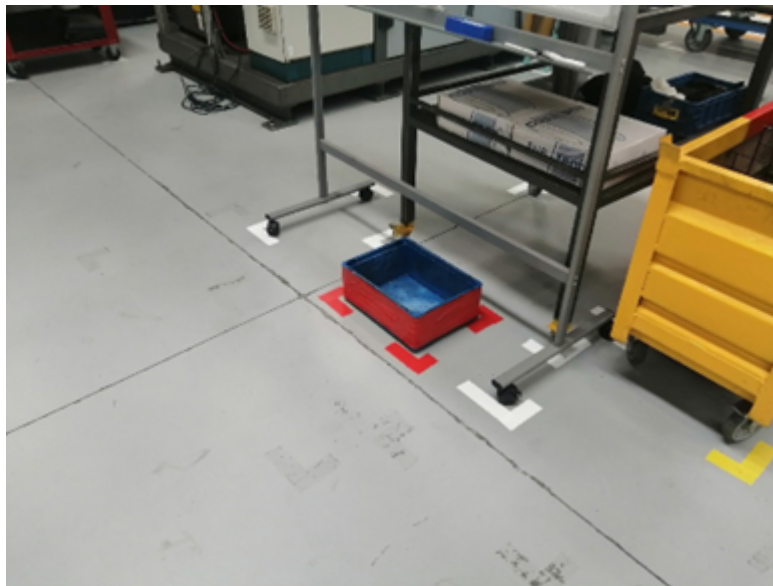


Figura 4.12: Criação de *zonings* na linha

- **Passo 3, *Seiso***

O terceiro S consiste em deixar tudo limpo. A Figura 4.13 mostra um bom exemplo da aplicação do terceiro S na linha em estudo. A partir do *seiso* melhorou-se a higienização da linha, garantindo também uma melhor segurança. Com uma área de trabalho limpa, aumenta-se também a motivação dos colaboradores, melhorando assim a qualidade da linha e aumentando a produtividade. Por fim, pode-se também concluir que com a aplicação do *seiso*, melhorou-se a facilidade na identificação das falhas na linha de soldadura.



Figura 4.13: Aplicação do *seiso* na linha de soldadura

- **Passo 4, *Seiketsu***

O quarto S diz-nos que após implementar os três primeiros S, deve ser criado um *standard*. A Figura 4.14 apresenta um *standard* de trabalho criado e implementado na linha e que pode ser consultado no apêndice D. É uma *checklist* que consiste em verificar se está tudo limpo e organizado no fim do turno de produção. Com esta implementação, melhorou-se a limpeza e a organização da linha de soldadura, no fim de cada turno de produção. Esta melhoria foi implementada dado que no início de cada turno de produção, os colaboradores não praticavam os 5S no fim do turno de produção anterior, deixando a linha suja e não organizada para o turno seguinte. Com a implementação desta *checklist*, melhorou-se a limpeza e a arrumação da linha por parte dos colaboradores.



Figura 4.14: Checklist 5S, 5 minutos antes do fim do turno de produção com QR CODE

- **Passo 5, Shitsuke**

Consiste em auditar e controlar se os 5S estão a ser respeitados no posto de trabalho. Com o quinto S é fácil perceber a evolução da linha relativamente aos 5S, corrigindo assim o que está mal e melhorando o que está bem. Na Figura 4.15, está um excerto do documento e que pode ser consultado no Apêndice D.

5S	Nº	Descrição	Pontuação (de 1 a 4)	Total
Eliminar Seiri	1	Existem objectos desnecessários sobre as máquinas, postos de trabalho e/ou estantes?		
	2	Existem objectos desnecessários no chão da linha?		
	3	Existem objectos sujos no posto de trabalho?		
	4	Existem documentos desnecessários, desactualizados ou em mau estado na linha?		
	5	Existem objectos a obstruir os corredores que circundam a linha?		

Figura 4.15: Auditoria 5S

4.3 *Kaizen*

Dando seguimento à parte experimental, iniciou-se o *kaizen*. Aqui foi estudada a soldadura dos cordões na peça, de como poderia ser melhorado reduzindo o número de peças suspeitas e o número de peças sucata, sendo realizado um PDCA para o estudo dos cordões de soldadura na peça. A Figura 4.16 ilustra uma peça conforme e uma peça sucata.



Figura 4.16: Peça conforme e peça sucata

Foi feito inicialmente o levantamento atual dos parâmetros de soldadura para perceber quais são os respectivos parâmetros utilizados para a soldadura da peça (Tabela 4.1).

