



Melhoria de eficiência de uma linha de montagem de aerossóis

DIOGO MANUEL MARQUES MELEIRO

novembro de 2018

MELHORIA DE EFICIÊNCIA DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE AEROSSÓIS

Diogo Manuel Marques Meleiro

1110253

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica-Gestão Industrial



MELHORIA DE EFICIÊNCIA DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE AEROSSÓIS

Diogo Manuel Marques Meleiro

1110253

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e coorientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva.

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica- Gestão Industrial

JÚRI

Presidente

Doutor Rui Pedro Cardoso da Silva Martinho

Professor adjunto, ISEP

Orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor adjunto, ISEP

Coorientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor adjunto, ISEP

Arguente

Doutor João Paulo Oliveira Pinto

Professor associado, ISMAI

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste projeto é o culminar de uma longa etapa, contribuindo para a minha formação e realização profissional, preenchendo todas as expectativas.

A todos os meus professores no Instituto Superior de Engenharia do Porto, que foram capazes de transmitir todo o seu conhecimento e foram decisivos na minha formação académica.

Em especial ao Eng.º Raul Campilho e ao Eng.º Francisco Silva, por todo o conhecimento transmitido e pelo apoio incondicional.

À Colep Portugal S.A. pela oportunidade da realização deste projeto nas suas instalações.

À equipa de melhoria continua pela partilha de informação, conhecimentos e bom ambiente. Em especial a minha orientadora da empresa, Eng.ª Joana Pinto, pela paciência e por acreditar em mim.

Aos meus amigos, Campos, Marta, Rego, Luís, Hélder, Tadeu, Luísa, Sofia e Forte com os quais muito aprendi ao longo destes anos e estiveram sempre presentes para mim!

Por último, à minha família, em especial, ao meu pai e à minha mãe, por estarem sempre presente nos bons e maus momentos, pela sua constante preocupação, dedicação e por todo o apoio!

MUITO OBRIGADO!

PALAVRAS CHAVE

Aerossóis, *Lean*, 5s, Normalização, Redução de Desperdício, SMED, OEE, Poka-Yoke, A3

RESUMO

Atualmente, os clientes são cada vez mais exigentes em termos de qualidade e tempo de entrega dos seus produtos. A complexidade do mercado e a concorrência entre empresas obriga as organizações a definir estratégias diferenciadoras. Neste sentido, o modelo de melhoria contínua da Colep tem como principal objetivo criar uma cultura na empresa que permita responder a estes desafios. É, portanto, necessário um ambiente de constante adaptação e uma mentalidade de melhoria contínua, onde o foco é a excelência operacional. Para tal é necessário produzir “bem à primeira”, reduzir o desperdício e com máxima segurança.

O presente projeto procurou a melhoria de eficiência de uma linha de montagem de aerossóis, através da aplicação de ferramentas e técnicas *Lean*.

Uma das principais ferramentas *Lean* utilizadas neste projeto foi o SMED (*Single Minute Exchange of Die*), e conseqüentemente, os 5S, *standard work* e ciclo PDCA. Esta metodologia tem como grande foco a eliminação/redução dos desperdícios e a melhora da eficiência dos processos. A chave para o sucesso destas ferramentas são as pessoas, motivo pelo qual se torna fundamental o envolvimento de todos, de forma a possibilitar a mudança dos hábitos e conseqüentemente, a cultura das equipas.

Foi também criado um *Poka-Yoke*, sistema anti erro, que eliminou os encravamentos constantes que surgiam na linha de produção. Para monitorizar todo este projeto foi criado um A3, onde o grande foco de análise foi sempre o indicador de OEE e o tempo de *setup*.

Os objetivos foram cumpridos e os resultados comprovam ainda, que, as ferramentas *Lean* são uma metodologia a seguir. Foram obtidos elevados ganhos de produtividade sem investimentos muito avultados.

KEYWORDS

Aerosol, Lean, 5s, Standard Work, Waste Reduction, SMED, OEE, Poka-Yoke, A3

ABSTRACT

Nowadays, the clients are more rigorous about quality and lead time of the products. The market complexity and the competition between companies forces the organizations to think outside the box. Thus, Colep has a major goal to create a corporate culture that allows to respond to those challenges. So, it's necessary to create an adaptive environment and continuous improvement mentality where the focus is the operative excellence. For such purpose is necessary to produce "well at first", reduce the waste and with maximum safety.

The present project seeks for the improvement of the efficiency of an aerosol assembly line, through the application of Lean tools and techniques.

One of the main *Lean* tools used in this project was the SMED (Single Minute Exchange of Die), therefore, the 5S, standard work and PDCA cycle. This methodology has a great focus in elimination/reduction waste and improving the process efficiency. The key to success of these tools are the people, the participation of everyone is the most important to make possible the change of the habits and consequently, the culture of the team.

It was also created a Poka-Yoke, an anti-mistake system, that eliminated constant breakdowns in the production line. To follow up the project was created an A3, where the major focus of analysis was always the OEE and Setup time,

The goals were accomplished, and the results shows, the *Lean* tools are a methodology to follow. There was a productivity increment with low investment.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

5S	<i>Seiri (Separar), Seiton (Organizar), Seiso (Limpar), Seiketsu (Normalizar), Shitsuke (Manter)</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
SMED	<i>Single Minute of Exchange of Die</i>
TFM	<i>Total Flow Management</i>
TPM	<i>Total Production Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>

Lista de Unidades

h	Horas
min	Minutos
s	Segundos
m	Metros
cm	Centímetros
mm	Milímetros

Lista de Símbolos

€	Euro
%	Porcentagem

GLOSSÁRIO DE TERMOS

5S		Cinco palavra japonesas, começadas por “s”, que permitem a criação de ambientes de trabalho adequados ao controlo visual e <i>Lean manufacturing</i> .
<i>Gemba</i>		Palavra japonesa “chão de fábrica”.
<i>Kaizen</i>		Palavra Japonesa que significa melhoria contínua.
<i>Lead Time</i>		Tempo necessário para realizar determinada tarefa, atividade, produto ou serviço. É uma junção do tempo útil e o tempo não produtivo (armazenamentos, avarias, transportes, etc.).
<i>Muda</i>		Desperdício, qualquer atividade que não acrescente valor a empresa.
PDCA		Ciclo de planejar, executar, verificar e agir a fim de padronizar e prevenir a recorrência de não conformidades.
<i>Poka-Yoke</i>		Poka Yoke, ou sistema anti erro, é um tipo de ferramenta que visa prevenir ou detetar a ocorrência dos erros mais comuns que, dão origem a defeitos.
<i>Setup Time</i>		Refere-se ao período em que a produção é interrompida para que a troca de ferramentas aconteça
<i>External Up Time</i>	Set	Atividades que podem e devem ser executados enquanto a máquina se encontra em funcionamento
<i>Internal Up Time</i>	Set	Atividades que só podem ser realizadas com a máquina parada
<i>Standardized Work</i>		Processo de documentação e padronização de tarefas.
OEE		Indicador de eficiência
<i>Cell Leader</i>		Responsável de produção

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-Embalagem Bioplástica [2]	8
Figura 2-Diferentes formatos de aerossóis [3]	9
Figura 3-Produto acabado (Folha de Flandres) [1]	9
Figura 4-Folha de Flandres (coil) [3]	10
Figura 5-Elementos do TPS adaptado de [4]	12
Figura 6-Ciclo do Pensamento Lean [3]	13
Figura 7-Sete formas de desperdícios [3]	15
Figura 8-Ciclo PDCA, adaptado de [10].....	16
Figura 9- Impacto dos Standards adaptado de [8]	17
Figura 10-Implementação dos 5S [3].....	19
Figura 11-Perda de eficiência no setup, adaptado de [8].....	19
Figura 12-Os 5 passos do SMED, adaptado de [8]	21
Figura 13-Evolução do SMED ao longo dos 5 passos, adaptado de [8]	22
Figura 14-Exemplo de um sistema anti erro [3]	23
Figura 15-OEE (Overall Effectiveness Equipment), adaptado de [20]	25
Figura 16-Diferentes propostas de A3, adaptado de [22]	26
Figura 17-Estrutura de um A3, adaptado de [22].....	28
Figura 18-Análise ABC [24]	28
Figura 19-Exemplo de diagrama de Gantt [27]	29
Figura 20 – A Colep no mundo (Colep S.A., s.d.)	35
Figura 21 – Fluxo produtivo desde a preparação da matéria prima até à expedição final	36
Figura 22-Matéria prima: Folha de flandres.....	37
Figura 23-Corte Primário: Little	37
Figura 24-Litografia	38
Figura 25-Componentes de uma Aerosol	38
Figura 26-Corte Secundário	39
Figura 27-Estampagem.....	39
Figura 28-Montagem.....	40
Figura 29-Linha de Montagem	40

Figura 30-Alimentador de folha	41
Figura 31-Alimentador de componentes.....	42
Figura 32-Máquina de Soldadura	42
Figura 33-Forno	43
Figura 34-Cravadeira	44
Figura 35-Ink-jet	44
Figura 36-Máquina de teste de estanquicidade	45
Figura 37-Paletizador.....	45
Figura 38-Embalamento	45
Figura 39-Desdobramento do OEE	46
Figura 40-Análise do tempo de mudanças durante o ano 2017	47
Figura 41-Analise ABC das paragens totais	47
Figura 42- Cronograma do projeto.....	49
Figura 43-Etapa 1 e 2 do SMED	50
Figura 44-Os 5 passos do SMED	50
Figura 45- Eliminação do tempo de espera (Antes e Depois).....	51
Figura 46-Aplicação dos apertos rápidos (Antes e Depois)	52
Figura 47-Resultado final do SMED a cravadeira	52
Figura 48- Aplicador de verniz.....	53
Figura 49-Desenho do processo de mudança de verniz.....	53
Figura 50-Pré-montagem do verniz.....	54
Figura 51- Última etapa do SMED (Verniz).....	54
Figura 52-Escalonamento das atividades durante o Setup de Altura	55
Figura 53-Paletizador (Situação Atual)	56
Figura 54-Poka-Yoke.....	57
Figura 55-Evolução do Poka-Yoke	57
Figura 56-A3: Melhoria de eficiência da L15	58
Figura 57-Matriz prioridade	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Artigos publicados sobre SMED em várias indústrias.....	20
Tabela 2-Layout da linha de montagem.....	41

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Metodologia utilizada na dissertação	2
1.4	Estrutura da dissertação	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1	O setor de produção de embalagens	7
2.1.1	Importância na economia internacional e nacional do setor de embalagens	7
2.1.2	Tipos de embalagens.....	8
2.1.3	Materiais para embalagens metálicas.....	9
2.2	Conceito de Lean Thinking	11
2.2.1	TPS.....	11
2.2.2	Pensamento Lean.....	12
2.2.2.1	Sete Desperdícios.....	14
2.2.3	Ferramentas Lean.....	16
2.2.3.1	PDCA	16
2.2.3.2	Standard work.....	17
2.2.3.3	5S	17
2.2.4	SMED	19
2.2.5	Poka-Yoke.....	23
2.2.6	OEE	24
2.2.7	Metodologia A3.....	26
2.2.8	Análise ABC – Pareto	28
2.2.9	Diagrama de Gantt	29
2.2.10	Brainstorming	29
2.2.11	Payback Period	31

3	DESENVOLVIMENTO.....	35
3.1	Caraterização da empresa.....	35
3.1.1	Caraterização da Divisão de Packaging	36
3.1.2	Caraterização da linha de produção.....	40
3.2	Caraterização do problema.....	45
3.3	Tempestade de ideias	48
3.4	Planeamento do projeto	48
3.5	Implementação	49
3.5.1	Aplicação SMED.....	49
3.5.1.1	Setup de altura.....	49
3.5.1.2	Setup de troca de verniz	52
3.5.2	Escalonamento das atividades	55
3.5.3	Poka-Yoke “sistema anti erro” - Paletizador	56
3.6	Monitorização através do A3	58
3.7	Análise retorno financeiro	60
3.8	Análise crítica das implementações (dificuldades e vitórias alcançadas).....	60
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	65
4.1	CONCLUSÕES.....	65
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	66
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	69
6	ANEXOS	73
6.1	ANEXO A – Layout da Linha de produção	73
6.1.1	ANEXO A.1 – Diagrama de Spaguetti.....	74
6.2	ANEXO B – Normas Desenvolvidas relativas ao SMED	76
6.2.1	ANEXO B.1 – CheckList de Ferramentas.....	76

6.2.2	ANEXO B.2 – Modo Operatório da Máquina de Soldadura	77
6.2.3	ANEXO B.2 – Modo Operatório da Cravadeira	81
6.2.4	ANEXO B.2 – Modo Operatório da Troca de Verniz	84
6.3	ANEXO C – Modelo A3	86

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Este projeto surge no âmbito da conclusão do Mestrado em Engenharia Mecânica, ramo de Gestão Industrial, entre 1 de dezembro de 2017 e 31 de maio de 2018, desenvolvido na empresa Colep, S.A. Pretende-se com o presente trabalho aplicar algumas ferramentas *Lean*, de forma a melhorar a eficiência de uma linha de montagem de aerossóis.

1.1 Contextualização

Atualmente, os clientes são cada vez mais exigentes em termos de qualidade e tempo de entrega dos seus produtos. Para fazer face a essa exigência, é necessário melhorar a forma como se produz, ou seja, tornar os processos de fabrico mais eficientes.

É, portanto, necessário um ambiente de constante adaptação e uma mentalidade de melhoria contínua onde, o foco é a excelência operacional. Para tal, é necessário produzir “bem à primeira”, ou seja, com zero defeitos, zero desperdício e máxima segurança.

Para além dos pontos enumerados, a flexibilidade assume também um papel de elevada importância. De forma a acompanhar a competitividade das empresas deste setor, é necessário produzir lotes mais pequenos que, permitam, a redução do tempo de entrega aos clientes. No entanto, a existência de uma gama de produtos diferentes entre si, conduz à necessidade de proceder a trocas de ferramentas; processos estes com elevado desperdício associado. Aqui, verifica-se a necessidade de aplicar ferramentas *Lean* na eliminação dos mesmos.

1.2 Objetivos

O objetivo principal da tese, cujo relatório é apresentado nesta Dissertação, foi analisar e melhorar a eficiência de uma linha de produção, formar as equipas em novos standards de trabalho e utilizar metodologias *Lean* que garantam a autonomia da mesma. Pretende-se ainda identificar e reduzir problemas de qualidade e suas causas.

No caso da linha de montagem de aerossóis, alvo deste estudo, o tempo de *setup* pode chegar a ultrapassar uma hora, o que representa um grande desperdício. Este facto aliado à, também elevada, frequência da mudança de ferramentas, reforça a

importância de aplicar uma metodologia *Lean* como o SMED (*Single Minute Exchange of Die*).

1.3 Metodologia utilizada na dissertação

A metodologia de investigação aqui utilizada é a mesma que foi aplicada no âmbito do estágio curricular. Este trabalho decorreu com recurso à metodologia PDCA (*Plan - Do - Check -Act*), que está agregada à mentalidade *Lean* e constituída por quatro etapas principais.

Na primeira etapa, que, se refere ao planeamento, teve-se em consideração a situação atual da linha de produção, designadamente, o histórico de dados, bem assim como os levantamentos mais recentes, incluindo registos de produção, indicadores de produtividade e análise das micro paragens existentes na linha em questão. Em paralelo, foi feita uma análise detalhada das práticas utilizadas na troca de ferramenta.

Na segunda etapa, ocorreram reuniões quinzenais onde, uma equipa multidisciplinar (responsáveis de área, manutenção e engenharia), discutiram sobre possíveis melhorias em certas máquinas na linha de produção, analisando as micro paragens mais relevantes. Em paralelo, discutiu-se igualmente a aplicação da ferramenta SMED com pessoas da linha de produção.

Na terceira etapa, foi feito um A3 para monitorização do projeto de eficiência da linha onde os indicadores eram relativos ao OEE e ao tempo de *Setup*.

Por fim, depois dos planos de melhorias terem sido testados e analisados como detalhado, ocorreu a fase de implementação.

De frisar, que durante as reuniões quinzenais produziram-se ideias variadas de melhorias do processo de produção, umas mais complexas que outras. As que, tinham, maior facilidade de execução foram aplicadas durante as manutenções preventivas programadas semanalmente.

1.4 Estrutura da dissertação

A estrutura deste documento traduz a forma como o problema foi abordado.

No primeiro capítulo, é realizado o enquadramento temático do projeto, onde são definidos os seus objetivos, descrita a metodologia utilizada para a investigação e por fim, uma breve apresentação da empresa Colep S.A., local onde o trabalho foi realizado.

O segundo capítulo, é referente à revisão bibliográfica onde é feito um enquadramento teórico sobre os temas abordados no projeto. Este capítulo é dividido em quatro subcapítulos. Numa primeira fase é explicada a indústria de embalagens

metálicas, qual o tipo de produtos produzidos, bem assim como a importância para a economia nacional e internacional. Na segunda fase, é feita uma explicação breve sobre os tipos de linhas que existem atualmente no mundo industrial. No terceiro e quarto capítulo, são apresentados conceitos sobre melhoria contínua e *Lean*, para contextualizar tudo o que será aplicado na parte prática.

No terceiro capítulo, será apresentado o desenvolvimento de todo o processo, desde a fase de planejamento à implementação, onde também será explicado o fluxo produtivo, bem como os produtos produzidos na linha.

Para finalizar o relatório, o último capítulo, é dedicado às conclusões retiradas do projeto e às possíveis sugestões para futuros projetos, pois a melhoria é para ser feita de forma continuada.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será abordado numa primeira instância o setor de produção de embalagens metálicas e, em seguida, os vários tipos de linhas de produção existentes na indústria. Para finalizar será feita uma revisão bibliográfica sobre conceitos *Lean* e de melhoria continua que vão ser aplicados ao longo do projeto.

2.1 O setor de produção de embalagens

Em vista apresentar o setor de produção de embalagens metálicas, este subcapítulo terá como início uma breve explicação do impacto desta indústria na economia nacional e internacional.

2.1.1 Importância na economia internacional e nacional do setor de embalagens

A indústria representa atualmente cerca de 24% do PIB em Portugal, tendo, por isso um contributo muito importante na economia portuguesa. Comparando com outros países de todo o mundo, constata-se que a sua competitividade é inferior, pelo que, mostra-se necessário dinamizar e revitalizar este setor, que, é de extrema importância para a economia nacional. Os incentivos necessários para um crescimento industrial sustentável devem envolver investimentos na melhoria dos processos, bem assim como na inovação, de modo a aumentar a capacidade de exportação do país. Atualmente, a sobrevivência das indústrias está diretamente ligada aos índices de produtividade e custos associados. Estes indicadores que estão relacionados a nível operacional, podem distinguir e aumentar a gama de clientes, aumentando por sua vez a capacidade de resposta à solicitação daqueles. Estas melhorias, estão relacionadas com investimentos em inovação, tanto no campo da automatização de processos como nos métodos de trabalho. Relativamente aos métodos de trabalho, este pode ser otimizado com a introdução de ferramentas *Lean*. É também importante ter noção das novas tendências no setor industrial, para estar preparado para as mudanças que acontecem no dia-a-dia.

A indústria de embalagens metálicas tem registado um aumento de procura, derivado ao crescimento da indústria de bens de consumo. A taxa de crescimento anual prevista para a indústria de embalagens metálicas, entre 2015 e 2020, é de 3% a nível mundial, supondo-se que no final de 2020 esta indústria esteja avaliada em 135.69 bilhões de euros [1]. Os países desenvolvidos e em desenvolvimento são os principais responsáveis pelo aumento desta indústria, através do aumento das vendas de comida

enlatada. Ao nível de aerossóis, os produtos com maior tendência de crescimento são os produtos farmacêuticos e de cosméticos.

Relativamente à concorrência não se pode contabilizar só a concorrência direta, ou seja, não é só as pequenas, médias e grandes empresas deste setor que são a grande ameaça, mas sim, produtos como embalagens flexíveis e embalagens bioplásticas (nova tendência do mercado). As embalagens bioplásticas (Figura 1), tornam-se cada vez mais numa ameaça, relacionado com fortes questões ambientais. O relevo ambiental que cada vez mais se está a sentir, pode ser um fator crítico para qualquer indústria, sendo este um ponto forte e impulsionador para este tipo de embalagens.