Parâmetros da soldadura	
Parâmetros	Valores
Tipo de soldadura	TIG
Gas de proteção	Ar 99,99%
Taxa do fluxo de gás de proteção	6 L/min
Tensão do arco elétrico	19V
Corrente de soldadura	70A
Velocidade de soldadura	25cm/min
Temperatura ambiente	22°C

Tabela 4.1: Parâmetros da soldadura

Após fazer a identificação dos parâmetros de soldadura, foi feita uma análise ao programa de soldadura do *robot*, para perceber quais são as funções que o *robot* utiliza para soldar as peças. O programa de soldadura que o *robot* utiliza está exemplificado na Figura 4.17.

```

1: CALL CLOSE_M1
2: CALL CHIUDI_MASSE
3: CALL JOB
4:J P[1] 100% FINE
5:J P[2] 100% CNT25
6:J P[3] 40% FINE
  : Weld Start[1,1]
7: WAIT .50(sec)
8:L P[15] 25cm/min FINE
  : Weld End[1,1]
9: WAIT .20(sec)
10:J P[4] 100% CNT25
11:J P[6] 100% CNT25
12:J P[7] 40% FINE
  : Weld Start[1,1]
13: WAIT .50(sec)
14:L P[8] 25cm/min FINE
  : Weld End[1,1]
15: WAIT .20(sec)
16:J P[9] 100% CNT25
17:J P[10] 100% CNT10
18:J P[11] 40% FINE
  : Weld Start[1,1]
19: WAIT .50(sec)
20:L P[12] 25cm/min FINE
  : Weld End[1,1]
21: WAIT .20(sec)
22:J P[13] 100% CNT25
23:J P[14] 100% FINE
24:
25: CALL OPEN_M1
26: CALL APRI_MASSE
27: CALL RESET_M1
[End]

```

Figura 4.17: Atual programa de soldadura

A partir da análise da Figura 4.17, o *robot* inicia a solda a 40% do ponto exato que foi definido, com o procedimento 1 e cronograma 1, fazendo um *wait* de 0,5 segundos; finaliza a soldadura a 25cm/min com o procedimento 1 e cronograma 1 até ao ponto exato que foi definido, fazendo um *wait* de 0,2 segundos no fim da soldadura. Os parâmetros dos três cordões de soldadura podem ser consultados na Tabela 4.2:

Cordões de Soldadura			
	cordão 1	cordão 2	cordão 3
Velocidade da soldadura	25cm/min	25cm/min	25cm/min
Corrente da soldadura	70A	70A	70A
Velocidade do fio de adição	1,2cm/min	1,2cm/min	1,2cm/min
Tipo de cordão	Linear	Linear	Linear
Tipo de eletrodo	WT20	WT20	WT20
Comprimento do cordão	5mm	5mm	5mm

Tabela 4.2: Parâmetros dos cordões de soldadura

Para esta atividade, foi realizado um PDCA (Figura 4.18), com as seguintes etapas:

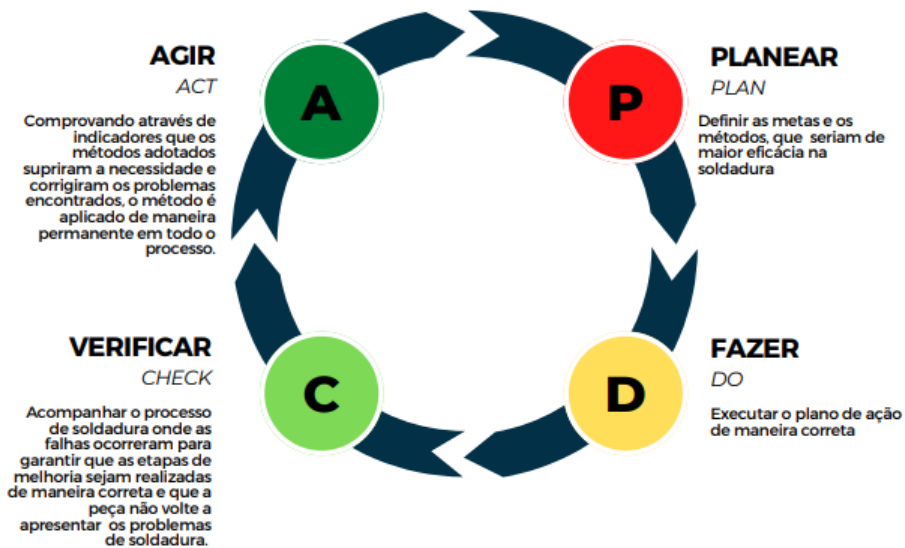


Figura 4.18: Aplicação do ciclo PDCA

1. *Plan*: Foi realizado um levantamento da produção dos primeiros três meses do início do projeto, contabilizando o número de peças sucata e do número de peças suspeitas. Para isso foi realizado um diagrama de *Pareto* para as peças suspeitas, e um diagrama de *Pareto* para as peças sucata (Figura 4.19 e Figura 4.20).



Figura 4.19: Diagrama de *Pareto* para peças suspeitas

Analisando a Figura 4.19 e Figura 4.20, o número de peças suspeitas foram aumentando ao longo dos três meses analisados, e o número de sucatas também foi aumentando, com uma ligeira diminuição no segundo mês. As causas são várias:

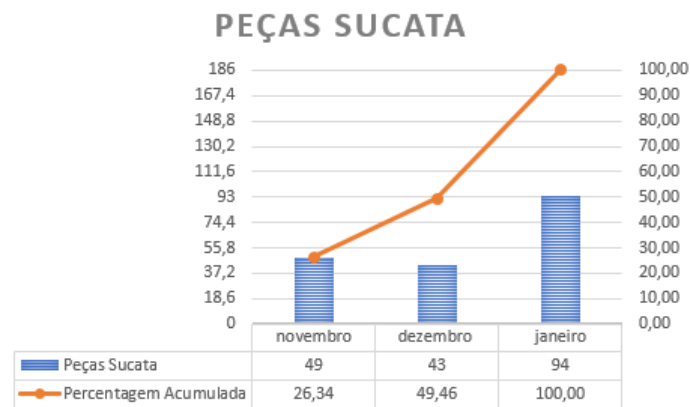


Figura 4.20: Diagrama de *Pareto* para peças sucata

- (a) Posição da peça na mesa - Ao colocar a peça na mesa, esta pode apresentar variação, não estando sempre na mesma posição, dado que a peça não se encontra fixa.
- (b) Assemblagem - Na assemblagem a peça pode não estar uniforme devido ao posicionamento da peça na assembladora, havendo diferença de altura na base da peça.
- (c) Eléctrodo - Um mau posicionamento do eléctrodo no *robot*, faz com que o eléctrodo esteja mais afastado ou muito perto da peça, podendo furar a peça.
- (d) Posição do fio de adição - Um mau posicionamento do fio de adição faz com que possa contaminar o eléctrodo, e pode levar ao aparecimento de peças não conformes.
- (e) Soldadura - Pode apresentar uma soldadura não conforme devido ao programa de soldadura não ser o adequado.
- (f) Fluxo do gás de proteção - Pode apresentar um valor muito alto e originar turbulência, criando desta forma correntes que puxam os contaminantes e criam oscilação do arco, ou a valores muito baixos fazendo com que haja uma má cobertura da solda.

2. *Do*: O planeamento foi feito a partir dos seis fatores ilustrados na Figura 4.21.



Figura 4.21: Seis pontos estudados na fase *Do* do PDCA

Na Figura 4.21 podem ser observadas as atividades realizadas com o intuito de melhorar o processo de soldadura na peça:

- Assemblagem: Garantir o correto posicionamento da peça na assembladora, de forma a eliminar a variação de altura entre o cone e o defletor;
- Posição da peça: Garantir o correto posicionamento da peça nas mesas, de forma que o anti-rotação do cone encoste no batente inferior, e que os três manípulos estejam fechados;
- Fluxo de gás de proteção: Manter o fluxo constante a uma taxa de 5,8 L/min;
- Eléctrodo: Fazer uma alteração no eléctrodo, substituindo o WT20 pelo WL20. Este tipo de eléctrodo além de ser não reativo, apresenta uma boa resistência e é mais indicado para uma soldadura Corrente Contínua (DC) negativa, a baixa intensidade (70 amperes). Seguidamente, e com o *gabari*, que é o que faz a posição de eléctrodo no *robot*, fazer com que esteja sempre com a mesma distância de 80,33mm.
- Posição do fio de adição: Garantir que a posição do fio de adição esteja sempre a 4mm do eléctrodo, pois se ficar muito perto corre o risco de contaminar o

elétrodo, e se ficar muito afastado faz com que não haja adição de material.

- Cordão de Soldadura: Fazer a alteração do tipo de cordão aplicado, substituindo o cordão linear por um cordão em *weave*. Optou-se por este tipo de cordão dado ser um cordão relativamente pequeno, e cuja função é absorver as perdas que acontecem com o outro tipo de cordão. Iniciou-se com uma simulação no *software Fanuc Robot Guide* para perceber se é possível implementar este tipo de cordão na peça. Na Figura 4.22 pode visualizar-se o programa de soldadura em *weave*, e o resultado obtido da simulação pode ser observado na Figura 4.23.

```

1: CALL CLOSE_M4          15:J P[7] 100% FINE          28:J P[13] 100% CNT25
2: CALL CHIUDI_MASSE      : Weld Start[1,1]          29:J P[14] 100% FINE
3: CALL JOB               16: WAIT .50(sec)         30:
4:J P[1] 100% FINE        17:L P[8] 23cm/min FINE    31:
5:J P[2] 100% CNT25      : Weld End[1,1]           32: CALL OPEN_M4
6: Weave Sine[2.5Hz,1.5mm,0.0s, 18: WAIT .20(sec)         33: CALL APRI_MASSE
   : 0.0s]                19: Weave End
7:J P[3] 100% FINE        20:J P[9] 100% CNT25
   : Weld Start[1,1]      21:J P[10] 100% CNT10
8: WAIT .50(sec)         22: Weave Sine[2.5Hz,1.5mm,0.0s,
9:L P[4] 23cm/min FINE   : 0.0s]
   : Weld End[1,1]       23:J P[11] 100% FINE
10: WAIT .20(sec)        : Weld Start[1,1]
11: Weave End            24: WAIT .50(sec)
12:J P[5] 100% CNT25     25:L P[12] 23cm/min FINE
13:J P[6] 100% CNT25     : Weld End[1,2]
14: Weave Sine[2.5Hz,1.5mm,0.0s, 26: WAIT .20(sec)
   : 0.0s]                27: Weave End

```

Figura 4.22: Novo programa com soldadura em *weave*

A partir da análise da Figura 4.22, os cordões de soldadura na peça são realizados em *weave*, com uma frequência de 2,5Hertz e com uma amplitude de 1,5mm. A velocidade de soldadura é de 23cm/ minuto. Realizou-se então a simulação deste programa no *software Fanuc Robot Guide*, e os resultado obtidos estão ilustrados na Figura 4.23.