Figura 1-Embalagem Bioplástica [2]

Em suma, a competitividade empresarial é cada vez mais forte e a necessidade de melhorar processos operacionais é cada vez mais urgente. Melhorando a produtividade, a qualidade e o serviço ao cliente são um dos pontos principais com que, cada vez mais, a empresa tem de estar preocupada. A concorrência não vem só de empresas tradicionais que produzem produtos similares, mas sim, dos novos produtos que poderão substituir os atuais. Todos estes fatores requerem a implementação de uma cultura de melhoria contínua nas organizações, inovando todos os dias.

2.1.2 Tipos de embalagens

Na unidade de produção em que se insere este estudo, existe só um tipo de aerossol, mas este pode ter várias alturas e diâmetros diferentes. Normalmente, as embalagens com maior dimensão são utilizadas para produtos como inseticidas, natas, produtos de higiene e limpeza, entre outros. Relativamente aos de pequena dimensão, costumam estar associados a produtos de higiene pessoal, óleos de lubrificação e também farmacêuticos [3]. Como é possível verificar na Figura 2 existe uma grande gama de aerossóis.

Quando saem da linha de produção vários tipos de aerossóis, ocorrem grandes perdas de eficiência resultantes da necessidade de troca de ferramentas.

Nominal dimensions (mm)	Dimensions (mm)						
	H1	H2 ±0.4	H3 ±0.0	Ø1 ±0.3	Ø2	Ø3 ±0.2	Ø4 ±0.1
Ø45	96	5.6	101.6	43.6	45	31.2	25.4
	118		123.6				
	140		145.6				
	178		183.6				
Ø49	119	7.0	126.0	47.8	49	31.2	25.4
	151		158.0				
	185		192.0				
Ø52	105	8.0	113.0	50.6	52	31.2	25.4
	132		140.0				
	161		169.0				
	195		203.0				
Ø57	136	9.5	145.5	55.5	57	31.2	25.4
	164		173.5				
	234		243.5				
	257		266.5				
Ø65	122	13.5	135.5	63.2	65	31.2	25.4
	157		170.5				
	195		208.5				
	240		263.5				
	300		313.5				

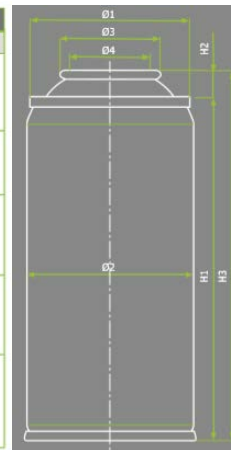


Figura 2-Diferentes formatos de aerossóis [3]

Esta grande gama de produtos permite à empresa conseguir responder pontualmente aos pedidos dos clientes, independentemente das dimensões dos aerossóis a produzir.

2.1.3 Materiais para embalagens metálicas

Os materiais usados nas embalagens metálicas estão subdivididos em ferrosos, do tipo Aço (Folha de Flandres) e não ferrosos, do tipo de Alumínio. Na unidade de produção que se insere este estudo, só se utiliza a matéria prima da folha de flandres. Atualmente está a ser estudado a possibilidade de produzir embalagens metálicas com a matéria prima de alumínio. A utilização desta matéria prima pode trazer vantagens como também desvantagens, estando a ser analisado com detalhe a utilização deste.

A folha de flandres é uma chapa metálica laminada constituída por baixo teor de carbono e revestida por uma camada de proteção de estanho, que lhe confere um aspeto visual brilhante e principalmente, evita a corrosão e ferrugem. A nível comercial, o aspeto, que este adquire com o estanho, torna-se atrativo tanto para os clientes como para os consumidores. É possível verificar na Figura 3, um exemplo de produto acabado produzido através da folha de flandres.



Figura 3-Produto acabado (Folha de Flandres) [1]

A composição química do aço a ser utilizado na produção de aerossóis é fundamental para assegurar características de resistência mecânica. Estas características tem de ser vantajosas para os processos adjacentes à criação do aerossol (soldadura e cravação). Para além de cumprir com estes requisitos tem, também, de possuir uma grande resistência química, pois, durante e depois do processo produtivo, estão em contato com o meio ambiente o que, pode levar à respetiva oxidação.

O aço utilizado para a folha de flandres é de baixo teor de carbono (0,06 a 0,15%), com o objetivo de conferir boas propriedades de ductilidade, que significa a capacidade de o material se deformar ou moldar. A folha de flandres incorpora aço com rigidez e moldabilidade, não tóxico e alto poder de maleabilidade.

Quanto ao revestimento por estanho, a sua grande finalidade é protegê-la da oxidação e ferrugem. Atualmente existem materiais com revestimentos diferentes e, nem todos, podem ser utilizados para a produção de aerossóis, uma vez que existem várias empresas a aplicar métodos diferenciados no tratamento da folha.

Depois do processo de eletrólise e de tratamento térmico, o processo a seguir é o de passivação (imersão no banho) onde o objetivo é aumentar a aderência dos revestimentos e dos vernizes. Para finalizar o processo, a folha é enrolada em bobines, como é possível verificar na Figura 4.



Figura 4-Folha de Flandres (*coil*) [3]

A partir destas bobines são cortadas as chapas. Existem vários fornecedores, mas o importante é que as propriedades referidas em cima, estejam presentes no material, para não existirem problemas de produção, designadamente dificultando a solda, ou deformando mais do que devia. Como já se verificou, existem vários tipos de fornecedores deste tipo de matéria prima e o aconselhável, é só ter um ou dois, pois cada um aplica composições químicas diferentes, sendo que cada composição apresenta comportamentos diferentes.

2.2 Conceito de *Lean Thinking*

Neste subcapítulo serão explicados conceitos de melhoria contínua que serão utilizados como base no projeto desenvolvido.

2.2.1 TPS

[4]Os arquitetos deste modelo de gestão foi *Taiichi Ohno* e *Eiji Toyoda*, chefes de engenharia da *Toyota Motor Company*. *Ohno* (1995) descreve o TPS (*Toyota Production System*) como sendo um conjunto de técnicas com o objetivo de reduzir os custos de produção e também a melhoria do serviço ao cliente. Assim, o que se pretende alcançar é a redução dos desperdícios, isto é, o que o cliente não paga.

A origem deste modelo teve grande influência no pós 2ª guerra mundial, pois a *Toyota* é uma empresa japonesa e, depois da guerra, a maior parte do Japão ficou destruída e imersa numa grave crise económica. A *Toyota*, naquele momento, era uma empresa frágil e em estado de pré-falência; para tal não acontecer concluíram que, teriam de mudar de mentalidades. Um dos pontos chave de mudança foi a visita realizada por *Eiji Toyoda* à concorrente *Ford, nos EUA*, empresa que, na altura, produzia grandes lotes e com uma fraca variação de produtos, mas em contrapartida tinha uma grande eficiência na alocação dos recursos [5]. A *Toyota* idealizou que, para se afirmarem no mercado, teriam de ter uma grande variedade de produtos, elevada qualidade e um baixo preço de compra.

Segundo *Wilson* [6], o TPS baseia-se em dois principais conceitos, a eliminação ou redução do desperdício e a utilização eficiente dos recursos e dos colaboradores que existem na empresa.

Os princípios da estratégia do TPS (Figura 5) são os seguintes [4]:

- **Processos *Just In Time* (JIT):** requer um fluxo contínuo de materiais e informação, ou seja, é uma metodologia que adota produzir a quantidade necessária, no momento exato e local pretendido;
- ***Jidoka*:** refere-se à qualidade dos produtos; esta metodologia pretende impedir a produção de elementos defeituosos (torna os erros visíveis);
- ***Heijunka*:** o principal objetivo é manter o fluxo contínuo, através da redução dos *stocks* intermédios para garantir a estabilidade dos processos adjacentes;
- **Processos Uniformizados:** garantir que os processos da empresa são idênticos de forma a ser mais fácil a gestão destes;
- **Melhoria Contínua:** ter em mente que qualquer processo pode ser melhorado, existe sempre melhorias em busca da redução do desperdício;

- **Estabilidade:** para ser um processo estável é necessário garantir a permanência destes conceitos a cima referidos.

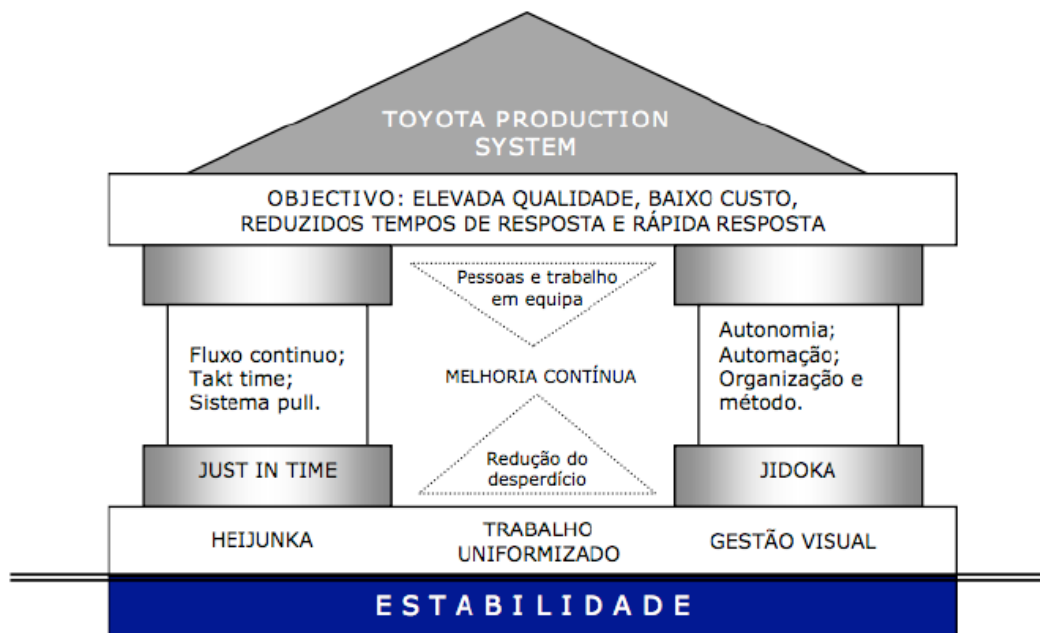


Figura 5-Elementos do TPS adaptado de [4]

Este modelo foi evoluindo e melhorando durante a implementação até aos dias de hoje. Resumindo, é um modelo de gestão que as organizações produtivas, hoje em dia, têm como referência e tentam alcançar as melhoras práticas de fabrico. Atualmente a Toyota continua a ser uma pioneira neste campo.

2.2.2 Pensamento Lean

Segundo Womack, Jones [5], o pensamento *Lean* refere-se a um modelo de gestão e liderança, que tem como grande foco o cliente. Este modelo assenta no envolvimento de todos os colaboradores, desde o “chão de fábrica” até à gestão de topo, ou seja, a comunicação entre todos é um dos pontos de chave.

O conceito *Lean* significa o grande foco que existe por parte da empresa no cliente final, ou seja, o objetivo é produzir/fornecer o que o cliente deseja, na especificações técnicas que pretende, sem defeitos, no prazo de entrega que deseja e para finalizar com o mínimo de desperdício durante o processo [7].

O *Lean Enterprise Institute* identificou cinco princípios fundamentais no pensamento *Lean* que são os seguintes (Figura 6):

1. **Especificar o valor:** o primeiro passo para ir de acordo com a filosofia *Lean*, é necessário definir/criar o valor, ou seja, especificar e aumentar o valor dos produtos na ótica do cliente;

2. **Identificar a cadeia de valor:** consiste na identificação dos processos totais da empresa que não criam valor para esta, ou seja, eliminando todos os processos prejudiciais à cadeia de valor;
3. **Otimizar o Fluxo:** depois de identificar o valor e eliminar todos os processos que não contribuem para o valor da empresa é necessário criar/melhorar o fluxo de produção. A sequência de produção tem de ser consistente e integrada de maneira a que o produto flua até ao cliente final;
4. **Sistema Pull:** este sistema consiste na criação de um fluxo ótimo de material e informação em toda a cadeia. O fluxo de material é unitário e o fluxo de informação é de acordo com as necessidades dos clientes. Utilizando o sistema Pull, é visível a redução dos stocks intermédios; o planeamento provoca a produção de lotes em pequenas quantidades, o que tem como grande vantagem a sincronização de toda a cadeia de valor e lead times mais curtos;
5. **Melhoria contínua:** tem como ideal a procura constante de melhorias, de forma a eliminar ou reduzir desperdício. O mercado e as exigências dos consumidores estão sempre a alterar, de forma a que existam oportunidades de uma melhoria constante.



Figura 6-Ciclo do Pensamento *Lean* [3]

Resumindo, estes são os princípios básicos do *Lean Thinking*, onde existe um empenho na procura pela excelência operacional (eliminando os desperdícios) e na criação de novos processos.

2.2.2.1 Sete Desperdícios

A eliminação dos desperdícios é um dos princípios fundamentais da filosofia *Lean* e está diretamente ligado ao sistema pull mencionado no capítulo anterior. Existem sete formas de desperdício e a sua eliminação traduz-se na excelência operacional. Estes sete tipos de desperdício fazem parte de um conceito mais amplo, os três Ms: *muda*, *mura* e *muri* [8]. *Muda* é uma palavra japonesa que significa desperdício, é um conjunto de atividades que consome recursos e tempo, mas que não acrescentam valor à empresa. *Mura* significa variabilidade, o que consiste na falta de estabilidade e fiabilidade do processo produtivo. *Muri* consiste na sobrecarga de equipamentos ou no que exige aos colaboradores, tornando o seu trabalho pouco ergonómico. Segundo Dailey W. [9], os sete tipos de *muda* são os seguintes:

- **Produção em excesso:** considerado o *muda* mais comum na indústria. Tem como significado produzir mais do que o necessário, produzir antecipadamente ou então mais rápido do que necessário. Este desperdício tem como características a grande quantidade de lotes, um grande WIP(*Work-in-Progress*), lotes muito grandes e o aumento de espaço utilizado para armazenar a produção;
- **Espera:** ocorre quando os processos produtivos estão dessincronizados e o operador e a máquina ficam à espera do próximo trabalho. Este tipo de desperdício acontece por falta de comunicação, problemas do equipamento e/ou um mau planeamento;
- **Transporte:** qualquer tipo de material movimentado que não vai ser necessário na produção. Pode originar falta de espaço, ou seja, não existem locais de passagem e, conseqüentemente a danificação do material. Este desperdício pode resultar de um layout mal estruturado;
- **Processamento em excesso:** é um desperdício que pode ser eliminado, pois é um processo que não acrescenta valor ao produto. Refere-se muitas das vezes a um excesso de embalagem ou então excesso de qualidade (sobre processamento) que o cliente final não especificou. A solução para estes casos passa pela boa comunicação entre o cliente e a empresa, referindo quais são as especificações que um produto tem de possuir;
- **Inventário:** qualquer excesso de material que exista na empresa vai contribuir para este desperdício, como a matéria-prima, produto semiacabado, produto final e também material de embalagem. Este excesso de inventário acaba por gerar custos adicionais de manutenção a nível de armazenamento (material parado) e ainda mais preocupante quando estes acabam por tornar-se obsoletos. O desconhecimento do

consumo dos materiais acaba por ser uma das principais causas deste desperdício;

- **Movimento:** define-se por qualquer ato efetuado por qualquer pessoa que não cria valor para a criação do produto ou serviço. Acontece muitas vezes quando o espaço de trabalho não está organizado e consequentemente, leva à perda de tempo na procura das ferramentas que necessitam. Também pode dever-se a falta de sistemas visuais e a ineficiência dos equipamentos;
- **Defeitos:** acontecem, a maior parte das vezes, ao nível de produção, quando são produzidos produtos não conforme que vão gerar reclamações por parte do cliente. Enviar produtos não conformes e que só posteriormente são detetados pelos clientes põe em causa o bom relacionamento que existe entre ambos. Deve-se muito ao facto de os colaboradores não terem a formação necessária para exercer aquela função e também à falta de standards.

Na Figura 7 é possível observar todos os tipos de desperdícios:



Figura 7-Sete formas de desperdícios [3]

2.2.3 Ferramentas Lean

Para a eliminação e identificação do desperdício é necessário a utilização de várias ferramentas *Lean*, para existir uma melhoria constante dos processos.

Nesta secção só vão ser detalhadas as ferramentas que foram utilizadas na presente Dissertação.

2.2.3.1 PDCA

O ciclo PDCA, Figura 8, conhecido como o ciclo *Plan-Do-Check-Act* ou *Deming Cycle*, é uma ferramenta *Lean* que consiste numa sequência lógica de quatro etapas com o objetivo de desenvolver aprendizagem e o conhecimento; tem também como objetivo melhorar a comunicação entre a equipa.

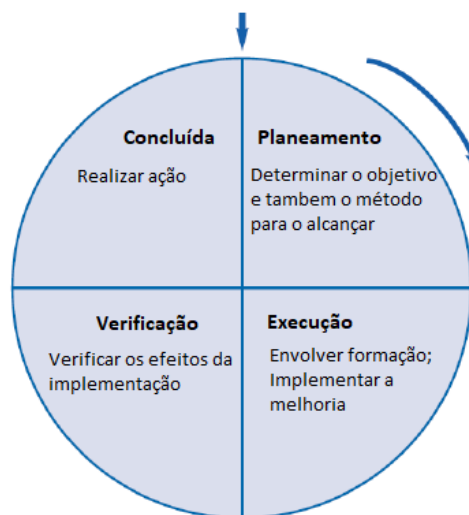


Figura 8-Ciclo PDCA, adaptado de [10]

É uma ferramenta que está compreendida em quatro fases:

- **Planeamento:** consiste no estudo e definição da execução da tarefa de melhoria, bem assim como, no identificar do problema e delinear ações para atingir o objetivo;
- **Execução:** quando a ação estava a ser levada a cabo pela pessoa responsável;
- **Verificação:** depois de testada é necessário averiguar e avaliar os resultados obtidos com a execução da ação;
- **Concluída:** se a ação teve bons resultados, normalizar os procedimentos para evitar a recorrência do problema. Se a ação não tiver os resultados pretendidos voltar à fase de planeamento para delinear novas ações.

2.2.3.2 Standard work

A uniformização dos processos e tarefas, é um dos pilares da filosofia *Lean*. A normalização das tarefas a realizar é a melhor, a mais eficiente e a mais segura forma de desempenhar, até ao momento conhecida. As tarefas devem ser executadas como foram definidas, não existindo margem para desvios [10]. O *standard work* é uma metodologia que permite a deteção e eliminação do *muda* e *muri*.

Segundo Coimbra [8], detalhar cada tarefa é uma método que permite atingir um estado de fluidez dos movimentos, de maneira a executar a tarefa no menor tempo possível e com a devida qualidade. Como é possível verificar na Figura 9, os standards são sempre alvos de melhoria contínua de forma a tornar o trabalho cada vez mais eficiente.

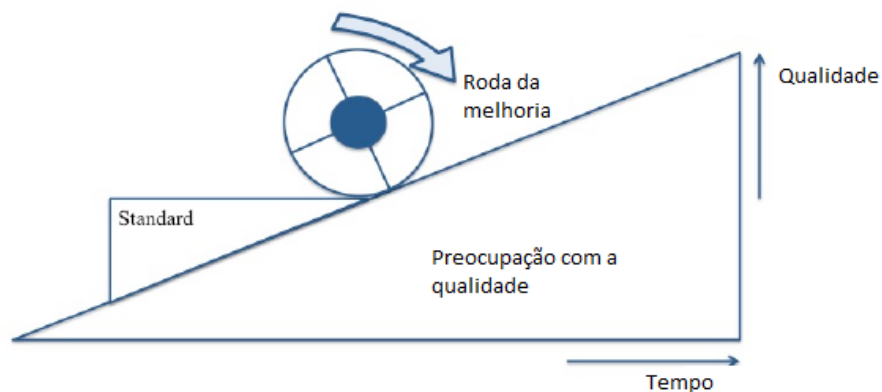


Figura 9- Impacto dos Standards adaptado de [8]

O *standard work* acaba por estar diretamente ligado a outras ferramentas *Lean*, como o SMED pois depois de aplicada a metodologia desta, é necessário normalizar as tarefas de maneira a não haver desperdícios (deslocações, tempo de espera, movimentações).