Finalizada a simulação, foi fácil perceber que é possível fazer um cordão em *weave* na peça e assim deu-se início aos testes na linha de soldadura.

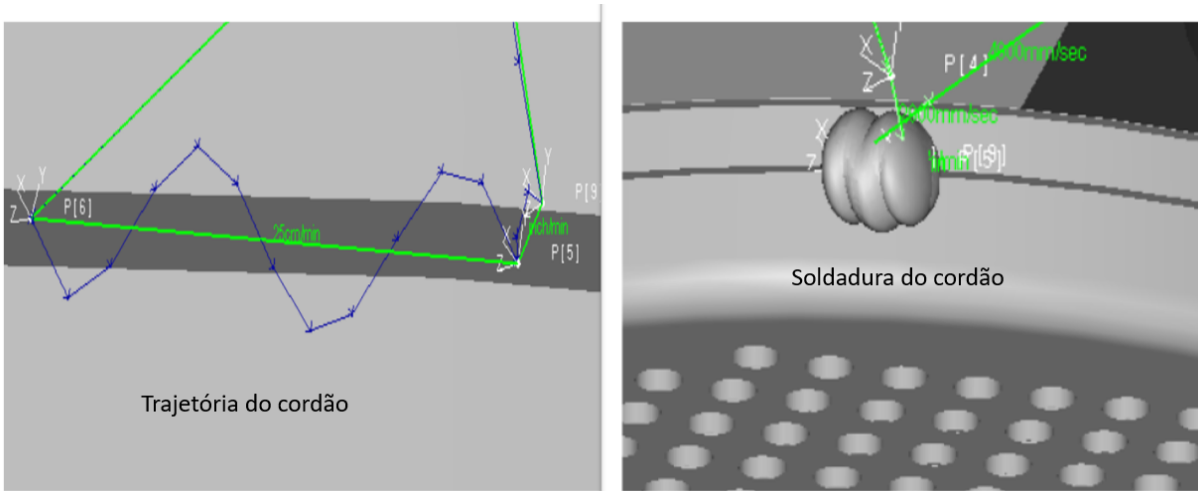


Figura 4.23: Resultado obtido da simulação do cordão de soldadura em *weave*

- *Check*: Iniciou-se na linha de soldadura toda a atividade estudada da segunda fase do PDCA, pelo que os resultados obtidos estão apresentados na Figura 4.24.



Figura 4.24: Resultado da soldadura em *weave* na linha

A partir da análise da Figura 4.24 percebe-se que os cordões de soldadura apresentam uma boa penetração, com um cordão uniforme, reduzindo o risco de haver peças sucata ou peças suspeitas devido ao novo tipo de cordão (*weave*) que foi implementado.

No início da sua implementação foram encontrados vários obstáculos que condicionaram a implementação deste novo tipo de soldadura:

- O desgaste rápido do eléctrodo, originando cordões baixos e não fazendo a união do cone com o defletor;
- O fio de adição colar na peça, no fim do cordão de soldadura;

Assim, optou-se por afastar mais o eléctrodo da peça no fim do cordão de soldadura, e fez-se a substituição do eléctrodo WT20 pelo eléctrodo WL20 para aumentar a durabilidade do eléctrodo durante a soldadura. Após essa correção, já foi possível obter uma soldadura mais estável e com uma maior durabilidade por parte do eléctrodo. Os resultados podem ser comparados na Figura 4.25, onde se encontram as produções com as respetivas peças sucata e peças suspeitas, antes e após estas alterações implementadas na linha de soldadura.

PRODUÇÕES NA SOLDADURA						
MÊS	Peças produzidas	Peças suspeitas	Peças sucata	%sucata	%suspeitas	
NOVEMBRO	5170	34	49	0,95	0,66	
DEZEMBRO	14890	116	43	0,29	0,78	
JANEIRO	28845	252	94	0,33	0,87	
FEVEREIRO	15124	19	20	0,13	0,13	
MARÇO	21001	84	29	0,14	0,40	
ABRIL (IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO PROGRAMA)	18615	68	22	0,12	0,37	
MAIO	11015	64	21	0,19	0,58	
JUNHO	7725	40	26	0,34	0,52	
JULHO	20066	84	10	0,05	0,42	

MENOR % SUCATA	MENOR % SUSPEITA
0,05	0,13

Figura 4.25: Produções na linha de soldadura

Na Figura 4.26 e na Figura 4.27, encontram-se ilustrados os gráficos obtidos para o número de peças sucata e peças suspeitas. A partir da análise da Figura 4.25 e da Figura 4.26, percebe-se a diminuição do número de peças sucata, atingindo um mínimo de 0.05% face ao número de peças produzidas. Pode-se assim afirmar que este programa de soldadura implementado é mais

eficaz face ao número de peças sucata. No que respeita o número de peças suspeitas, e a partir da análise da Figura 4.25 e da Figura 4.27, obtiveram-se resultados satisfatórios atingindo um mínimo de 0.37% face ao número de peças produzidas com o novo programa de soldadura.

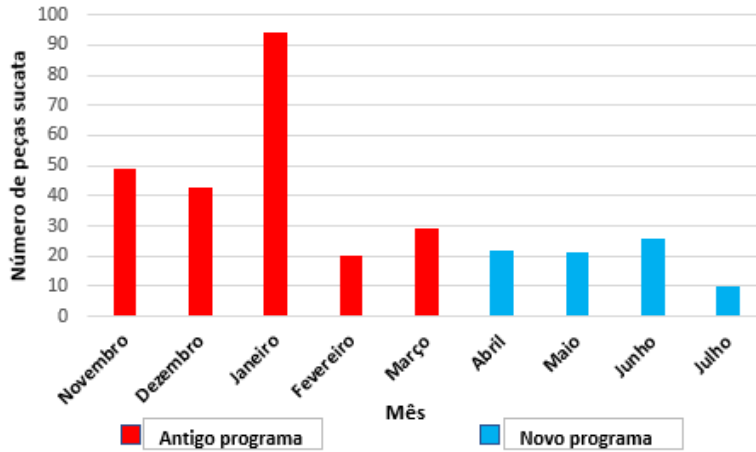


Figura 4.26: Distribuição do nº de peças sucata, antes e após a implementação do novo programa

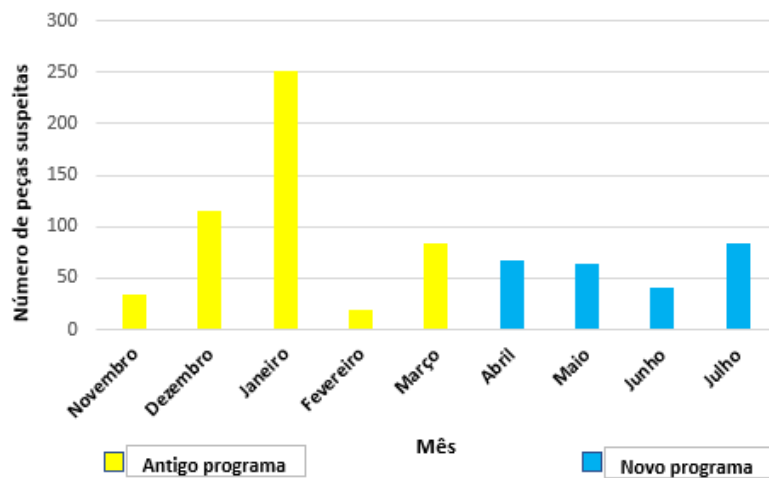


Figura 4.27: Distribuição do nº de peças suspeitas, antes e após a implementação do novo programa

- *Act*

Após verificar que este tipo de processo de soldadura é mais vantajoso, pois foi

reduzido o número de peças sucata, procedeu-se às alterações para implementar este processo na linha de soldadura. Foi também elaborado um documento com todos os novos parâmetros alterados (Tabela 4.3).

Parâmetro	Valor
Intensidade	70A
Ângulo do eletrodo	25°
Velocidade de soldadura	23cm/min
Caudal do gás	6,9L/min
Distância do fio de adição ao eletrodo	4,5mm
Posição do eletrodo no <i>robot</i> com o <i>gabari</i>	80,33mm
Velocidade do fio	1,2 cm/min

Tabela 4.3: Parâmetros da soldadura *weave*

Capítulo 5

Conclusão e Recomendação para Trabalhos Futuros

Os objetivos que foram propostos, nomeadamente, a melhoria da linha de soldadura com a aplicação da técnica 5S, e a melhoria dos cordões de soldadura, foram atingidos. A aplicação do *lean manufacturing* implica estar constantemente num estado de melhoria contínua, reduzindo assim o desperdício e aumentando a produtividade. Com o estudo, simulação e implementação do *layout*, foi possível perceber os diversos tempos e respetivos movimentos na linha de soldadura, identificando desta forma os desperdícios e apostando em possíveis melhorias. Com a aplicação da metodologia 5S, facilmente se constata a elevada importância desta técnica *lean*, e que os 5S não é só deixar uma linha limpa, é sim uma técnica que reduz e elimina todo o tipo de desperdício existente num posto de trabalho, dando ênfase à premissa que um posto de trabalho organizado, com tudo identificado e limpo, é determinante para a obtenção de boas produções. Com a técnica *kaizen*, e através de um PDCA, também foi possível obter bons resultados ao nível da soldadura da peça, reduzindo o número de peças sucata, e assim obter uma maior durabilidade do eletrodo durante os vários ciclos de soldadura.