2.2.3.3 5S

Os 5S é uma ferramenta *Lean*, que como qualquer outra ferramenta visa a eliminação ou redução de desperdício. Esta metodologia é uma das mais importantes a ser implementada no *gemba*, pois tem como finalidade manter o espaço de trabalho limpo, organizado e seguro. Tem como grande objetivo a otimização e eficiência das atividades realizadas.

Segundo Pinto (2009), a definição de cada “s” é a seguinte:

1. **Separar (Seiri):** esta primeira etapa consiste num levantamento geral das ferramentas de trabalho que cada área utiliza. Depois de ter sido feito este levantamento é necessário fazer uma triagem do que é necessário do que não

é necessário. As ferramentas que não se utilizam têm de ser eliminadas; depois, dentro das utilizadas ainda existem duas categorias: as que se usam mais vezes e as que se usam periodicamente. Esta separação vai possibilitar uma área de trabalho mais segura e organizada, o que vai levar a uma redução dos desperdícios;

2. **Localizar (*Seiton*):** após filtrar os objetos necessários na área em questão, é também necessário identificá-los. Os objetos com maior uso têm de ficar o mais próximo possível do ponto de uso, tendo sempre ajuda visual para sinalizar. Neste “S” é muito usual a utilização da gestão visual para reduzir o desperdício da movimentação. Sabendo o local exato do objeto, não é necessário andar à procura do mesmo, eliminando o tempo de procura;
3. **Limpar (*Seiso*):** esta etapa é feita em paralelo com as duas etapas referidas em cima, ou seja, enquanto se faz a separação e a localização das ferramentas limpa-se o local de trabalho. A área de trabalho é limpa com o intuito de ser um local agradável de trabalhar. Esta limpeza constante, também pode precaver fugas de óleo ou até mesmo detetar um parafuso mal apertado, o que pode evitar avarias de longa paragem;
4. **Normalizar (*Seiketsu*):** separar, localizar e limpar são as etapas base desta metodologia; sem a devida manutenção destas, corre-se o risco de voltar ao estado inicial do modelo. Esta etapa refere-se à sustentabilidade dos três primeiros S, criando *standards* de limpeza e organização. É necessário criar uma rotina para que, o que está para trás, não seja esquecido e se volte à situação inicial;
5. **Manter (*Shitsuke*):** a última etapa é a que, normalmente, é a mais difícil de concretizar. Consiste na autodisciplina dos colaboradores de cada área que, tem como grande objetivo, manter as etapas anteriormente referidas. Os 5S não é uma ferramenta que se implementa de um dia para o outro, mas sim uma nova rotina que é criada. Esta etapa só é possível com a intervenção de toda a gente e no grande alinhamento da equipa.

Os 5s apresentados são essenciais para qualquer empresa ou qualquer atividade, pois sem esta metodologia aplicada é muito complicado ou quase impossível aplicar outras ferramentas *Lean* que tem por base os 5s.

Concluindo, os 5s acabam por ser uma das grandes bases da filosofia *Lean*, sem os quais é impossível aplicar outras ferramentas. Na Figura 10, é possível verificar o ciclo/implementação dos 5S.

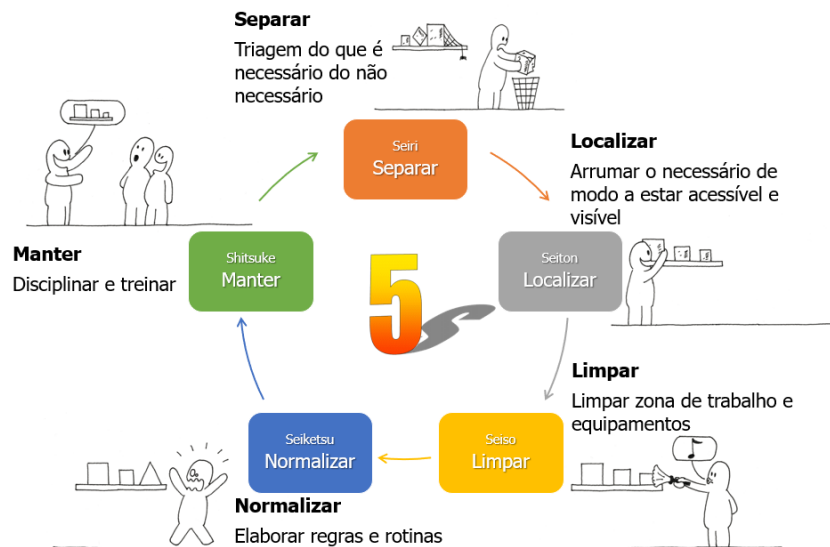


Figura 10-Implementação dos 5S [3]

2.2.4 SMED

A troca de ferramentas, produtos ou afinações feitas no decorrer do tempo de produção programada é designada de *setup*. Este tempo de paragem diz respeito ao momento em que a produção é suspensa para proceder a uma troca de ferramentas, desde a última peça conforme até à primeira peça conforme do produto seguinte [11]. Este tipo de paragens levam a perda de eficiência de uma linha de produção, como se pode verificar na Figura 11.

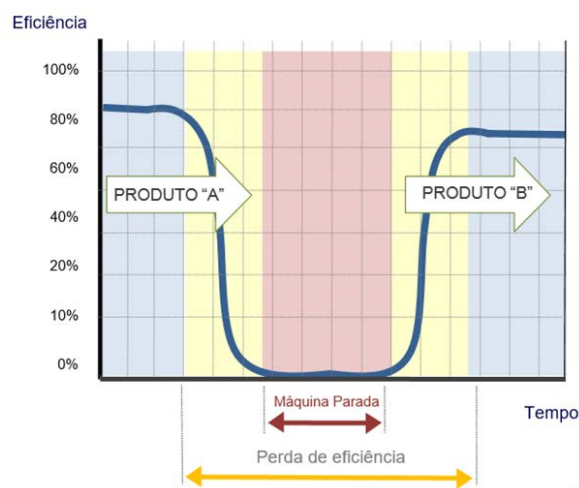


Figura 11-Perda de eficiência no *setup*, adaptado de [8]

O acrónimo SMED significa *Single Minute Exchange of Die*, é designado como troca de ferramentas rápida. Traduzindo literalmente, tem o significado de troca de ferramenta em minuto singular, ou seja, proceder à troca de ferramentas em menos de 10

minutos. O principal objetivo desta ferramenta *Lean*, é a redução de tempo de mudanças entre produto. Este método permite modificar as ferramentas de um produto para outro de maneira rápida e eficiente, o que vai permitir que a empresa tenha uma maior flexibilidade, acabando por conseguir produzir lotes mais pequenos.

A origem do conceito SMED vem da década de 50, quando *Shigeo Shingo*, na altura consultor da *Japan Management Association*, desenvolveu um projeto de eliminação dos gargalos (*bottlenecks*) na empresa *Toyo Kogyo's Mazda*. No decorrer deste projeto, *Shingo* constatou que as tarefas realizadas dentro do intervalo de tempo de troca de ferramentas poderiam ser divididas em dois tipos de tarefas [12]:

- **Tarefas Internas:** atividades que só podem ser realizadas com a máquina parada.
- **Tarefas Externas:** atividades que podem e devem ser executadas enquanto a máquina se encontra em funcionamento, antes ou depois da máquina estar parada.

Tabela 1- Artigos publicados sobre SMED em várias indústrias

Título	Referência	Indústria
Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines in the automotive industry;	[13]	Componentes Automóvel
The contribution of Lean manufacturing tolls to changeover time decrease in the pharmaceutical industry;	[14]	Indústria farmacêutica
Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area;	[15]	Indústria Metalúrgica
Improving Changeover Time: A Tailored SMED Approach for Welding Cells;	[16]	Soldadura
Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company;	[17]	Indústria Gráfica

Em 1957, *Shingo* foi convidado a desenvolver o mesmo tipo de projeto na empresa da *Mitsubishi Heavy Industries*, onde implementou pela primeira vez a conversão de tarefas internas em externas. As conclusões retiradas por *Shingo* foram consolidadas

treze anos depois na empresa da *Toyota Motor's Company*. Num caso específico na Toyota, aplicando esta metodologia, foi capaz de reduzir os *setups* de uma máquina de quatro horas em três minutos. Neste projeto foi possível converter tarefas internas em externas e também reduzir as internas. Mais tarde, a ferramenta SMED foi adotada por todas as fábricas da Toyota e, continua a integrar um dos principais elementos do *Toyota Production System*. Segundo Shingo, esta ferramenta pode ser aplicada em qualquer tipo de indústria [18], conforme se apresenta na Tabela 1.

No que diz respeito à implementação desta metodologia, o SMED trata-se de um método estruturado de melhoria numa sequência de 5 passos, como mostra a Figura 12 [18]:

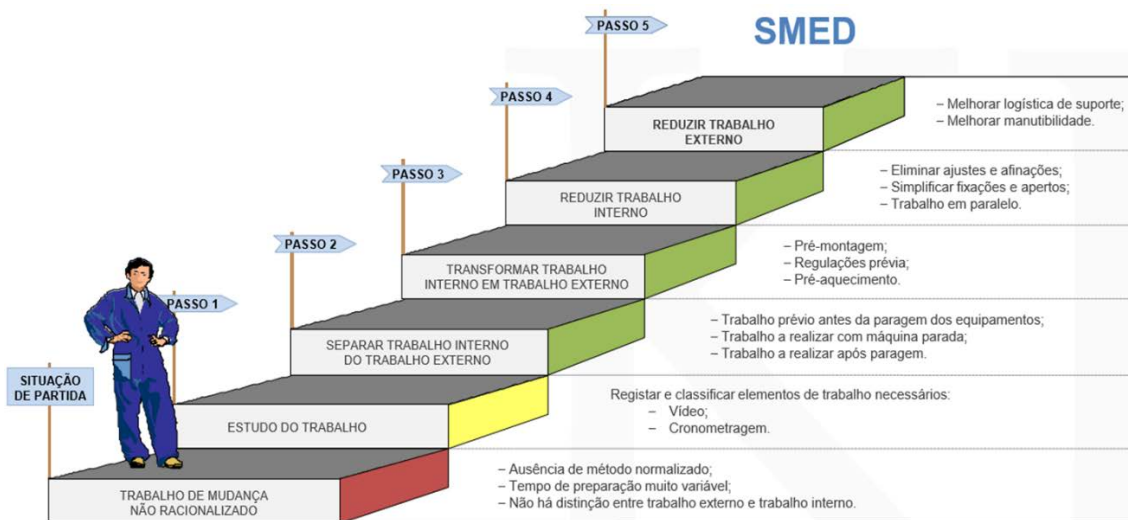


Figura 12-Os 5 passos do SMED, adaptado de [8]

Na aplicação da metodologia do SMED inicia-se com um trabalho não padronizado e a sequência de cinco passos é a seguinte [18]:

1. **Estudo do trabalho:** nesta etapa efetua-se o estudo do trabalho, onde o *setup* é feito sem estar padronizado. Proceda-se à análise das tarefas realizadas durante a mudança. Depois de as tarefas estarem listadas, identifica-se quais delas são internas ou externas. No final, tem-se a primeira sequência de tarefas;
2. **Separar trabalho interno do trabalho externo:** esta etapa refere-se à separação das tarefas internas e externas. Agrupam-se as tarefas internas e colocam-se as externas à direita (depois da máquina começar a produzir) e na esquerda (antes da máquina parar);
3. **Transformar trabalho interno em trabalho externo:** no início desta etapa já se tem uma primeira sequência com todo o trabalho interno e externo separado. O grande foco vai para as tarefas internas onde o objetivo é transformá-las em externas. Um exemplo é o pré-

aquecimento de moldes, evitando estar com a máquina parada à espera que estes atinjam a temperatura ideal. Idealmente é esperado que tarefas feitas com a máquina parada sejam feitas com a máquina em funcionamento;

4. **Reduzir ou eliminar o trabalho interno:** nesta etapa tenta-se reduzir ou eliminar as tarefas com a máquina parada. Com foco de novo nas tarefas internas, propõe-se melhorias com o intuito de diminuir o tempo das tarefas internas, de modo a reduzir ao máximo o tempo em que a máquina se encontra parada. Um exemplo, é a aplicação de apertos rápidos, para reduzir o tempo de desapertar e apertar um parafuso;
5. **Reduzir ou eliminar o trabalho externo:** numa última fase é feita a redução ou eliminação do trabalho externo. Uma vez reduzido ao máximo as tarefas internas nas etapas anteriores, o tempo de paragem da máquina já se encontra otimizado. Usualmente utiliza-se a ferramenta dos 5S para reduzir as tarefas externas, pois é necessário que as ferramentas utilizadas durante a mudança estejam organizadas e junto do local de uso. Algumas melhorias podem também estar relacionadas com a logística de suporte.

Na Figura 13, mostra-se a evolução ao longo dos 5 passos da metodologia SMED que demonstra as melhorias de etapa a etapa.

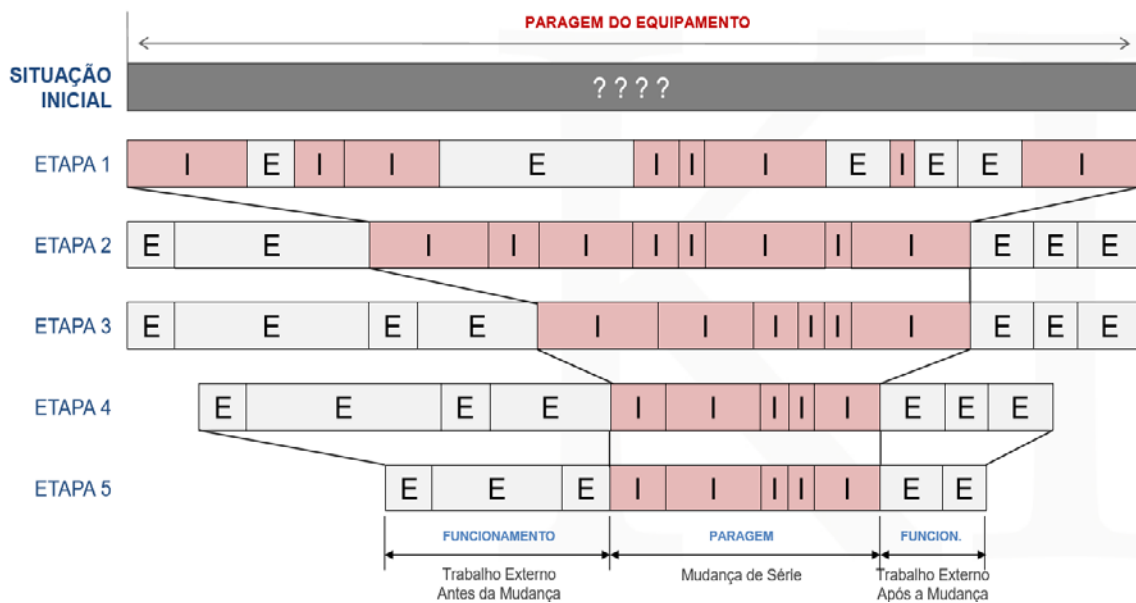


Figura 13-Evolução do SMED ao longo dos 5 passos, adaptado de [8]

Como já referido anteriormente, o SMED permite reduzir o tempo de troca de ferramentas e, por conseguinte, apresenta duas grandes vantagens. Por um lado, pode tornar económicas as séries de produção mais curtas, permitindo reduzir stocks e

melhorar o serviço ao cliente, em termos de prazo e qualidade, entregando ao cliente quando ele quer. Outra grande vantagem é o aumento da capacidade real das máquinas, reduzindo a necessidade de investimento para o aumento de produção. [18].

2.2.5 Poka-Yoke

O conceito de *Poka-Yoke* (à prova de erro) foi desenvolvido por *Shigeo Shingo*, na fábrica japonesa de automóveis, *Toyota Motor Company* como uma ferramenta para eliminar defeitos. É um sistema que permite eliminar ou diminuir tarefas repetitivas que dependem da vigilância ou memória do operador, libertando-o para outras tarefas de maior valor. *Shingo* redesenhou um processo de montagem de um interruptor elétrico, no qual os operadores frequentemente se esqueciam de inserir uma mola por baixo dos botões. No novo processo, a pessoa que executava a tarefa passou-a a efetuar em dois passos: primeiro colocava as duas molas necessárias num local intermédio e só depois inseria as molas no interruptor. Assim, quando se esquecia de uma mola, esse erro ficava visível e poderia ser corrigido de imediato.[19]

Segundo Shingo [19] o objetivo do sistema anti erro passa por desenhar os processos de forma a que os erros sejam imediatamente detetados e corrigidos logo na fonte. É uma estratégia de melhoria de qualidade que enfatiza a prevenção de defeitos através de sistemas de controlo de qualidade [9]. Na Figura 14 é possível ver um exemplo de um sistema anti erro industrial.

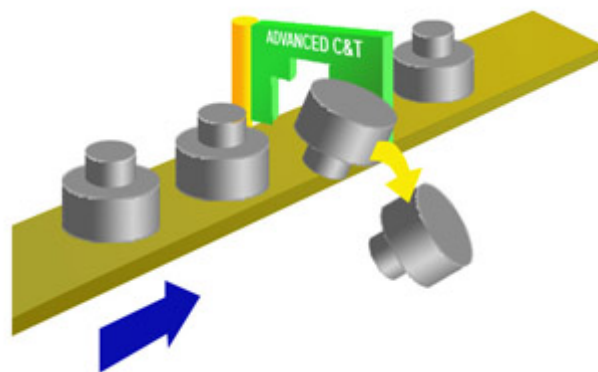


Figura 14-Exemplo de um sistema anti erro [3]

Segundo Thomson, Kocaküläh [7] a maneira mais eficaz de verificar erros é quando o produto é desenhado em função da linha de produção. Se o produto é projetado para aquela determinada linha de produção então, não deveriam existir erros de qualidade. Se isto não acontecer, é necessário criar automatismos que previnam ou detetam defeitos durante a produção. Estes sistemas anti erro podem ter diferentes formas, como de controlo ou de aviso. Os de controlo, impedem fisicamente de produzir um

defeito; quanto aos de aviso, podem simplesmente ser um mecanismo que dispara um alarme de aviso para sinalizar que um erro foi cometido.

A grande vantagem destes sistemas é a garantia que o produto enviado para o consumidor final está livre de defeitos e com a qualidade pretendida por ele. Estes sistemas anti erro podem também ser responsáveis por redução de sucata e melhorias de eficiências que impacta diretamente na redução de custos de produção.

2.2.6 OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE) foi definido por *Nakajima* em 1988 e é utilizado como um indicador de desempenho dos equipamentos. Este indicador é constituído por outros três indicadores individuais: a disponibilidade do equipamento, o seu desempenho e a qualidade de produção. O OEE pode ser utilizado de várias formas dentro de qualquer indústria. Em primeiro lugar, o OEE pode ser usado como uma referência que serve de comparação para melhorias ou alterações feitas numa fábrica. Tendo implementado este indicador é possível verificar e quantificar o nível de melhoria efetuado. Em segundo lugar, o valor de OEE, calculado para cada linha de produção presente numa fábrica é uma mais valia, pois destaca a linha que está com pior eficiência. Em terceiro lugar, se forem registadas separadamente as paragens de cada máquina é possível compreender o desempenho dessa linha em questão, destacando os problemas mais ocorrentes em cada máquina. Esta análise acaba por identificar as máquinas com piores desempenhos, assim determinando o local onde os recursos tem de estar focados [20].

Sharma, Kumar [21], utilizou o como um indicador de eficiência e eficácia e concluiu que este indicador permite identificar os desperdícios de uma linha ou máquina. Este indicador também evidencia as fragilidades da fábrica, o que, permite, avaliar se está preparada para as grandes mudanças que os clientes pretendem.

Segundo Nakajima [20], para se obter a máxima eficiência dos equipamento, é necessário a eliminação de seis grandes perdas, que são:

1. **Paragens não programadas:** estão associadas a manutenções corretivas, falta de energia, falta de operador, etc;
2. **Paragens por Setup ou Ajustes:** as paragens por *setup* cada vez mais frequentes para atender às mudanças do mercado. Estas paragens estão associadas a troca de produto ou matéria prima e também aos ajustes que são feitos antes e durante a produção;
3. **Micro paragens:** são paragens que se caracterizam por serem rápidas interrupções na produção, mas que, somadas, podem ter um grande impacto. Normalmente estão associadas a falta de material, defeitos encontrados e pequenas avarias;

4. **Perdas por redução da velocidade:** quando a cadência de produção teórica é inferior da que é realmente conseguida;
5. **Falhas durante o processo (não conformidades ou retrabalho):** relacionadas com defeitos de produção, ou seja, produtos com especificações fora do padrão especificado pelo cliente;
6. **Falhas no início de produção:** estas falhas ocorrem quando um equipamento fica sem trabalhar durante um certo período e o tempo de arranque aumenta, pois é necessário estabilizar o equipamento.

Estas seis grandes perdas, como se pode ver na Figura 15, afetam diretamente ou indiretamente os três fatores do cálculo do OEE, sendo que este indicador resulta da multiplicação destes três fatores.

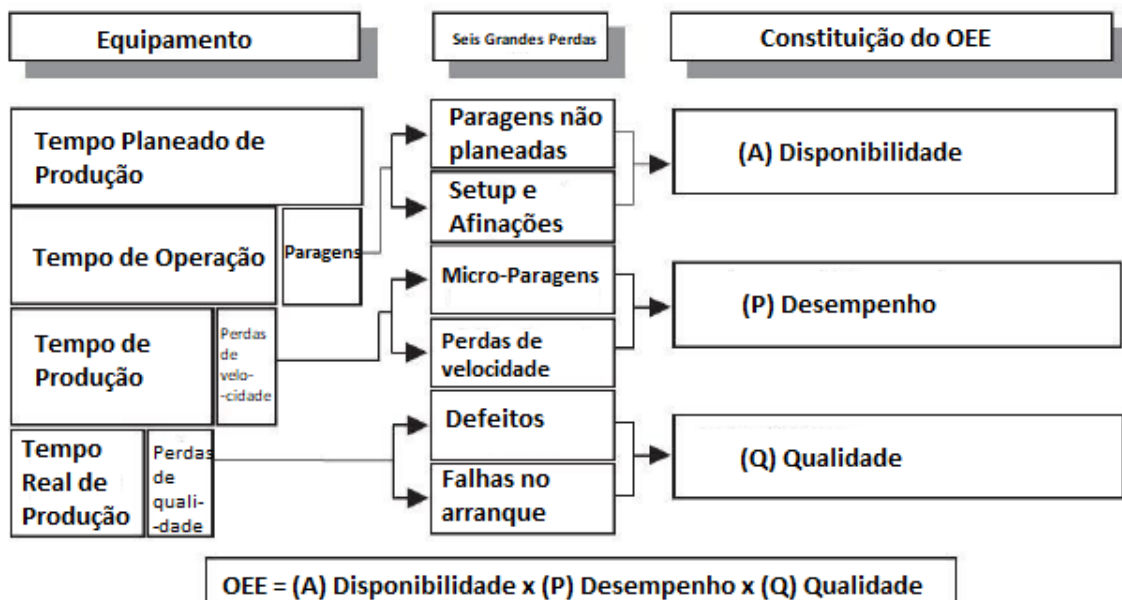


Figura 15-OEE (Overall Effectiveness Equipment), adaptado de [20]

O OEE tem por base o tempo disponível, afetado por três fatores: disponibilidade, desempenho e qualidade, o seu cálculo é realizado através da seguinte fórmula:

$$OEE = (A) \text{ Disponibilidade} \times (P) \text{ Desempenho} \times (Q) \text{ Qualidade} \quad (1)$$

Disponibilidade: este indicador reflete o tempo real de produção, ou seja, o tempo que teve realmente disponível a produzir.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de operação} - \text{Paragens}}{\text{Tempo planeado de produção}} \times 100 \quad (2)$$

Desempenho: este fator como já referido em cima, avalia se o equipamento produziu o que estava programado ao que realmente produziu durante o tempo que operou.

$$Desempenho = \frac{Total\ de\ Peças / Tempo\ de\ Produção}{Peças\ por\ ciclo} \times 100 \quad (3)$$

Qualidade: este último indicador relaciona o número total de peças boas produzidas com o número total de peças produzidas.

$$Qualidade = \frac{N^{\circ}\ peças\ boas}{N^{\circ}\ total\ de\ peças\ produzidas} \times 100 \quad (4)$$

Segundo Nakajima [20], para se obter um OEE ótimo é necessário um índice de pelo menos 85%. Isso, só é concretizável se a disponibilidade for de aproximadamente 90%, desempenho de 95% e os níveis de qualidade de 99%. O valor de OEE pode auxiliar na definição da real capacidade disponível para atender à procura dos consumidores.

2.2.7 Metodologia A3

O A3 foi desenvolvido pela Toyota de forma a registar as melhorias feitas. Segundo Matthews [22], o A3 tem duas funções básicas, uma, é um método de fazer uma proposta de melhoria e a outra é de registar/informar as ações de melhoria que foram realizadas. A metodologia do A3 diz respeito à comunicação de uma ideia de melhoria numa folha de papel A3. Numa organização onde toda a gente tem muitas funções e não tem tempo para ler muita informação, o A3 acaba por condensar muita informação de forma visual. O modelo A3 deve conter apenas informação clara e objetiva, que seja perceptível num curto espaço de tempo. Segundo Matthews [22] existem grande vantagens com a utilização do A3 para a resolução de problemas: Tem uma abordagem simples, apresenta a informação de maneira clara e visual e acaba, também por criar uma cultura propícia à melhoria contínua e ainda , estabelece uma base do projeto e também os objetivos a alcançar estipuladas inicialmente.

Na Figura 16 é possível verificar que os A3 podem ter campos e estruturas diferentes, desde que sejam simples e de fácil compreensão:

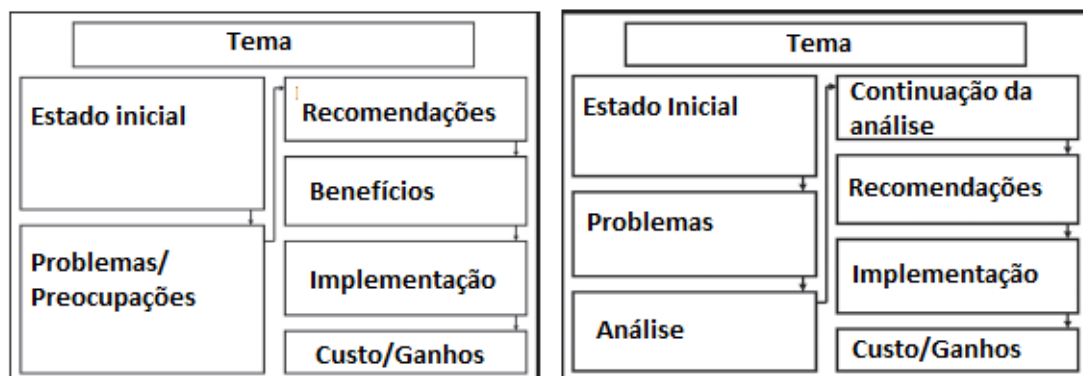


Figura 16-Diferentes propostas de A3, adaptado de [22]

Normalmente os A3 são constituídos por sete campos:

-Problema: é o segundo campo do A3 mas o primeiro a ser preenchidos, pois é necessário definir claramente e objetivamente qual o problema. Para este campo estar preenchido é também necessário definir as fronteiras do projeto para saber as limitações que este tem. Depois de o problema estar definido é necessário retratar a situação atual e preferencialmente quantificá-la.

-Objetivo: depois de o problema estar claro para a equipa é necessário definir o objetivo do projeto. É prioritário o objetivo estar definido para só se focarem nos problemas que estes influenciam. Este valor é definido pela gestão de topo, de forma a que, a equipa de projeto esteja mais alinhada com as intenções e objetivos destes. Segundo Matthews [22] o objetivo tem de ser específico e claro de acordo com o problema e todas as características realçadas.

-Tema: este campo que se situa no topo do A3 só é preenchido depois do *target* estar definido. Este campo tem como objetivo captar a essência do que a equipa de projeto está a tentar alcançar, especificando as características do problema.

-Análise da situação futura: esta quarta etapa está ainda inserida na fase de planeamento do projeto. Depois do problema estar identificado é necessário perceber o porquê de este acontecer. Este campo tem como objetivo descobrir a causa raiz do problema, para tal utilizam-se várias ferramentas *Lean* como os 5 Porquês e o diagrama de causa-efeito. Estas técnicas desenvolvidas por japoneses tem a finalidade de identificar a causa raiz dos problemas.

-Contramedidas: depois de identificada a causa raiz do problema é necessário criar ações de contramedida, ou seja, ações de melhoria para tentar solucionar estes. Esta etapa é a última fase de planeamento antes de seguir para a fase de implementação. É muito comum o recurso a equipas multidisciplinar para encontrar as melhores soluções possíveis e dentro destas, criar uma lista de prioridades a fazer.

-Implementação: não é suficiente identificar o problema raiz e criar as contramedidas, pois é também necessário implementar estas ações. Geralmente neste campo seguem-se três passos: criam um plano de implementação, comunicam o plano às equipas naturais e por fim, implementam as contramedidas.

-Monitorização dos Indicadores: como último campo do A3 temos a monitorização dos indicadores que a equipa selecionou para chegar ao objetivo pretendido. Depois da implementação ter terminado é necessário analisar o sucesso ou o insucesso do projeto.

Na Figura 17, está um exemplo de A3 proposto por *Mathews*.

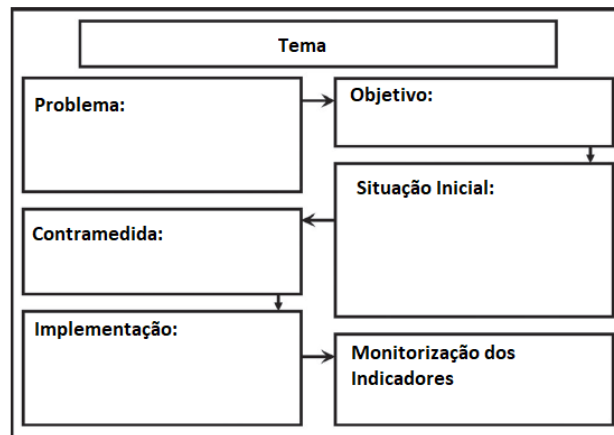


Figura 17-Estrutura de um A3, adaptado de [22]

É importante mencionar que a má utilização do A3 é um desperdício e, como tal, este deve ser bastante simples, visual, com uma linguagem clara e cíclica, permitindo que qualquer pessoa que tenha acesso ao relatório possa introduzir ações de melhoria [23].

2.2.8 Análise ABC – Pareto

A análise *Pareto* ou também análise ABC é uma ferramenta de análise de dados que foi desenvolvida por *Joseph Juran*, consultor de qualidade. *Juran* encontrou um padrão na distribuição de defeitos de um certo produto. Depois de diversas análises, poucos tipos de defeitos eram responsáveis pela maioria das rejeições, ou seja, 80% dos problemas de qualidade de uma peça eram causados por 20% dos tipos de defeitos. Em homenagem a um economista italiano, *Vilfredo Pareto* que num estudo realizado observou que 80% da riqueza italiana estava concentrada em 20% da população, *Juran* ditou o termo de “Gráfico de Pareto” no início da década de 90. Como é possível verificar na Figura 18, é dada uma classificação aos problemas relacionando causas com consequências [24].

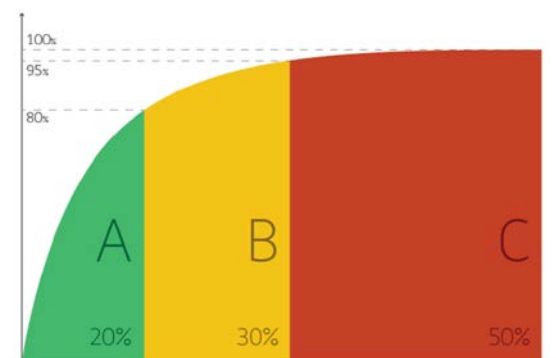


Figura 18-Análise ABC [24]

Este gráfico tem como fundamento ordenar a frequência das ocorrências, do maior para o menor, permitindo obter uma priorização dos problemas. A grande vantagem desta ordenação é, a de permitir, de forma visual a identificação dos problemas mais importantes, focando os esforços da organização nos mais relevantes [25].

A análise ABC é uma ferramenta geralmente utilizada no campo da melhoria contínua, pois é uma ferramenta simples que toda a gente pode utilizar e tem como objetivo a identificação e eliminação dos desperdícios nos processos [26].

2.2.9 Diagrama de Gantt

Esta metodologia foi desenvolvida em 1917 pelo engenheiro mecânico *Henry Gantt*, refere-se a um gráfico que tem como objetivo principal controlar a produção. Normalmente podem ser visualizadas as tarefas de cada membro da equipa e o respetivo tempo a executá-las. Podendo analisar o empenho de cada pessoa, desde que a tarefa esteja associada a um recurso necessário ao desempenho dela.

Como é possível observar na Figura 19, o diagrama de *Gantt* é um gráfico que ilustra o avanço das diferentes etapas com o decorrer do tempo, ou seja, no eixo vertical temos as tarefas a realizar e no eixo horizontal temos o tempo que cada tarefa demora a realizar.

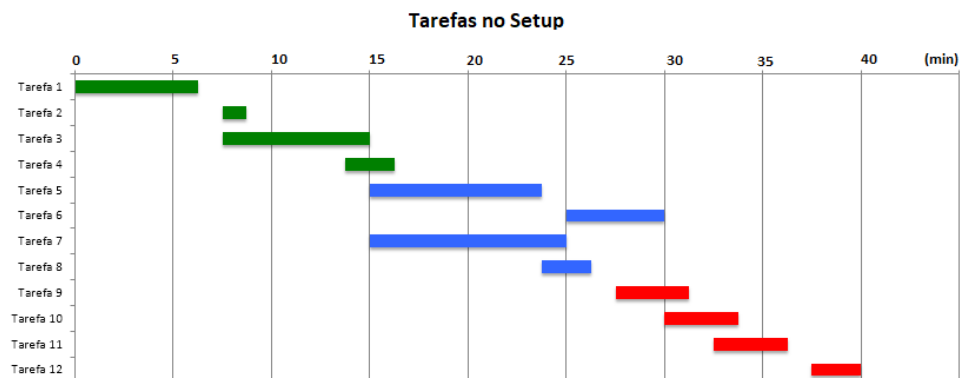


Figura 19-Exemplo de diagrama de Gantt [27]

Segundo Lopez and Roubellat [27], o diagrama de Gantt é uma representação gráfica simples que é utilizada para visualizar o cronograma de tarefas ou projetos a realizar. Esta ferramenta pode permitir ainda calcular os custos de uma tarefa/projeto, resultante do consumo de recursos necessários à conclusão de cada tarefa.

2.2.10 Brainstorming

O brainstorming é uma ferramenta simples, que tem como objetivo a criação de ideias e ou evidenciar problemas. Alex Osborn, publicitário norte-americano desenvolveu o conceito em 1953, desde então tem existido várias melhorias à técnica original. Este conceito tenta combinar uma abordagem descontraída e informal para uma melhor

resolução de problemas, encoraja os envolvidos a terem ideias diferentes e exorbitantes. É também importante que nestas sessões não se critique ou rejeite ideias diferentes pois muitas dessas ideias podem ser reconstruídas, onde podem levar às soluções dos problemas [28].

A resolução de problemas em grupo pode muitas vezes ser prejudicada pelo comportamento dos elementos que não ajudam ou tem uma atitude negativa, o que leva ao desenvolvimento de ideias limitadas e sem criatividade. Por outro lado, o brainstorming tem o intuito de ser um ambiente livre e aberto que encoraja a participação de todos para a criação de soluções inovadoras. Estas sessões trazem vantagens para a fase de implementação, pois os participantes que estiveram presentes ajudaram no desenvolvimento da solução, o que leva a um comprometimento dos presentes para a realização da solução apresentada. As sessões como já referido em cima tem o objetivo de ser dinâmicas e com um bom ambiente o que pode levar à união das pessoas. O *brainstorming* pode ser eficaz, mas é de extrema importância abordá-lo com mente aberta e um espírito criativo [28].

Segundo *Osborn*, para gerir uma sessão de brainstorming de maneira eficiente é necessário seguir as seguintes etapas:

1. **Preparar o grupo:** antes da sessão de brainstorming é necessária uma preparação prévia, tanto a nível de conteúdo e preparação da sala onde vai ocorrer a sessão. É importante levar a informação certa e não em excesso. Relativamente à constituição do grupo é preferível que este seja composto por pessoas de diversas áreas para as ideias que surgirem serem as mais diferentes possíveis.
2. **Apresentar o problema:** como explicado anteriormente é essencial definir o problema que se quer resolver. Numa fase inicial é aconselhável que todos os participantes escrevam as suas ideias para depois poderem partilhá-las com os restantes elementos.
3. **Guiar a discussão:** depois de apresentadas as ideias, inicia-se a discussão destas com o objetivo de criar novas ideias. É fundamental que toda a gente seja proativa na reunião e incentivar os mais calados a expor as suas ideias.
4. **Selecionar a ideia e executá-la:** depois da fase de criação de ideias é essencial escolher as ideias que podem levar a melhorias mais relevantes. Analisar e selecionar as ideias mais importantes é um passo importante onde se pode recorrer a diversas ferramentas de melhoria continua.

2.2.11 Payback Period

É um método que o seu objetivo é analisar o retorno de um investimento num projeto, ou seja, este procedimento tem o objetivo de avaliar em quanto tempo o investimento feito é recuperado pela empresa. Visto por outro ponto de vista, este método mede a dimensão do risco do projeto: quanto mais demorar a pagar o investimento inicial maior é o risco do projeto. Quanto mais rápido se pagar o investimento, mais rápido se poderão fazer outros investimentos noutros projetos [29]. Para calcular este período, divide-se o investimento pelo retorno esperado. O resultado apresentará o espaço temporal que vai levar a recuperar o investimento. A fórmula utilizada para calcular o retorno financeiro do projeto é a seguinte:

$$\text{Período de retorno (Payback)} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Retorno Esperado}} \quad (5)$$

Muitas das empresas, como critério de avaliação, atribuem um período de retorno máximo aceitável. Grandes investimentos tendem a ter um *payback* aceitável de 5 anos, onde o investimento tem de ser pago ao fim dos 5 anos.

DESENVOLVIMENTO

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caraterização da empresa

O trabalho foi realizado na empresa Colep Portugal, S.A, na unidade industrial das metálicas de Vale de Cambra, pertencente à Divisão de *Packaging*. A Colep é uma empresa líder global na indústria de bens de consumo de embalagens e fabricação sob contrato. Com um volume de negócios de cerca de 512 milhões de euros, a Colep emprega cerca de 3800 pessoas em Portugal, Brasil, Alemanha, México, Polónia, Espanha, Emirados Árabes Unidos e Reino Unido. Como parte da aliança “Colep & One Asia” (ACOA), a Colep oferece aos seus clientes uma rede de abastecimento global. (Figura 20).



Figura 20 – A Colep no mundo (Colep S.A., s.d.).

Fundada em 1965, em Vale de Cambra, a Colep começou por fazer parte da indústria de embalagens metálicas. Mais tarde alargou o ramo de atividade, iniciando a produção de embalagens industriais, alimentares e aerossóis. Atualmente, a Colep é também capaz de satisfazer as necessidades dos clientes relativamente à formulação química e enchimento do produto, design de embalagens e construção de protótipos.

Em 2001, a Colep foi adquirida na totalidade pelo Grupo RAR, crucial para a sua expansão internacional. Hoje em dia, a estrutura da Colep Portugal é dividida em duas áreas de negócio:

-packaging division- Unidade de produção de embalagens plásticas e metálicas (apenas em aço, folha flandres), quer sejam para fins industriais, alimentares ou aerossóis;

-product supply group division – unidade de enchimento, produção de produtos de higiene e *home care*, e posterior enchimento em embalagens tanto aerossol como líquido.

3.1.1 Caracterização da Divisão de Packaging

O projeto da presente dissertação foi desenvolvido na *Divisão de Packaging*, no setor das metálicas (montagem de aerossóis). Esta área da fábrica é dedicada à produção de aerossóis, com diferentes tipos de altura e diâmetro.

O fluxo produtivo de aerossóis está apresentado na Figura 21, desde a receção da matéria prima até a expedição do produto acabado.

Para se compreender melhor o fluxo do setor onde se insere o projeto realizado, passa a descrever-se cada um dos processos envolvidos.