As recomendações para trabalhos futuros passam pelo estudo e implementação de um *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) para as peças suspeitas, de forma a perceber

qual a implicação e os riscos ao soldar uma peça suspeita novamente na célula de soldadura. Sugere-se de igual forma o estudo e aplicação de um diferente tipo de cordão, de forma a perceber quais as vantagens em relação ao que foi implementado. Por último, sugere-se ainda o estudo da variação dos vários parâmetros na qualidade da soldadura através de um *Design of Experiments* (DOE), ou seja, de que forma uma ou várias alterações nos parâmetros de soldadura afeta ou afetam a qualidade dos cordões de soldadura na peça.

Bibliografia

- [1] Alcaraz, Jorge (2017). *Kaizen, planning, implementing and controlling*. Cham. Switzerland
- [2] Almeida, Ana (2015). *Metodologia lean manufacturing no processo produtivo de capas para assentos de automóvel*. Universidade de Aveiro. Aveiro. Portugal.
- [3] Carvalho, Fernando (2016). *Implementação da metodologia lean na indústria automóvel*. Instituto Politécnico de Viseu. Viseu. Portugal.
- [4] Cudney, Elizabeth (2014). *Lean systems. Applications and case studies in manufacturing, service, and healthcare*. New York. USA.
- [5] Dennis, Pascal (2015). *Lean Production Simplified, Third Edition.*, New York. USA
- [6] George, Mark (2010). *The lean six sigma. Guide to doing more with less*. New Jersey. USA.
- [7] Kato, Isao (2011). *Toyota kaizen methods. Six steps to improvemen*. New York. USA.
- [8] King, Peter (2015). *Value Stream Mapping For The Process Industries*. New York. USA.
- [9] Ledbetter, Phillip (2018). *The Toyota Template: The plan for just in time and culture change beyond lean tools*. New York. USA.
- [10] Miura, Toshiiko (2018). *True kaizen. Management's Role in improving work and climate and culture*. New York. USA.

- [11] Nogueira, Lúcio (s.d.). *Melhoria da qualidade através de sistemas poka-yoke*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto. Portugal.
- [12] Ohno, Taichii (1997). *O Sistema Toyota de Produção*. Artes Médicas do Sul Ltda. Porto Alegre. Brasil.
- [13] Pereira, Cristina (2010). *Lean Manufacturing, Aplicação do conceito a células de trabalho*. Covilhã. Portugal.
- [14] Pinto, João (2008). *Lean Thinking: Introdução ao "Pensamento Magro"*, Portugal.
- [15] Pinto, José (2018). *Just in Time factory, Implementation through lean manufacturing tools*. Cham. Switzerland.
- [16] Salgueiro, Gonçalo (2015). *Aplicação de ferramentas para melhorar o processo produtivo numa empresa do sector automóvel*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa. Portugal.
- [17] Santos, Javier (2006). *Improving Production Involving Lean Thinking*. New Jersey. USA.
- [18] Stewart, John (2011). *The Toyota Kaizen Continuum*. New York. USA.
- [19] Townsend, Beverly (2012). *Line Balancing and JIT Kitting*. New York. USA.
- [20] Visco, David (2016). *5S made easy. A step by step guide to implementing and sustaining your 5S program*. New York. USA.
- [21] Wedgwood, Ian (2016). *Lean Sigma: a practitioner's guide*. Boston. USA.
- [22] Wilson, Lonnie (2010). *How To Implement Lean Manufacturing*. New York. USA
- [23] Womack, James (2003). *Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. New York. USA.
- [24] Young, Steven (2022). *How to adapt lean practices in SMEs to support Industry 4.0 in manufacturing*. University of Alberta. Edmonton. Canada.

Apêndice A

Os Sete Desperdícios

Desperdício	Como Identificar	Quais as causas?	Como eliminar?
Transporte	Stock excessivo	Mau Layout	Layout em U
	Elevado Trabalho Sem Valor Agregado	Pobre Standard de Trabalho	Heijunka - Produção Nivelada
	Diminuição da Eficiência	Máquinas Inflexíveis	Sistema Kanban - Sistema Pull em vez de Push
	Lotação de Varios Espaços	Máquinas Inflexíveis	Implementar Standard de Trabalho

Desperdício	Como Identificar	Quais as causas?	Como eliminar?
Espera	Operador, Máquina, Espera	Pobre Standard de Trabalho	Produção Heijunka
	Excesso de stock	Processos não balanceados	Implementar standard de trabalho
		Mau Layout	Planeamento do Processo

Desperdício	Como Identificar	Quais as causas?	Como eliminar?
Excesso de Stock	Longo lead time para finalizar um produto. Muitos componentes em espera para ser processados	Mau layout	Layout em U
	Espaço-Ocupa mais espaço do que o necessário	Mau layout	Fluxo continuo