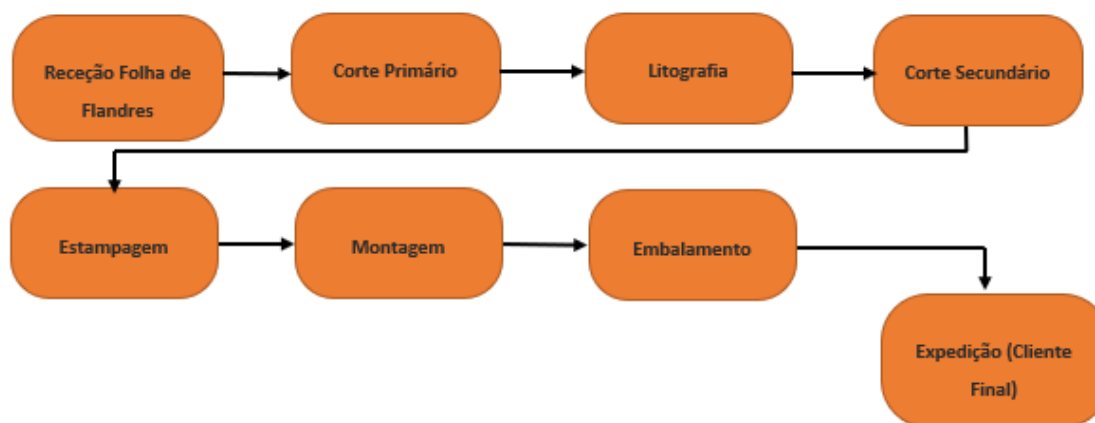


Figura 21 – Fluxo produtivo desde a preparação da matéria prima até à expedição final

Um aerossol é constituído por três componentes (corpo, fundo e cúpula), ou seja, para a montagem do produto é necessário a obtenção desses três componentes. Como fases anteriores à montagem, ocorre a produção destes em áreas diferentes da fábrica.

A produção de um aerossol começa com a aquisição de matéria prima que advém de empresas externas. A matéria-prima principal deste processo é a folha-de-flandres, fabricada a partir do aço com revestimento de estanho. A folha-de-flandres pode ter espessuras variadas, desde 0,17 mm a 0,43 mm e chega sob a forma de *coil* (Figura 22). Além de possuir alta resistência e maleabilidade, a folha-de-flandres incorpora aço para obter rigidez. Este material acaba por ser ideal para a proteção de alimentos, bebidas e outras substâncias quando embaladas.



Figura 22-Matéria prima: Folha de flandres

Depois da recepção do *coil* é necessário passar por um primeiro processo de corte, ou seja, corte primário (Figura 23). Neste processo, as dimensões da folha cortada já estão influenciadas pelo produto final, ou seja, a dimensão da folha cortada tem como base o aerossol a ser produzido. Um aerossol até ser formado, tem três tipos de folhas a serem produzidas nesta fase de produção. Um tipo de folha para o corpo que, de seguida, vai para a litografia e as outras duas folhas são referentes à cúpula e aos fundos.

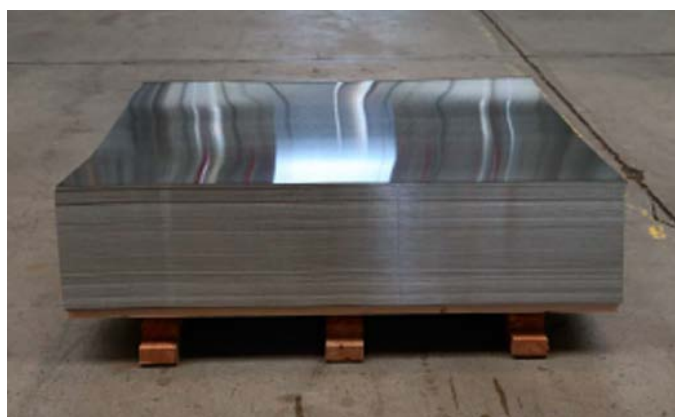


Figura 23-Corte Primário: Little

Terminando o corte primário do *coil*, segue-se a litografia onde, nesta área, as linhas podem ser agrupadas em dois tipos, convencionais e ultravioleta que se diferenciam principalmente pela forma de secagem da tinta. As linhas convencionais recorrem à secagem em forno convencional a alta temperatura (180°C), enquanto que as linhas ultravioleta recorrem à secagem instantânea por passagem em lâmpadas UV. Esta diferença leva a que o processo seja muito mais eficaz no segundo grupo. Existem também linhas dedicadas à impressão e ao envernizamento (Figura 24).



Figura 24-Litografia

Após a litografia ocorre o segundo processo (e último) de corte ao qual designamos corte secundário. Na produção de um aerossol, este processo é dividido em dois diferentes: um para obtenção dos componentes (B) e outro para o corpo do aerossol (A) que são produzidos em paralelo (Figura 25).



Figura 25-Componentes de uma Aerossol

Como já referido em cima, o corte secundário tem duas áreas distintas, para o corpo do aerossol e para os componentes. Relativamente ao corpo do aerossol, é nesta fase que o corpo fica pronto, ou seja, a folha que vem do corte primário é cortada nas medidas certas de um componente. Na área dedicada aos fundos e cúpulas, o principal objetivo deste corte é obter o melhor aproveitamento da matéria prima, daí o corte ser feito em forma de *scroll* (Figura 26).

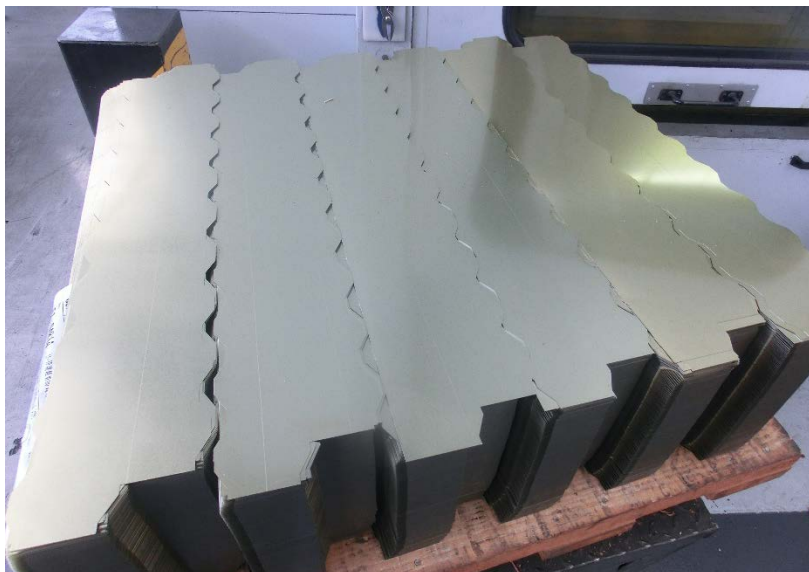


Figura 26-Corte Secundário

Na área da estampagem (Figura 27) é onde acontece a produção das cúpulas e dos fundos. As máquinas presentes nestas linhas são prensas e aplicadores de borrachas. As prensas estão encarregues de dar a forma aos componentes e em seguida é feita a aplicação da borracha que, tem como objetivo, isolar o material e prevenir fugas, no momento em que são cravados no corpo do aerossol.



Figura 27-Estampagem

Por último, temos a linha de montagem que é onde o aerossol é montado. Existem 6 linhas dedicadas à produção de aerossóis e, o que as distingue, é a altura e diâmetro do material produzido. As linhas são abastecidas pelos três componentes, já referidos em cima, e o processo é idêntico em todas elas.

Em primeiro lugar, o corpo é enrolado e soldado, num formato que se designa “virola”. De seguida, à virola são cravados os outros dois componentes (fundo e cúpula). Após a cravação, são feitos dois testes de controlo. Um verifica possíveis micro fugas de ar e o outro verifica se a posição do aerossol está correta ou não.



Figura 28-Montagem

3.1.2 Caracterização da linha de produção

Na linha de produção alvo deste estudo, realiza-se a operação de montagem do aerossol (corpo, fundo e cúpula). A variedade dos produtos produzidos nesta linha é elevada, o que leva a uma mudança de ferramenta constante.

A Figura 29 apresenta o *layout* do fluxo da linha em estudo. Este é composto por seis máquinas: Máquina de Soldadura, Forno, Cravadeira, *Ink-Jet*, *Wilcoo* e Paletizador.

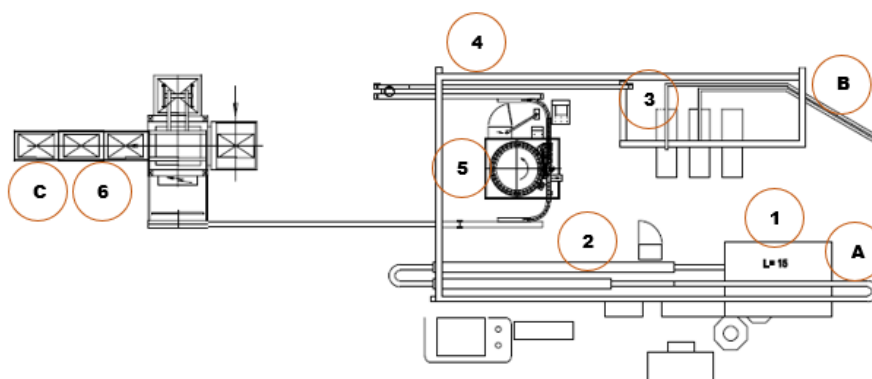


Figura 29-Linha de Montagem

Tabela 2-Layout da linha de montagem

Número	Descrição		
		5	<i>Wilcoo</i> (Teste de estanquicidade)
1	Máquina de Soldadura	6	Paletizador
2	Forno	A	Abastecimento do Corpo do Aerossol
3	Cravadeira	B	Abastecimento da Cúpula e Fundos
4	Ink-Jet	C	Armazém das Paletes

Como demonstrado na figura em cima, a linha de produção é constituída por seis máquinas, desde a receção dos componentes (A e B) ao embalamento da paleta (C).

A linha é liderada por um *Cell Leader* (responsável da linha), e a mão-de-obra da linha está dividida em três equipas de modo, a assegurar, a rotatividade dos grupos. A equipa é constituída por um supervisor, cabeça de linha e um auxiliar.

Em primeiro lugar, é necessário que nos pontos A (Figura 30) e B (Figura 31) sejam inseridos os componentes, ou seja, na estação A devem ser inseridas as folhas dos corpos e na estação B devem ser inseridas as cúpulas e os fundos. Estas funções estão destinadas ao cabeça de linha e auxiliar pois são tarefas com um menor grau de dificuldade.

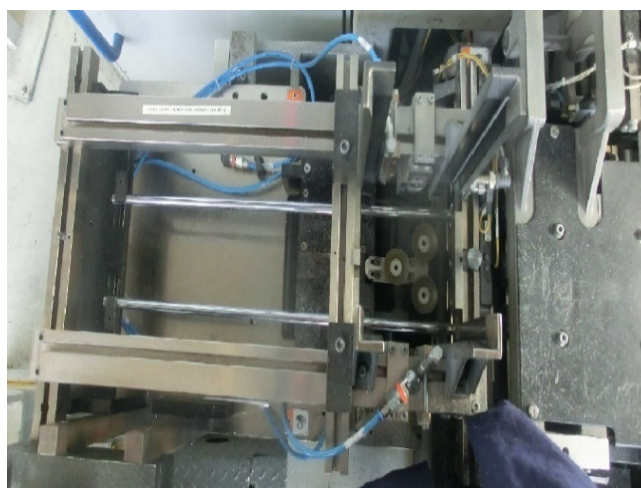


Figura 30-Alimentador de folha



Figura 31-Alimentador de componentes

Relativamente à máquina de soldadura, é a máquina mais “recente” presente na linha de montagem. A soldadura aplicada na máquina é por pontos, que tem como definição a aplicação de pressão e corrente elétrica em peças sobrepostas em pequenos pontos no corpo do aerossol. Dependendo da altura dos produtos em produção, a velocidade de soldadura varia, o que acaba por influenciar a cadência desta. Nesta linha em específico, não há variação do diâmetro do aerossol só de altura, ou seja, em cada formato produzido é necessário mudar os seus parâmetros de soldadura (velocidade de soldadura, corrente e a distância dos pontos entre si). O aerossol com maior dimensão tem uma cadência inferior às mais pequenas, devido à qualidade exigida pelos clientes e também, de modo a prevenir a existência de micro fugas.

Depois do corpo ser soldado, ainda existe a necessidade de aplicação de verniz exterior, um sistema simples que é constituído por um rolo que o distribui pela linha soldada. A aplicação deste verniz permite ao aerossol obter propriedades mais resistentes (Figura 32).

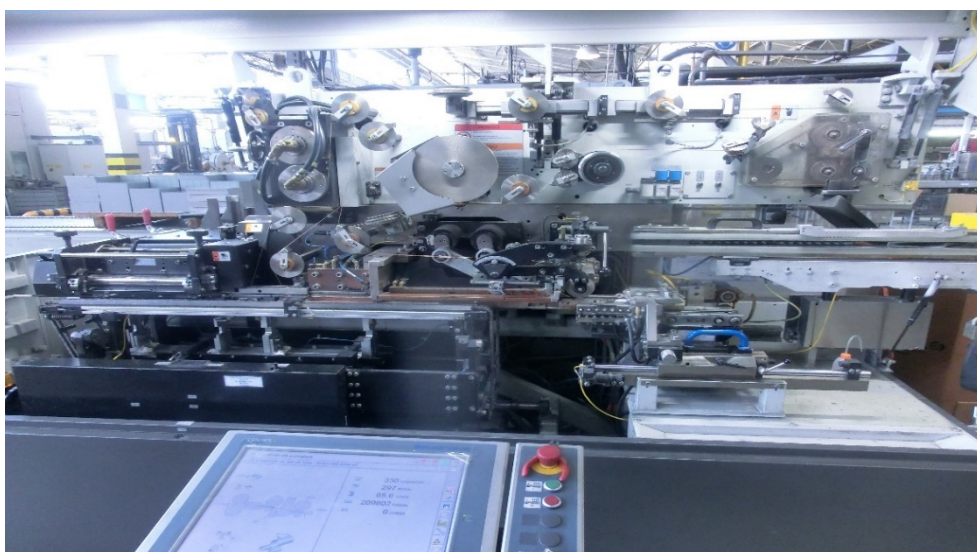


Figura 32-Máquina de Soldadura

O forno é o processo adjacente à máquina de soldadura. Depois da aplicação dos vernizes é necessário a passagem pelo forno, onde é dado um tratamento térmico ao corpo do aerossol para este ficar com as características necessárias que o cliente pretende.

O forno possui um comprimento de três metros e encontra-se a uma temperatura de 450°C, o necessário para o verniz ser curado devidamente e o corpo do aerossol ficar pronto para as operações a seguir (Figura 33).



Figura 33-Forno

A cravadeira (Figura 34) ao contrário da máquina de soldadura é a máquina mais antiga da linha de produção. Como é possível verificar na imagem a baixo, esta, é constituída por três módulos que desempenham funções diferentes ao longo da produção.

Na primeira estação é feita a deformação no corpo do aerossol, tanto em baixo como em cima, para este conseguir fazer o encaixe da cúpula e do fundo.

Nos seguintes módulos faz-se o encaixe da cúpula e do fundo no aerossol. A cravadeira é a responsável por limitar a cadência da linha, ou seja, a máquina de soldadura tem capacidade de produzir mais corpos por minuto que a cravadeira.



Figura 34-Cravadeira

A *Ink-Jet* é a máquina responsável por imprimir nos aerossóis códigos, tais como a data de validade, o número do lote, a referência ou código de barras, variando em conformidade com as exigências do cliente. O seu exclusivo módulo de tinta permite tempos mínimos de paragem e uma fácil manutenção. Quando ocorre uma troca de formato na linha, é apenas necessário a elevação ou descida da pistola (Figura 35).



Figura 35-Ink-jet

A máquina de teste de estanquidade, *Wilcoo* tem como função a deteção de micro fugas nos aerossóis. Depois de passar pelos processos produtivos mais complexos da linha de montagem, a cravação e a soldadura, é feito um controlo de qualidade ao aerossol antes de seguir para a zona de embalagem. A máquina é constituída por 32 cabeças e uma zona que expulsa o material não conforme (Figura 36).



Figura 36-Máquina de teste de estanquicidade

Para finalizar o processo produtivo da linha de montagem, a última máquina é o paletizador (Figura 37 e Figura 38) que é responsável pela junção dos aerossóis em paletes. É um processo automático e simples, pois uma pessoa não precisa de estar dedicada em exclusivo a este posto, ou seja, na situação atual, existe um posto de trabalho para três paletizadores.



Figura 37-Paletizador



Figura 38-Embalamento

3.2 Caracterização do problema

Flexibilidade, competitividade e rápida capacidade de resposta, são temas de grande foco no mercado global atual e presentes no dia-a-dia de cada empresa, evidenciando novas exigências com as constantes mudanças e o aumento das expectativas dos clientes em termos da funcionalidade e qualidade dos produtos. A redução do tempo e

otimização do processo de mudança de ferramenta como, também, a melhoria de eficiência da linha foi uma das apostas escolhidas pela COLEP S.A. para aumentar a sua produtividade.

Surgiu, através desta dissertação, a oportunidade de trabalhar sobre o tema de otimização do processo de fabrico. Como já referido na revisão bibliográfica a empresa utiliza a metodologia “*waterfall*” para representar visualmente o OEE, onde estão representadas as perdas de *performance e disponibilidade* da linha no ano de 2017 (Figura 39).

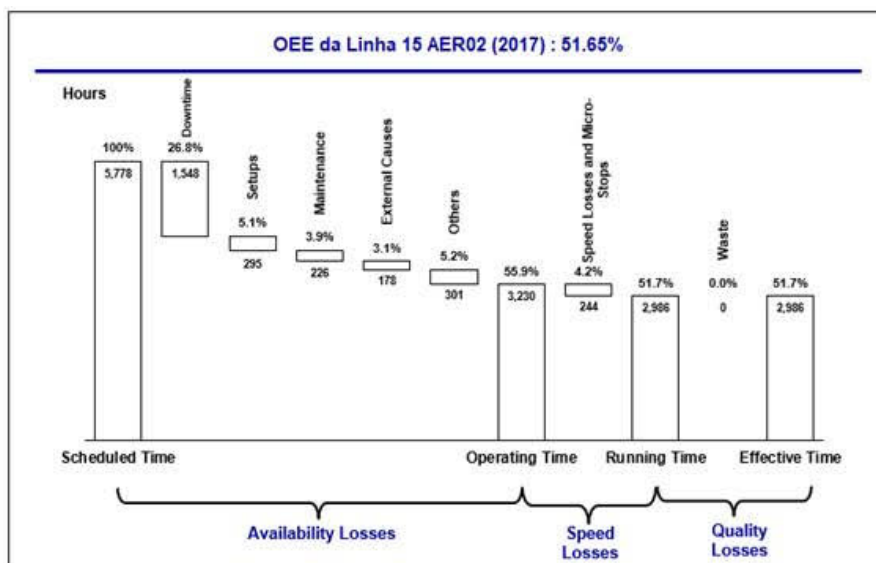


Figura 39-Desdobramento do OEE

Inicialmente, analisou-se o gráfico de maneira a perceber os problemas da linha e também quais seriam as perdas mais relevantes. Como é possível verificar a nível de perdas de disponibilidade tanto as avarias como os *setups* representam uma grande percentagem das perdas neste grupo (26.8% e 5.1%), respetivamente. Visto isto, foi feita uma análise mais detalhada destes problemas para perceber realmente quais as razões intrínsecas aos mesmos.

Por outro lado, ao nível da troca de ferramentas, verificou-se a inexistência de um modo operativo para a realização de troca das mesmas ao nível da linha de montagem em questão, ou seja, dependiam da equipa que realizava a troca e, eram feitas sem um sequenciamento pré-definido. Com esta falta de organização dentro das equipas, o elevado tempo de mudança de ferramentas era notável. A nível de ferramentas que se utilizavam para as mudanças constatava-se, também, uma grande desorganização; durante a troca verificava-se a perda de tempo à procura de certas ferramentas específicas. Na Figura 40 estão representadas as mudanças de formato mais frequentes, assim como o tempo delas (ano de 2017).

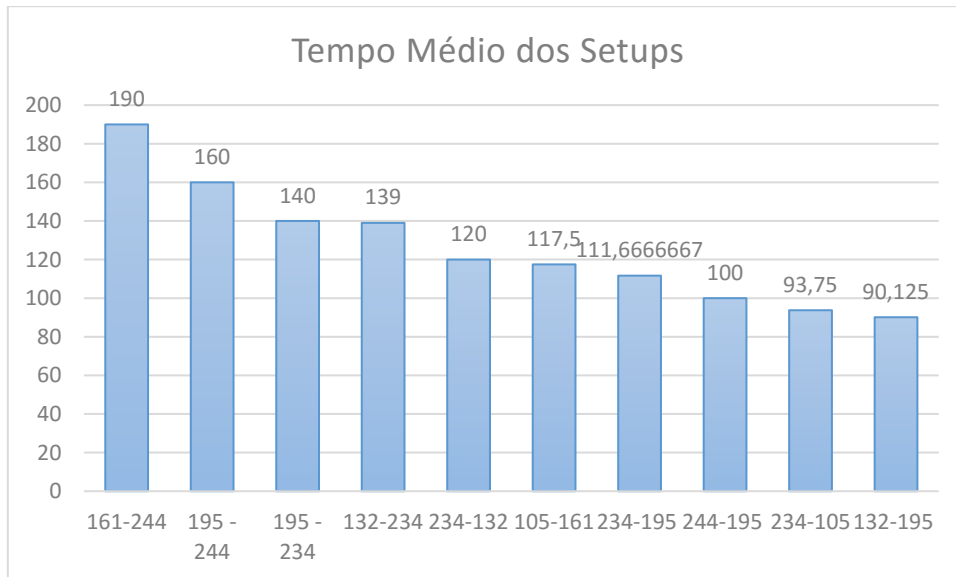


Figura 40-Análise do tempo de mudanças durante o ano 2017

Ao nível de avarias onde estão incluídas as micro paragens, foi um tema de grande foco ao longo da realização do projeto. Inicialmente foi feito uma análise de Pareto para identificar os grandes problemas da linha de montagem. O gráfico em baixo, representa as maiores paragens da linha do ano de 2017(Figura 41).

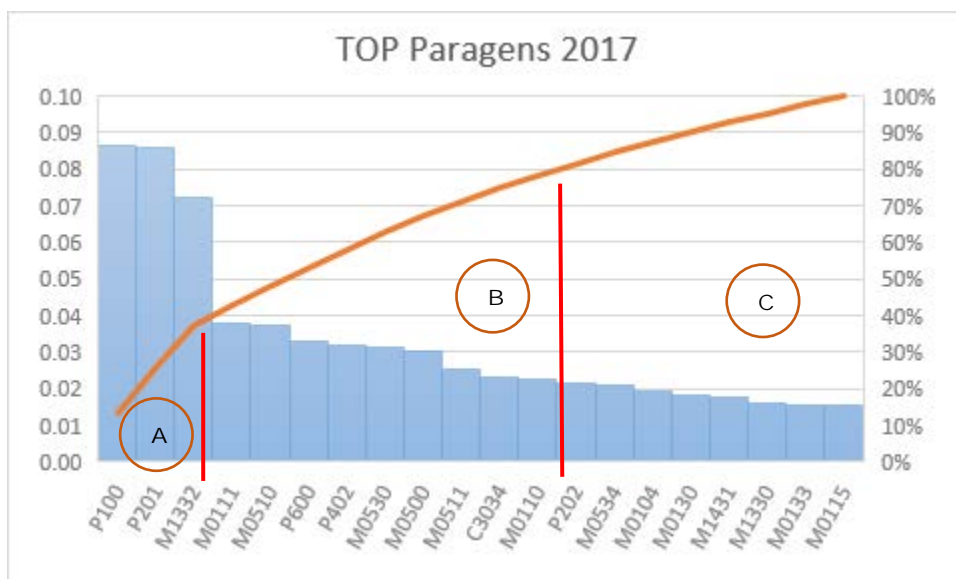


Figura 41-Analise ABC das paragens totais

Depois da análise ABC, foi possível identificar um dos grandes motivos de paragens da linha. Dentro do grupo A, ou seja, o que ocorreu mais vezes durante o ano de 2017 foram as mudanças de formato e manutenções preventivas realizadas à linha. O outro motivo é referente ao paletizador, o que, levou à tentativa de redução ou até eliminação dos problemas neste. Os problemas identificados no grupo B e C, não foram desprezados, mas foram analisados com um menor foco que os do grupo A.

3.3 Tempestade de ideias

O presente trabalho tem como objetivo a otimização de processos na linha de montagem, visando o aumento da produtividade. Como tal, foi reunido um grupo multidisciplinar para debater os problemas identificados anteriormente e descritos no capítulo anterior. A equipa de projeto era constituída por elementos da manutenção, engenharia, qualidade e chefes de produção da área em questão.

Como introdução, nas reuniões foram apresentados os problemas identificados através do tratamento de dados, descrito no capítulo anterior. Depois de feita a análise dos problemas, os elementos da equipa começaram a propor ideias de forma organizada e de modo respeitoso ouvindo-se a opinião de todos os elementos. Em seguida, foi feita uma triagem das ideias de forma a priorizar estas. As propostas foram as seguintes:

- Aplicação da metodologia do SMED, de modo a analisar o número ideal de operadores numa troca de ferramentas;
- *Standardização* das tarefas mais importantes e criação de um plano de formação;
- Redução das micro paragens numa determinada máquina;
- Criação de um A3 de forma a monitorizar o projeto;
- Manutenções preventivas mais eficazes.

3.4 Planeamento do projeto

No início do projeto foi feito um planeamento, no qual foram definidas e detalhadas as atividades a serem executadas ao longo do estágio. O cronograma em baixo apresentado (Figura 42), trouxe uma mais valia ao estágio pois, permitiu, definir desde logo prazos a cumprir, ou seja, saber se as atividades estavam dentro do prazo definido ou não. Nesta fase inicial de planeamento todos os envolvidos no projeto colaboraram, pois como já referido anteriormente é importante o envolvimento da equipa de projeto. A gestão de topo também colaborou, o que permitiu que todos se sentissem parte do objetivo estabelecido por eles.

O cronograma para além de definir prazos das atividades, teve ainda por função avaliar o desempenho da equipa de projeto. Se a equipa estivesse a cumprir os prazos, significa que estaria empenhada na realização do projeto, o que se verificou ao longo do estágio.

		Ano 2018																									
		Janeiro				Fevereiro				Março				Abril				Maio				Junho					
Projeto	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	Análise e caracterização inicial do processo	■	■	■																							
	Definição das oportunidades de melhoria				■	■	■	■																			
	Teste de soluções e controlo						■	■	■	■																	
	Desenvolvimento de soluções						■	■	■	■	■	■	■	■													
	Definição de standards e procedimentos										■	■	■	■	■	■	■	■									
	Treino																		■	■	■	■	■				
	Monitorização dos resultados																			■	■	■	■	■	■	■	■
	Fecho do projeto																										■

Figura 42- Cronograma do projeto

3.5 Implementação

3.5.1 Aplicação SMED

Através das reuniões multidisciplinares foi identificada a necessidade de fazer dois SMED's: um relacionado com a altura do aerossol e outro relativo à troca de verniz. Visto que a linha de montagem é constituída por seis máquinas e, duas delas, representarem 90% do *setup* geral da linha, optou-se por aplicar a metodologia do SMED a estas duas máquinas separadamente. No final, fez-se a junção dos dois SMED's às restantes. As máquinas que foram analisadas foram a cravadeira e a máquina de soldadura. Relativamente à troca de verniz, só aconteceu numa das máquinas, analisando-se em conformidade a máquina que aplica o verniz nos aerossóis.

3.5.1.1 Setup de altura

Como referido em cima, a análise de mudança de altura na linha de produção foi dividida em duas máquinas, estas representavam 90% da troca de ferramentas da linha. Por tal motivo, analisou-se em separado máquina a máquina e só numa fase posterior se procedeu ao sequenciamento das tarefas da mudança da linha.

A primeira máquina a ser observada foi a máquina de soldadura e como descrito na revisão bibliográfica, as primeiras ações resumiram-se à descrição da situação atual (etapa 0 do SMED). Para garantir a aplicabilidade do projeto, o envolvimento das equipas naturais foi de extrema importância. Para tal, as reuniões em que se seguia a metodologia do SMED teve a presença das equipas naturais, elementos do departamento de engenharia, manutenção e o responsável da linha.

Na etapa 1 e 2, como é possível verificar na Figura 43, foi possível definir claramente as atividades que se podiam fazer antes e depois da mudança acontecer (*post-it* laranja). Foi também feito uma sequência mais lógica das tarefas a realizar enquanto a linha estava parada, em vista a eliminar o desperdício da movimentação (Anexo 6.1.1) e retrabalho.

Constatou-se na passagem da etapa 1 para a 2, que houve uma redução de tempo a rondar os 50% onde, desde logo, se obtiveram os maiores ganhos.

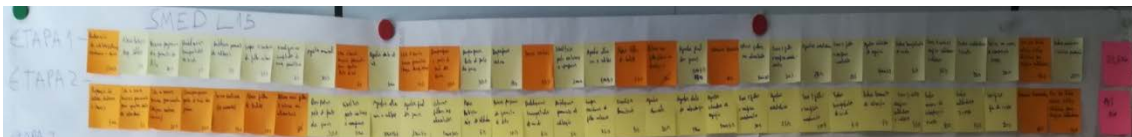


Figura 43-Etapa 1 e 2 do SMED

Nas restantes etapas, que visavam especialmente a eliminação do trabalho interno (*post-it* amarelo), foram feitas melhorias com aplicação da metodologia do trabalho em paralelo, ou seja, inicialmente só existia uma pessoa disponível para a mudança na máquina, tendo passado a ser duas pessoas a fazer aquelas operações. Esta segunda pessoa, iria essencialmente fazer tarefas simples e de fácil execução, mas que no tempo total da troca da máquina permitia reduzir 3 a 4 minutos na execução da tarefa. Na Figura 44, mostra a evolução das etapas do SMED.



Figura 44-Os 5 passos do SMED

De frisar, que a nível técnico não foram feitas alterações na máquina, pois esta ainda é muito recente. A nível da organização do espaço de trabalho e da sequência de tarefas

foram criados *standards* (Anexo 6.2.2) para ajudar/reduzir o trabalho que as equipas naturais tinham antes/depois de a linha começar a trabalhar.

Depois dos *standards* e das ações de melhoria terem sido testados e aprovados pela chefia, procedeu-se à análise da cravadeira que, como referido em cima, era uma das máquinas que demorava mais tempo na mudança de ferramentas da linha de montagem. Seguindo a metodologia usada na máquina de soldadura, fez-se o estudo da situação inicial da cravadeira (Etapa 0 do SMED). Os elementos que participaram no anterior estudo foram os mesmo que fizeram parte da análise desta máquina.

Avaliando a primeira e segunda etapa do SMED, não foram identificadas muitas atividades externas, derivado do fato de a cravadeira ter umas barreiras de proteção que, quando são ultrapassadas, interrompe o seu funcionamento por motivos de segurança. A nível de tarefas externas foi feita uma organização de ferramentas e aquisição de uma manivela, pois esta também era necessária noutras linhas e muita das vezes não estava disponível para uso. Foi feita aquisição da ferramenta, que passou a ser dedicada à linha.

Outro problema identificado durante a análise, foi o tempo de espera que era necessário para fazer a afinação das guias, antes e depois da cravadeira. Para realizar as afinações das guias era necessário esperar que os aerossóis chegassem da máquina de soldadura, pois só era possível fazer esta afinação quando aquela já estivesse pronta a produzir. Para reduzir o desperdício do tempo de espera foi criado uma caixa em acrílico (Figura 45) que continha todos os tipos de formatos de aerossóis produzidos na linha, pois assim os colaboradores já podiam começar a fazer os ajustes das guias sem a máquina de soldadura estar pronta para produzir. Esta operação demorava certa de cinco minutos e visto que passou a ser feita em paralelo com a da máquina de soldadura, foi tempo ganho na mudança.



Figura 45- Eliminação do tempo de espera (Antes e Depois)

Para reduzir o trabalho interno foram, também, feitas alterações na cravadeira, designadamente a substituição de alguns parafusos por apertos rápidos (Figura 46) o

que acabou por facilitar algumas tarefas. Com esta medida foi também possível reduzir o número de ferramentas utilizadas e passou a utilizar-se só uma chave umbrako para as operações de desaperto e aperto. Acabou por haver uma uniformização dos parafusos que a cravadeira possuía, o que tornou certas operações mais simples e mais rápidas.



Figura 46-Aplicação dos apertos rápidos (Antes e Depois)

Com as operações supra descritas foi possível obter uma economia de 48% (Figura 47) no tempo gasto com aquelas operações. Para completar o projeto foi, também, criado uma norma, em vista à *standardização* dos procedimentos (Anexo 6.2.3).

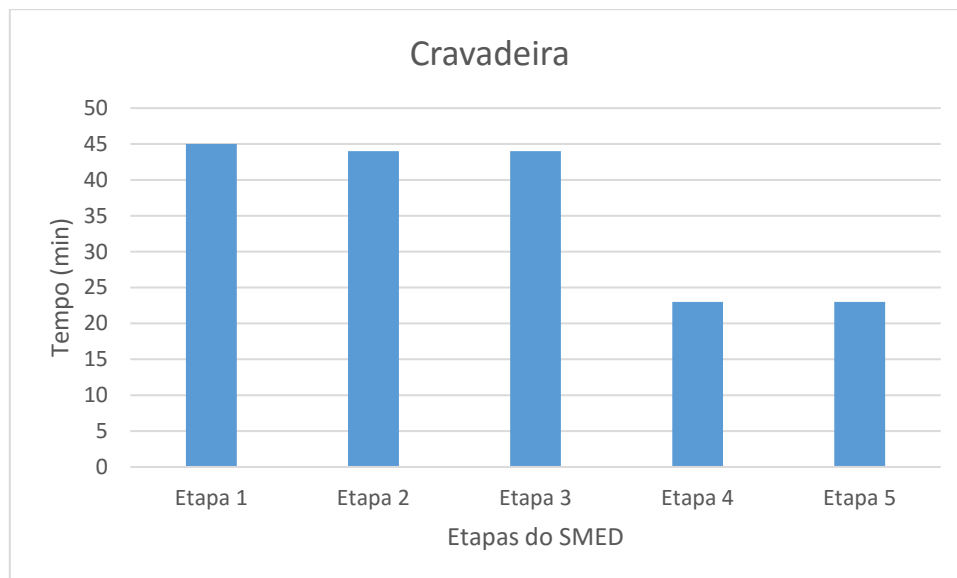


Figura 47-Resultado final do SMED a cravadeira

3.5.1.2 Setup de troca de verniz

Para além da troca de ferramentas para alturas diferentes, foi também analisada a troca de verniz. É uma mudança mais simples, mas que ocorre com maior frequência

do que a anterior. Este aplicador de verniz é o processo subsequente ao da máquina de soldar, tal como referido anteriormente. Este aplicador de verniz é constituído por três componentes e um depósito do verniz. O verniz é constituído por uma mistura de duas substâncias, onde é necessário que este seja preparado previamente (Figura 48).



Figura 48- Aplicador de verniz

O procedimento de análise utilizado para esta mudança foi idêntico ao realizado em cima. Seguiu-se a metodologia do SMED analisando etapa a etapa em vista à procura de melhorias (Figura 49).

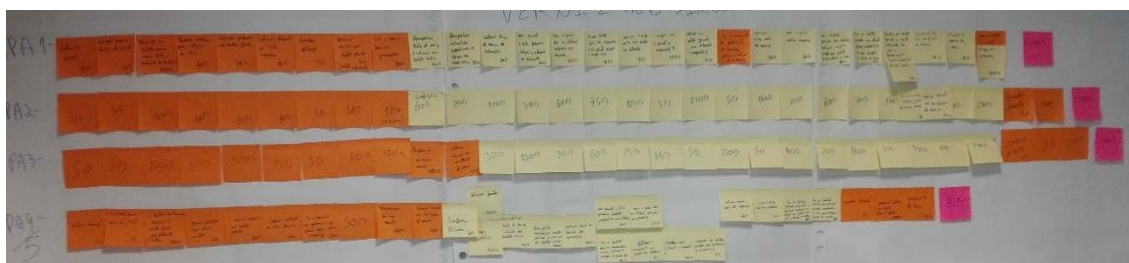


Figura 49- Desenho do processo de mudança de verniz

A primeira e segunda etapa permitiram a realização de bastantes melhorias, pois chegou-se à conclusão de que, certas atividades, poderiam ser feitas em momento anterior e posterior à mudança de ferramentas, e não em simultâneo com a mudança daquelas como vinha a ocorrer até então, pois poderiam ser concretizadas com a máquina em funcionamento. Uma das ações derivadas desta análise foi a criação de uma *checklist* (Anexo 6.2.1) com os materiais necessários para a realização do *setup*. Nesta fase conseguiu reduzir-se a mudança do verniz em 5 minutos, tempo que se perdia na procura dos materiais e ferramentas a utilizar.

Outras melhorias que saíram da análise às etapas posteriores resultaram da multiplicação das ferramentas, mais especificamente da aquisição de um novo bico.

3.5.2 Escalonamento das atividades

Existem três equipas, cada equipa é composta por um supervisor que é compartilhado com outra linha, mais um cabeça de linha e um auxiliar que estão a tempo total na linha.

O supervisor está encarregue das tarefas mais complexas durante o seu turno, tais como afinações finais do *setup* e resolução de avarias mais complicadas durante o tempo de produção.

O cabeça de linha assume por vezes funções do supervisor quando, aquele, está na outra linha, mas, a maior parte do tempo realiza tarefas de dificuldade intermédia. As suas principais funções são abastecer a linha com os componentes (folha, cúpulas e fundos), preencher mapa de produção e realizar a manutenção autónoma.

O auxiliar acaba por ter as operações mais “simples” da linha, ou seja, é a pessoa menos qualificada. Têm como funções inspeções de natureza visual, abastecimento da linha com componentes e limpeza da mesma.

Depois dos SMED's realizados, procedeu-se à alocação dos colaboradores, com base nas suas qualificações de maneira a garantir que os *setup* eram realizados da melhor maneira e que fossem igualmente exequíveis. Na Figura 52, está esquematizado os procedimentos que cada pessoa tem de executar.

SETUP L15

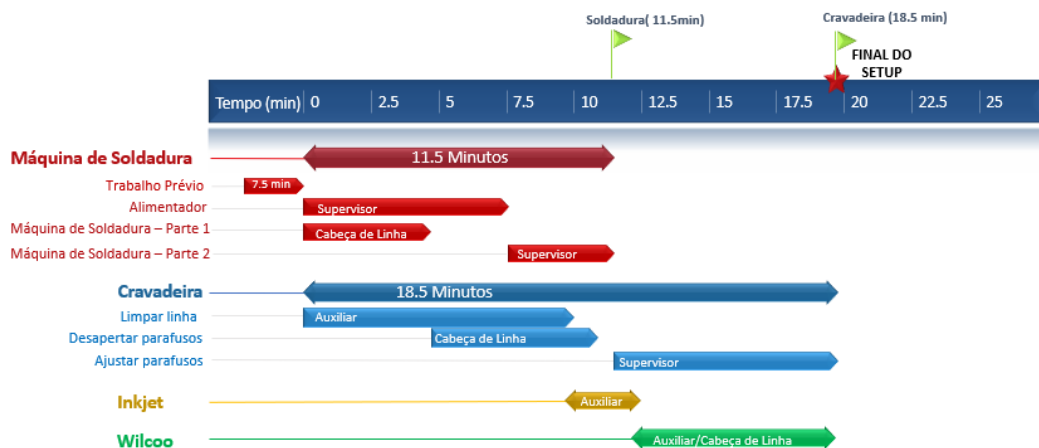


Figura 52-Escalonamento das atividades durante o *Setup* de Altura

Este escalonamento de tarefas foi criado também para que, de forma visual, os colaboradores criassem hábitos de modo a adequarem-se o mais rapidamente possível ao novo *standard* criado.

3.5.3 Poka-Yoke “sistema anti erro” - Paletizador

Logo no início do projeto foi feita uma análise ao ano de 2017, relativamente às micro paragens da linha de montagem, sendo que um dos principais problemas identificados estava relacionado com o encravamento de aerossóis no paletizador (Figura 53).