Desperdício	Como Identificar	Quais as causas?	Como eliminar?
Super Produção	Sem fluxo-sistema <i>push</i>	Pobre <i>standard</i> de trabalho	<i>Heijunka</i> -Produção nivelada
	Qualidade difícil de controlar	Muito trabalho	Planeamento do trabalho
	Excesso de stock	Falta de tempo <i>takt</i>	Sistema <i>kanban</i> -sistema <i>pull</i> em vez de <i>push</i>

Desperdício	Como Identificar	Quais as causas?	Como eliminar?
Retrabalho	Baixa eficiência	Inspeção incorreta método/padrão	<i>Poka-Yoke</i> -qualidade em processo
	Maior inspeção nos processos, Maior Trabalho	Partes defeituosas	Sistema de inspeção ao receber matéria prima


Desperdício	Como Identificar	Quais as causas?	Como eliminar?
Sob Reprocessamento	Aumento do trabalho que não agrega valor	Pobre sequência de trabalho	Implementar <i>standard</i> de trabalho
	Pobre qualidade	Sem <i>standard</i> de trabalho	Re-sequenciar processos
	<i>Rework</i>	Pobre sequência de processos	Planeamento de processos

Desperdício	Como Identificar	Quais as causas?	Como eliminar?
Trabalho Sem Valor Agregado	Baixa eficiência	Mau <i>Layout</i>	<i>Layout</i> em U
	Aumento do trabalho que não agrega valor	Pobre standard de trabalho	<i>Heijunka</i> -Produção nivelada
	Flutuação no tempo de ciclo de processos	Pobre <i>scheduling</i>	Sistema <i>kanban</i> -sistema <i>pull</i> em vez de <i>push</i>

Apêndice B

Questionário 5S

Questionário 5S


P&C Automotiva

Liderança						
	Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
1	Diretores/Supervisores/Gap Leaders, têm conhecimento, consciência e compreensão dos 5S	1	2	3	4	5
2	Existe envolvimento dos gestores de produção nos 5S	1	2	3	4	5
3	São realizadas auditorias 5S	1	2	3	4	5
4	Existe um manual 5S que é prático e fácil de utilizar	1	2	3	4	5
5	São realizadas regularmente formações 5S	1	2	3	4	5

Seiri (eliminar)-"Eliminar tudo o que não é necessário"						
	Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
6	Não existe desordem nos postos de trabalho	1	2	3	4	5
7	É frequentemente removido material desnecessário nos postos de trabalho	1	2	3	4	5
8	Só existe material necessário no meu posto de trabalho	1	2	3	4	5
9	Os documentos no meu posto de trabalho encontram-se atualizados	1	2	3	4	5
10	As regras relativas aos quadros de avisos são estabelecidas e existem apenas avisos atuais	1	2	3	4	5
11	Existe um sistema para eliminar o que não necessito no meu posto de trabalho	1	2	3	4	5

1

Seiton (arrumar)-"Tudo no seu lugar"						
	Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
12	São lançadas evidências fotográficas do antes e o depois da implementação dos 5S	1	2	3	4	5
13	Existem métodos de controlo visual para identificar materiais (ex. sucata, peças suspeitas)	1	2	3	4	5
14	Todas as máquinas têm identificação claras	1	2	3	4	5
15	Todos os equipamentos/ ferramentas/ arquivos, etc., foram organizados de acordo com os princípios de 'Pode ver', 'Pode tirar' e 'Pode devolver'	1	2	3	4	5
16	O meu posto de trabalho está sempre arrumado	1	2	3	4	5
17	Existe um sistema para "arrumar", onde tudo tem o seu lugar	1	2	3	4	5

Seiso (limpar)-"Tudo está limpo"						
	Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
18	Pisos, paredes, vestiários estão limpos e em funcionamento	1	2	3	4	5
19	Todos os colaboradores praticam a autolimpeza diária, 5 minutos antes do fim do turno	1	2	3	4	5
20	É feita a separação de resíduos, onde existem caixotes de lixo que estão definidos com códigos de cores	1	2	3	4	5
21	Ferramentas de limpeza adequadas são utilizadas em toda a fábrica	1	2	3	4	5
22	Locais de armazenamento para ferramentas de limpeza, como vassouras/ esfregonas/ outros equipamentos estão identificados	1	2	3	4	5
23	O aspeto geral da empresa encontra-se limpo	1	2	3	4	5

Seiketsu (standarizar)-"Tudo tem um standard de trabalho"						
	Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
24	Há a criação e adoção de listas de verificação padronizadas baseados em procedimentos 5S	1	2	3	4	5
25	Existem regras padronizadas da utilização dos corredores/ naves baseadas em conceitos/ procedimentos 5S	1	2	3	4	5
26	Os sinais de perigo são facilmente identificados	1	2	3	4	5
27	Regras ou regulamentos padronizados para manutenção e o armazenamento de arquivos e registos nos locais de trabalho, etc. foi estabelecido e é praticado	1	2	3	4	5
28	Métodos inovadores de controlo visual estão implementados	1	2	3	4	5
29	Existe um standard de trabalho para o 5S no meu posto de trabalho.	1	2	3	4	5

Shitsuke (manter)-"5S é da responsabilidade de todos"						
	Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
30	Existe um programa de formação continua para os colaboradores	1	2	3	4	5
31	Existem atividades de grupo 5S	1	2	3	4	5
32	Existem fotos de um bom e mau comportamento 5S	1	2	3	4	5
33	Existem slogans e pôsteres do 5S exibidos para colaboradores e visitantes	1	2	3	4	5
34	Instruções para autodisciplina 5S entre colaboradores são desenvolvidos e acompanhados em toda a empresa.	1	2	3	4	5

Produtividade						
	Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
35	O uso dos 5S melhora a produtividade	1	2	3	4	5

Segurança						
	Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
36	O uso dos 5S melhora a segurança	1	2	3	4	5

Qualidade						
	Descrição	Discordo Totalmente	Discordo	Não concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
37	O uso dos 5S melhora a qualidade	1	2	3	4	5
38	Aplicando 5S tenho menos reclamações, menos desperdício e menos rework	1	2	3	4	5
39	Há qualidade evidente nos processos produtivos através do uso dos 5S	1	2	3	4	5

Deixe aqui uma sugestão/comentário relativamente aos 5S (opcional): _____

Obrigado pela sua participação,
Samuel de Freitas

Apêndice C

Checklist Cinco Minutos, 5S

5SOPORT			
Checklist 5',5S,WM1			
1 - Seiri (Eliminar)			
Nº	Checkpoint	Check	Not check
1	Eliminar papeis do chão		
2	Eliminar o que não é necessário da mesa da galga		
3	Eliminar o que não é necessário da mesa de trabalho		
2 - Seiton (Arrumar)			
Nº	Checkpoint	Check	Not check
4	Arrumar a ferramenta da mesa de trabalho(Fig.A e B)		
5	Colocar peças para rework na quarentena (Fig.C)		
6	Colocar peças NOK na sucata (Fig.C)		
3-Seiketsu(Limpar)			
Nº	Checkpoint	Check	Not check
7	Limpar com o pincel os pontos críticos da assembladora(Fig.D)		



Mesa de trabalho



B



Assembladora



Contentor de sucata/rework



Apêndice D

Auditoria 5S

Cobraport		Auditoria 5S Produção		06QM_Mod066	
				Ver	4
				Data	06/01/2021
Data:			Zona:		
Auditor:			Pessoa presente:		
5S	Nº	Descrição	Pontuação (de 1 a 4)	Total	
Eliminar Seiri	1	Existem objectos desnecessários sobre as máquinas, postos de trabalho e/ou estantes?			
	2	Existem objectos desnecessários no chão da linha?			
	3	Existem objectos sujos no posto de trabalho?			
	4	Existem documentos desnecessários, desactualizados ou em mau estado na linha?			
	5	Existem objectos a obstruir os corredores que circundam a linha?			
Organizar Seiton	1	São utilizadas etiquetas, cores, sinais para facilitar a identificação individual de ferramentas e materiais?			
	2	Os armários, estantes ou caixos estão amunados e alinhados?			
	3	Cada coisa tem o seu respectivo lugar e as áreas de produção, armazenamento e corredores de passagem, estão bem delimitadas com zoning?			
	4	Os zoning's definidos são respeitados?			
	5	Existem contentores do lixo disponíveis, identificados e de fácil acesso?			
Limpar Seiso	1	O pavimento está limpo e em bom estado?			
	2	As máquinas e zonas de armazenamento encontram-se limpas?			
	3	Os cabos e tubagens estão organizados?			
	4	Existe material de limpeza adequado e organizado?			
	5	Zona de afixação de documentos é clara e os quadros estão limpos?			
Padronizar Seiketsu	1	As áreas de trabalho estão suficientemente iluminadas?			
	2	Regras de limpeza claramente definidas, escritas e afixadas?			
	3	Os operadores conhecem as regras de limpeza?			
	4	A roupa de trabalho está limpa, em bom estado e está de acordo com o definido?			
	5	As saídas de emergência estão desimpedidas e funcionais?			
Respeitar Shitsuko	1	Todos os trabalhadores usam os equipamentos de protecção individuais requeridos?			
	2	A limpeza é realizada de acordo com as regras afixadas?			
	3	Os operadores deixam o posto de trabalho organizado no final do turno?			
	4	As regras de circulação são conhecidas e respeitadas?			
	5	Foram realizadas acções de melhorias desde a última auditoria?			
			Total:		
Acção			Responsável	Prazo	
Classificação			Péssimo	Baixo	Bom
Nível individual (por questão):			1 ponto	2 pontos	3 pontos
Nível total (soma de todos os níveis individuais):			>25 pontos	Entre 25 e 50 pontos	Entre 50 e 75 pontos
				Entre 75 e 100 pontos	