Figura 53-Paletizador (Situação Atual)

Para se perceber melhor o problema criaram-se duas ações para tentar perceber a causa raiz do problema. Uma delas foi falar com as pessoas que trabalham na área para tentar entender qual era o problema e, se o registo das paragens estava a ser feito corretamente. O resultante do diálogo foi que os aerossóis caíam e causavam o encravamento à entrada do paletizador.

Depois do assunto ser discutido com a equipa de projeto, decidiu colocar-se uma máquina de filmar durante dois dias (manutenção preditiva) para identificar o sítio específico em que o aerossol caía.

Seguidamente procedeu-se à visualização do vídeo para entender o motivo pelo qual os aerossóis caíam. Constatou-se que as correntes que transportam os aerossóis são compostas por ímanes, tendo se procedido à retificação da polaridade dos ímanes. Feita esta mudança, o problema continuava a existir. Dentro da equipa multidisciplinar pensou-se numa alternativa para os aerossóis que caíam e encravavam a linha, de modo a expulsá-los daquela, evitando assim o encravamento no paletizador.

Concebeu-se, assim, um “sistema anti erro” que visava o não encravamento da linha por aerossóis caídos. Este *Poka-Yoke* é constituído por dois sensores, uma electro válvula e um corte nas calhas que assegura a expulsão dos aerossóis. Estes dois sensores tem a função de analisar a altura dos aerossóis, ou seja, quando o aerossol estiver caído, o sensor superior, não deteta nenhum sinal, o que o leva a acionar de

imediate a electro válvula. Esta, por sua vez, tem como função acionar um sopro que vai expelir o aerossol deitado no transportador. Este transportador é constituído por duas calhas laterais e como é possível ver na Figura 54 a calha de baixo foi cortada para permitir a saída do aerossol.

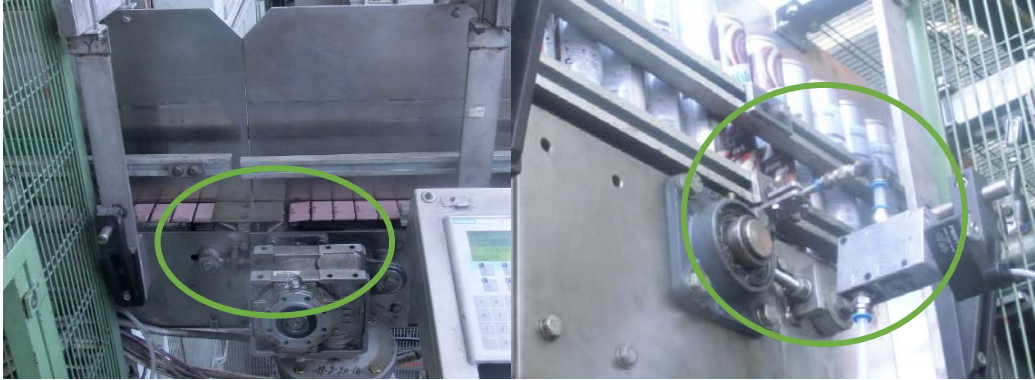


Figura 54-Poka-Yoke

Quando implementado o sistema, foi alvo de monitorização para perceber se estava a sortir os resultados pretendidos. Como é possível verificar na Figura 55 apresentada em baixo, o sistema teve de ser alterado três vezes (V1, V2, V3) pois, não estava a funcionar da maneira idealizada. Depois de sujeito a três alterações, o sistema implementado passou a comportar-se da forma pretendida pela equipa, ou seja, quando um aerossol caía, este era expulso dos transportadores, não causando consequentemente o encravamento na entrada do paletizador.

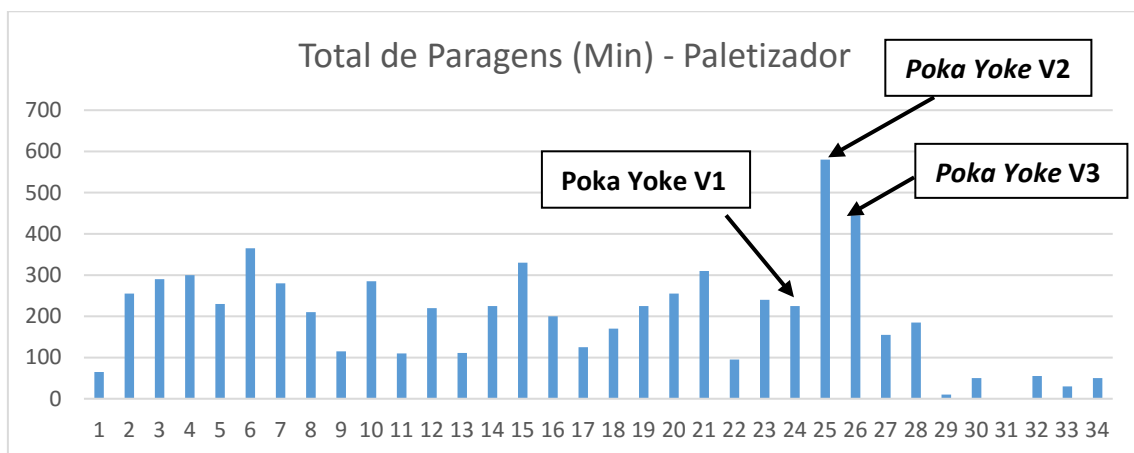


Figura 55-Evolução do Poka-Yoke

Com este sistema anti erro foi possível ganhar em média, por mês, mil minutos de produção, o que vai traduzir-se num incremento da *performance* da linha de produção. Com estas melhorias, é de esperar que o OEE atinja o *target* definido no início do projeto.

3.6 Monitorização através do A3

Com o intuito de acompanhar as ações ao longo do projeto, foi criado e atualizado semanalmente o seguinte modelo A3 (Figura 56).

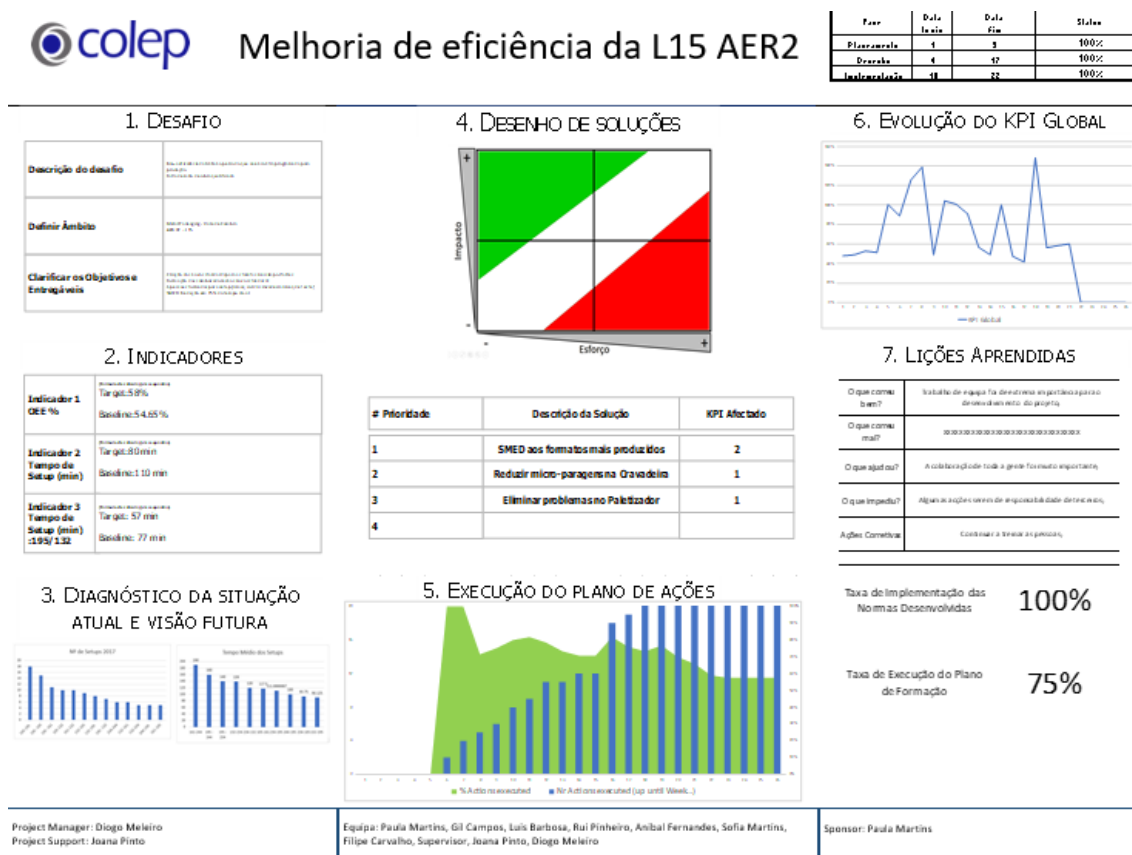


Figura 56-A3: Melhoria de eficiência da L15

- **Desafio:** neste campo é descrita a necessidade ou preocupação principal do problema. É definido também o âmbito da necessidade e por fim, a clarificação dos objetivos e entregáveis do projeto. A preocupação principal tida foi a baixa eficiência da linha, no período que se encontrava programado para a produção, mas também a falta de pessoas qualificadas.
- **Indicadores:** depois da definição do problema, um dos pontos mais importantes do projeto é a definição dos KPI. Visto o projeto ser referente à eficiência da linha de produção, um dos indicadores definidos foi o OEE. Com o decorrer do projeto mostrou-se necessário a implementação da metodologia SMED, o que, gerou mais dois KPI: um referente aos tempos de *setup* geral e outro, mais específico, para a mudança que se decidiu realizar.
- **Diagnóstico da Situação Atual e Visão Futura:** nesta fase foi feita a recolha de informação da condição atual da linha, bem como as micro paragens mais

frequentes daquela. Para além disso, foi feita a análise relativa aos tempos de *setup*, ou seja, os formatos mais produzidos como, também, as trocas de formatos mais frequentes. Esta informação é toda relativa ao ano de 2017.

- **Desenho de Soluções:** nesta parte do projeto foi utilizado uma matriz prioridade (Figura 57) que tem como principal objetivo ordenar as ações que foram feitas ao longo do projeto. De acordo com as causas identificadas, contruiu-se uma matriz de prioridade para avaliar o impacto de implementação e esforço para cada solução. Em primeiro lugar ficou a aplicação da metodologia SMED, depois a redução das micro paragens da cravadeira e por última, a eliminação das paragens no paletizador.

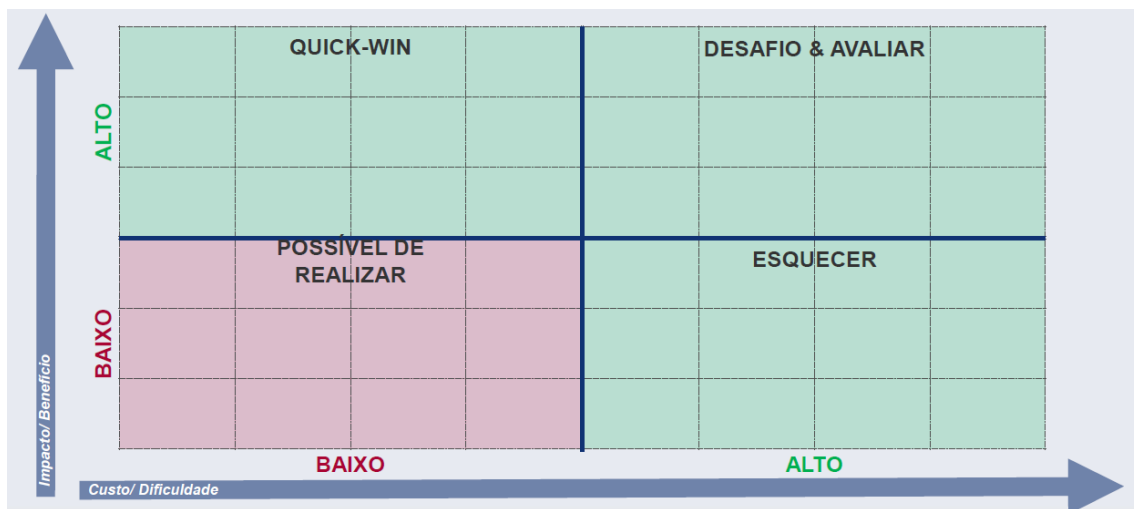


Figura 57-Matriz prioridade

- **Execução do Plano de Ações:** permite mostrar graficamente o estado das ações ao longo do projeto. É um modo visual que permite monitorizar a realização das ações, bem assim como saber se estão a ser feitas nos prazos previsto e estipulados.
- **Evolução do KPI Global:** é um gráfico que combina os três KPI escolhidos para o projeto, que tem como objetivo avaliar o desempenho que as ações têm ao longo do projeto. Foi necessário medir, a influência que a concretização de uma ação teria nos KPI, acabando por medir a eficácia desta. Foi dado também uma importância relativa a cada KPI.
- **Lições Apreendidas:** este campo, só é preenchido no final do projeto que avalia as dificuldades sentidas ao longo deste como, igualmente, os respetivos pontos positivos. Também permite avaliar se, as normas desenvolvidas, foram executadas corretamente (neste caso 100%) e, se houve formação referente a estas últimas. Foi criado um plano de formação, mas, este, não foi completado até ao término do estágio, sendo que, em termos percentuais, ficou por concluir 25% de formação, às equipas naturais.

3.7 Análise retorno financeiro

As ferramentas que se mostraram necessário adquirir para executar o novo procedimento, foram as medidas que tiveram mais impacto a nível do investimento. Compraram-se várias ferramentas, uma caixa em acrílico, apertos rápidos e um novo depósito de verniz. Este depósito, foi o que teve custos mais elevados pois, teve de ser feito com medidas específicas. A aquisição destes equipamentos, implicou uma despesa total de 510 €.

Com todas as ações concluídas, pode concluir-se que, em cada troca de ferramentas, com o ganho de 30 min, a linha de montagem conseguiu produzir mais 11,000 mil aerossóis, traduzindo-se aproximadamente num ganho de 1300 euros por cada troca de ferramenta efetuada.

Utilizando a fórmula (5), tem-se:

$$\text{Período de retorno (Payback Period)} = \frac{510}{1300} = 0.39 \cong 1 \text{ troca de ferramentas}$$

Com o resultado obtido é possível verificar que o investimento feito é pago quase de forma instantânea, ou seja, para cobrir o investimento foi, apenas, necessário, uma mudança de ferramenta.

3.8 Análise crítica das implementações (dificuldades e vitórias alcançadas)

Desde o início da fase da implementação até as “ideias” se terem transformado no dia-a-dia das pessoas, foram sentidos vários tipos de dificuldade. Depois do estudo teórico ter sido realizado a fase seguinte seria colocar na prática estas ideias, mas devido ao facto de estas influenciarem diretamente o trabalho diário de várias pessoas não seria imediata a alteração das rotinas de trabalho.

Uma das principais dificuldades e mais difíceis de ultrapassar foi a existência de uma grande resistência à mudança por parte das equipas naturais, pois seriam estas que iriam mudar a sua maneira/rotina de trabalho. Tal poderá ser devido ao facto de as equipas encararem estas mudanças como sinal de mais trabalho, mais responsabilidade ou então simplesmente não entendiam a necessidade do seu método de trabalho estar a ser posto em causa. Estas dificuldades foram também sentidas durante a fase de desenho do novo processo, pois as pessoas não tinham como prioridade a realização deste projeto, e sem elas, ou seja, sem o envolvimento das equipas naturais, seria ainda mais difícil a aplicabilidade do mesmo. Um dos pontos chave do sucesso foi o grande alinhamento que existiu dentro da equipa de projeto, pois, todos estes elementos conseguiam perceber a utilidade e os ganhos que iriamos conseguir. Todos comprometeram-se a fazer as melhorias necessárias para o projeto ser realizado com sucesso e chegarmos ao objetivo proposto. Uma das melhorias que se concretizou involuntariamente, mas talvez com maior efeito, foi a comunicação que

melhorou significativamente entre os vários departamentos. Com um processo de comunicação melhorado todos os elementos conseguiram ficar focados na realização do projeto, pois de uma maneira clara e sucinta o objetivo da mudança chegou às equipas naturais. O “medo” da mudança diminuiu substancialmente e ao fim de um tempo a rotina destas pessoas tinha sido alterada, e os resultados pretendidos foram alcançados.

Como já referido no capítulo relativo ao *Poka-Yoke*, existiu a necessidade de este ser melhorado pelo menos três vezes para se conseguir obter os resultados pretendidos. Isto só foi possível com a grande dedicação da equipa de projeto, e visto ser um assunto que era transversal a vários departamentos, a existência de um bom processo de comunicação foi essencial para o sucesso deste.

CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Ao longo da presente Dissertação foram sendo apresentadas conclusões que permitiram sustentar as opções efetuadas ao longo do projeto. Assim, neste último capítulo é realizada uma conclusão final e também apresentadas propostas de trabalhos futuros.

4.1 CONCLUSÕES

Um mercado cada vez mais competitivo exige que as empresas adotem estratégias diferenciadores nas quais o foco principal é a satisfação do cliente. Para satisfazer estes é necessário focar tanto a nível de qualidade como o tempo de entrega, para isso é necessário que os processos de fabrico sejam as mais eficientes possíveis. Para tal é de extrema importância que as empresas de hoje em dia consigam ser o mais flexível possível.

Neste projeto foram utilizadas ferramentas e técnicas *Lean* como: gestão visual, 5S, *standard work*, ciclo PDCA, SMED e criação de um *Poka-Yoke* com o objetivo à redução/eliminação de atividades que não acrescentam valor a empresa, de forma a melhorar a eficiência dos processos de produção.

Face ao objetivo principal, reduzir a duração e melhorar o processo de *setup* da linha em estudo recorrendo à metodologia do SMED, foram concretizados e alcançados todos os objetivos propostos. Numa fase inicial, o mais importante definiu-se pela comunicação e alinhamento de toda a equipa do projeto com os objetivos estabelecidos pela gestão de topo. Depois de garantir o alinhamento e envolvimento de todas as pessoas inseridas no projeto passou-se a fase de desenho e implementação das melhorias provenientes do SMED. Foram realizadas melhorias a nível de 5S, criados novos procedimentos de troca de ferramentas e o mais importante um plano de formação. As formações ainda estão a decorrer, pois não é de um dia para o outro que as pessoas adquirem o conhecimento necessário. As melhorias implementadas tiveram um impacto positivo no processo com uma redução de aproximadamente 30%, onde o objetivo proposto pela gestão de topo era de 25%.

Relativamente à eficiência da linha em questão, foi criado um *Poka-Yoke*, sistema anti erro. A implementação deste não correu bem à primeira, mas depois de sujeito a três alterações o sistema passou a comportar-se com o intuito pretendido. A importância do ficheiro A3 notou-se aqui, onde foi possível monitorizar a evolução dos indicadores

e derivado da sua análise levou às três intervenções. O objetivo proposto pela empresa era um acréscimo de 5% no OEE, mas o verificado foi um incremento entre 1 e 2%. Não ter atingido este objetivo, deveu-se também ao fato de ter ficado uma ação pendente pois era um investimento de elevado custo, ou seja, o *payback* iria ser demorado. Outro aspeto que teve peso foi o incremento do número de troca de ferramentas, como já referido anteriormente a tendência é para estas trocas ocorrerem mais vezes de forma a reduzir o tamanho dos lotes e conseguirmos atender as exigências dos clientes.

Graças aos resultados obtidos neste projeto, a empresa está a implementar este tipo de metodologias em linhas consideradas críticas. Reconhecidamente as ferramentas *Lean* tiveram um papel importantíssimo nos resultados obtidos, tanto pela abordagem como ao envolvimento das pessoas. Por fim, importa salientar o bom ambiente que é sentido no local de trabalho, o que é fundamental para o sucesso do projeto. A nível pessoal foi um consolidar de conhecimentos adquiridos ao longo do meu percurso académico e de grande aprendizagem tanto a nível técnico como de gestão de projetos.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

A nível de trabalhos futuros é importante referir que ainda se encontra uma ação em execução no projeto de SMED. É importante dar continuidade a formação dos operadores, pois com ela vai haver pessoas mais habilitadas na realização das trocas de ferramentas, o que poderá levar a uma melhor alocação dos recursos humanos. Ainda relativo ao SMED, como já referido no subcapítulo de cima é necessário aplicar a metodologia às linhas mais críticas da empresa.

Ferramentas como diagrama de causa efeito, 5 Porquês e outras técnicas *Lean*. é aconselhável continuar a aplicá-las de forma constante com o objetivo de identificar desperdícios e a criar um ambiente de melhoria contínua.

Por fim, um dos trabalhos que terá interesse a desenvolver, é a criação de uma base de dados de tempo de *setup* com o intuito de otimização no planeamento. Esta base de dados serviria para fazer um planeamento mais eficaz tendo em conta os prazos de entrega a cumprir.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

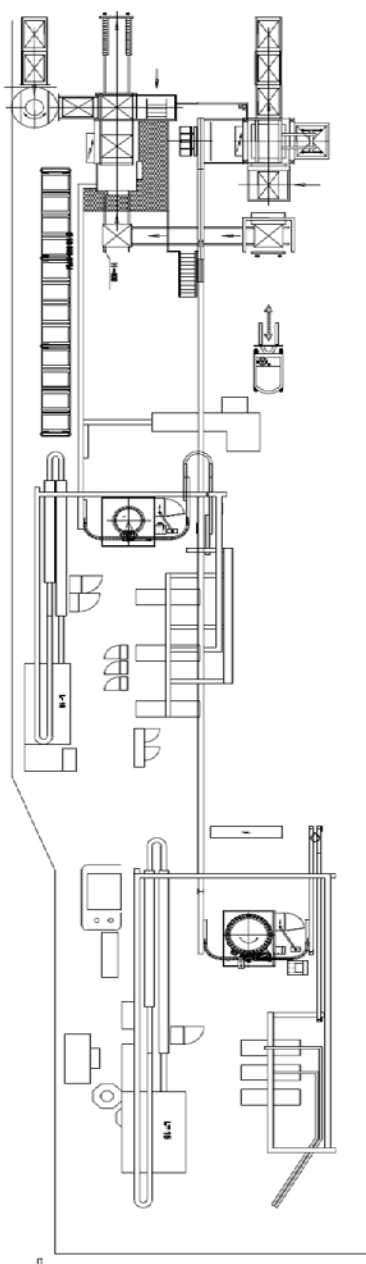
1. Federation, F.-E.A., *The European voice for the aerosol industry*. 2017.
2. *Embalagens Bioplásticas*. 2017; Available from: <http://bioplasticnews.blogspot.com/2010/03/uma-nova-tendencia-emergente-no-mercado.html>.
3. Colep. *Manual Departamento de Melhoria Continua (2018)*.
4. Pinto, J.P., *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel, 2009.
5. Womack, J.P., D.T. Jones, and D. Roos, *Machine that changed the world*. 1990: Simon and Schuster.
6. Wilson, L., *How to implement lean manufacturing*. 2010: McGraw-Hill New York.
7. Thomson, J.W., M.C. Kocaküläh, and J.F. Brown, *Lean manufacturing principles and their application*. *Journal of cost management*, 2008. **22**(3): p. 16-27.
8. Coimbra, E., *Kaizen in logistics and supply chains*. 2013: McGraw Hill Professional.
9. Dailey W., K., *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*. 2003.
10. Marchwinski, C. and J. Shook, *Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers*. 2003: Lean Enterprise Institute.
11. Costa, E.S.M.d., et al., *An industrial application of the SMED methodology and other Lean production tools*. 2013.
12. Pellegrini, S., D. Shetty, and L. Manzione, *Study and Implementation of Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in a Setup Reduction Kaizen*. 2012, Unioversity of Hartford.
13. Conceição Rosa, F.J.G.S., Luís Pinto Ferreira, *Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry*. 2017.
14. Al-Akel Karam, M.L., Veres Cristina, Horea Radu, *The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project*. 2018.
15. M. Brito, A.L.R., P. Carneiro, M. A. Gonçalves, *Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area*. *Procedia Manufacturing*, 2017. **Volume 13**.
16. Pablo Guzmán Ferradás, K.S., *Improving Changeover Time: A Tailored SMED Approach for Welding Cells*. *Procedia CIRP*, 2013. **Volume 7**.
17. C. Roriz, E.N., S. Sousa, *Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company*. *Procedia Manufacturing*, 2017. **Volume 11**.
18. Shingo, S., *A revolution in manufacturing: the SMED system*. 1985: CRC Press.

19. Shingo, S., *Zero quality control: Source inspection and the poka-yoke system*. 1986: CRC Press.
20. Nakajima, S., *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance (preventative maintenance series)*. Hardcover. ISBN 0-91529-923-2, 1988.
21. Sharma, R.K., D. Kumar, and P. Kumar, *Manufacturing excellence through TPM implementation: a practical analysis*. Industrial Management & Data Systems, 2006. **106**(2): p. 256-280.
22. Matthews, D.D., *The A3 workbook: Unlock your problem-solving mind*. 2016: Productivity Press.
23. Liker, J., *The Toyota Way-14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. 2004: McGraw-Hill.
24. Juran, J. and A.B. Godfrey, *Quality handbook*. Republished McGraw-Hill, 1999: p. 173-178.
25. Tague, N.R., *Seven basic quality tools*. The Quality Toolbox. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality, 2004: p. 15.
26. Feld, W.M., *Lean manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. 2000: CRC press.
27. Lopez, P. and F. Roubellat, *Production scheduling*. 2013: John Wiley & Sons.
28. Osborn, A.F., *Applied imagination*. 1953.
29. Kinney, M.R., C.A. Raiborn, and P.J. Poznanski, *Cost accounting: Foundations and evolutions*. Issues in Accounting Education, 2011. **26**(1): p. 257-258.

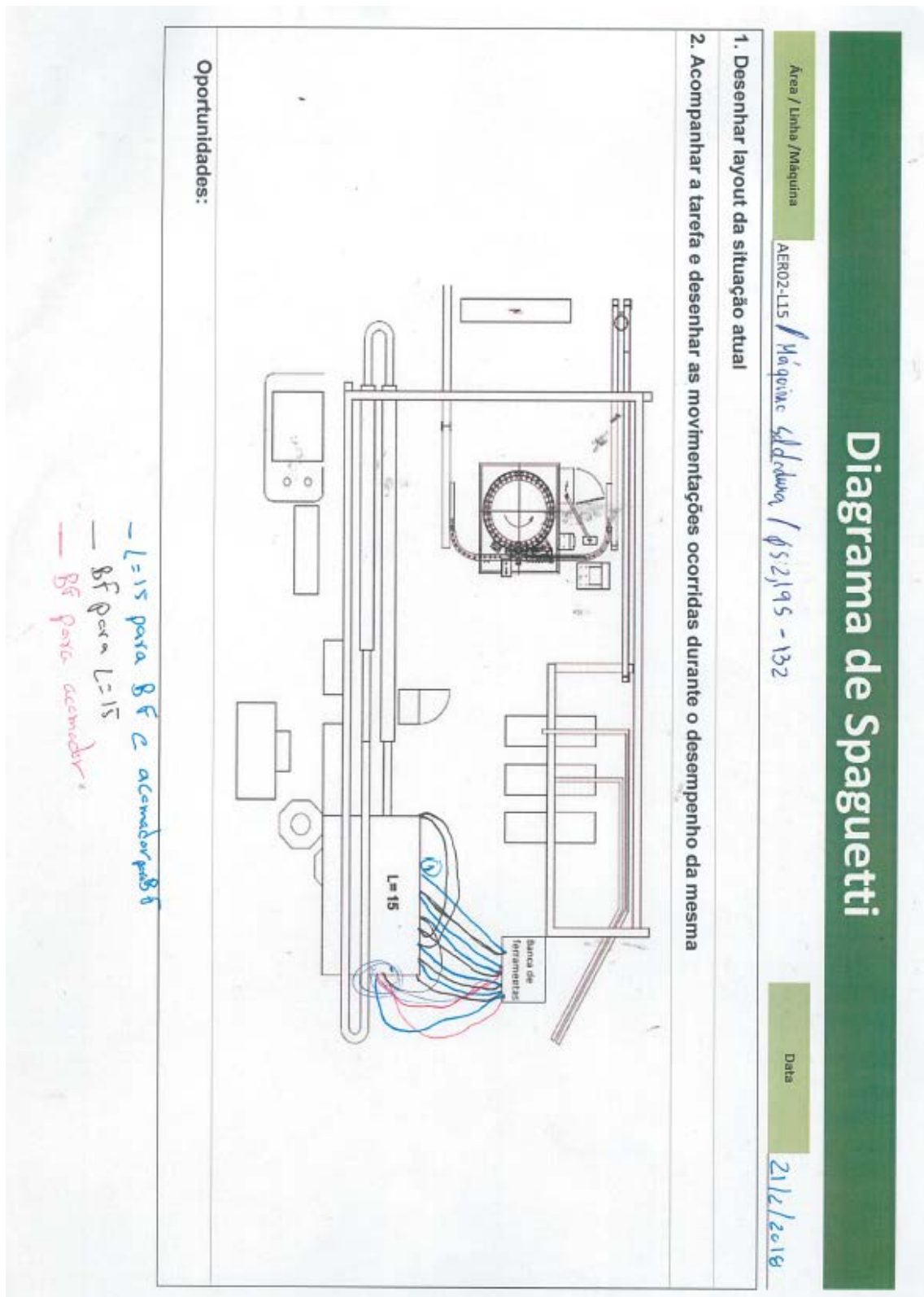
ANEXOS

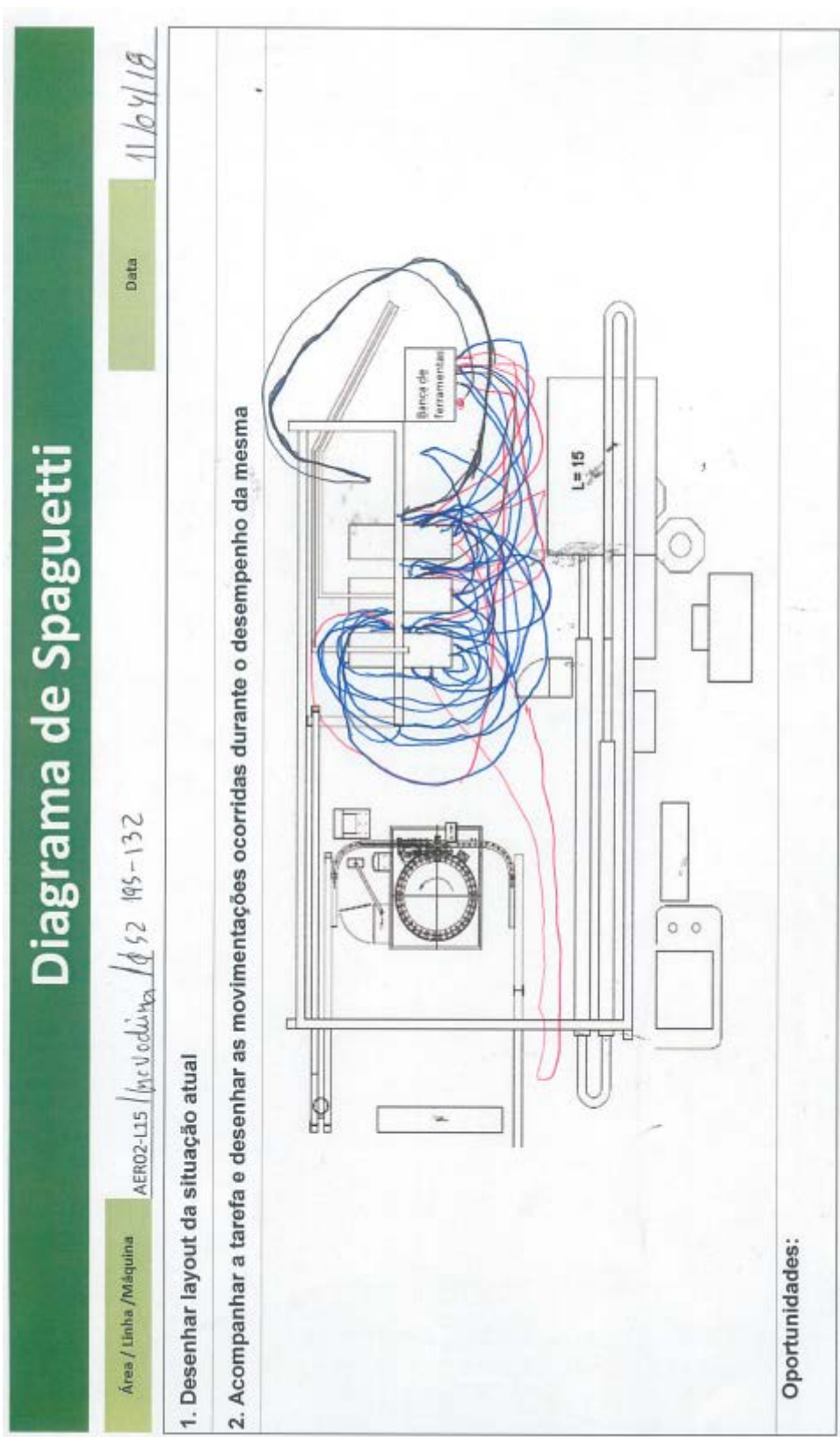
6 ANEXOS

6.1 ANEXO A – Layout da Linha de produção



6.1.1 ANEXO A.1 – Diagrama de Spaguetti





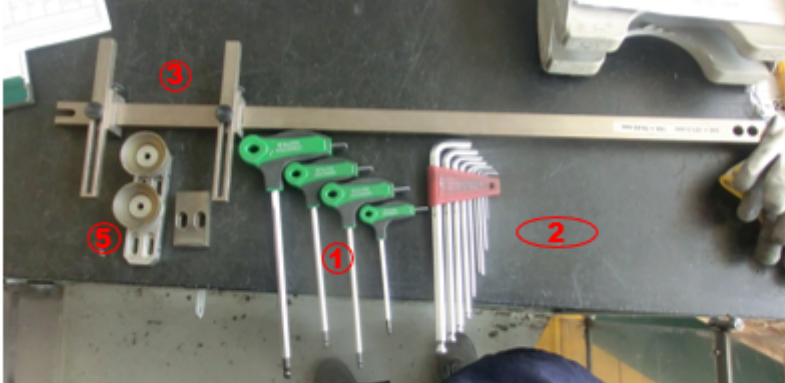
6.2 ANEXO B – Normas Desenvolvidas relativas ao SMED

6.2.1 ANEXO B.1 – CheckList de Ferramentas


Checklist de Ferramentas para o Setup na Máquina de Soldar

Previdência: Sempre que ocorrer o Setup
Modo de proceder

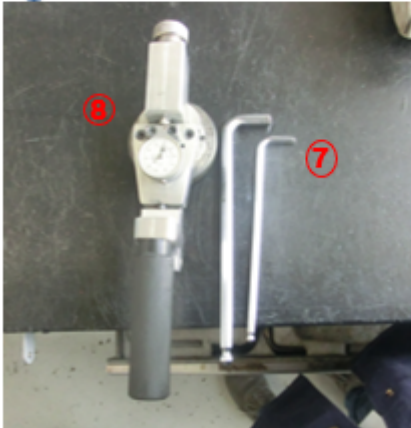
A Ferramentas para Alimentador



Número	Ferramenta	Verificada
1	Chave Unbrako - T-4,5,8	
2	Chave Unbrako - 5,8	
3	Calibre RFaxel	
4	Tranca	
5	Parafusadeira	
6	Apalpador	Juálio Alimrolador



B Ferramentas para Máquina de Soldar



Número	Ferramenta	Verificada
7	Chave Unbrako - 5,18	
8	Piça Segurança	Dono de Trabalho
9	Aliviar	Dono de Trabalho
10	Respirador	Juálio do Dono de Trabalho

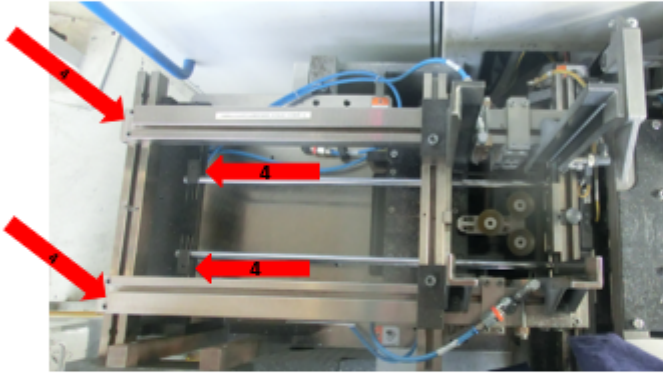
Elaborado por: Diogo Meleiro
Data: 01/04/2018

Aprovado por: Gil Campos
Data: 18-04-2018
Production Manager


Âmbito de Aplicação:
Setup L15

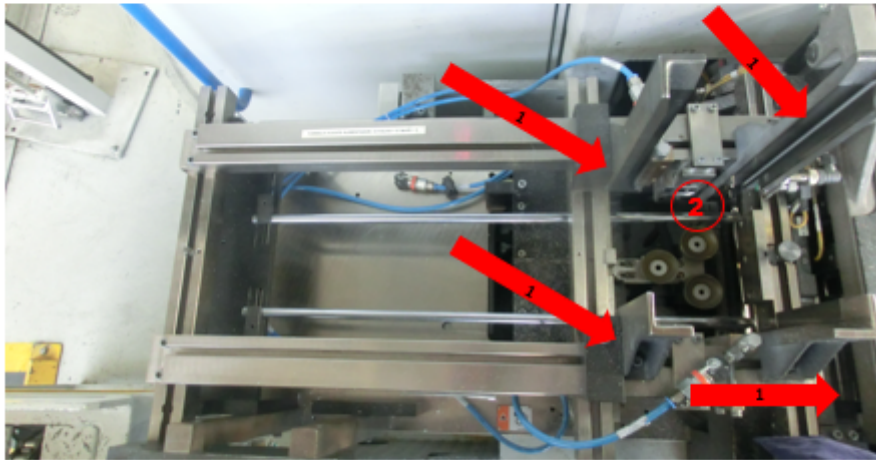
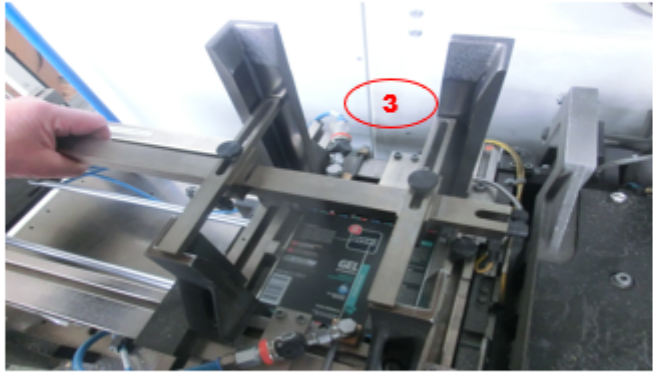
6.2.2 ANEXO B.2 – Modo Operatório da Máquina de Soldadura

colep		Instrução de Operação	021.I288.1
		Setup da Linha 15	
Proximidade: Sempre que estiver no Setup		Trabalho Antes do Setup Começar	
N	Descrição	Ação	
1	Preparação da calibre, ventarar a chave;	Consultar Checklist de ferramenta	
2	Ida a banca buscar ferramenta para ajustar dentro de introdução;	Deixar junto da local de utilização	
3	Ida a banca buscar ferramenta (R6qua, ventarar, chave);	Deixar junto da local de utilização	
4	Desparafusar parte de trás dar quiar;	Imagem em baixo	
5	Tracar ventarar (Se necessário);	Deixar junto da local de utilização	
6	Abrir folha da balate;	Com Auxilio da Torçura	




Elaborada por: Diogo Meleiro	Aprovada por: Gil Campar	Âmbito de Aplicação:
Data: 01/04/2018	Data: 18-04-201 Production Manager	Setup L15


		Instrução de Operação		021.1288.1	
		Setup da Linha 15			
Previdência: Sempre que ocorrer no Setup			Trabalho Durante o Setup Alimentado		
N	Descrição	Accão	Ferramenta		
1	Desaparafurar parte da frente das quias;				
2	Substituir parte ventarar e aparafurar;				
3	Ajustar altura com o calibre;	Utilizar calibre	Calibre		
4	Ajustar final das quias;	Com ajuda da apalpa e falgar dar ajustar final (0,3 cm Tolerância)	Calibre+Apalpa Falgar		
5	Colocar falgar na alimentador;	Retirar da balate e colocar na alimentador	Falgar		

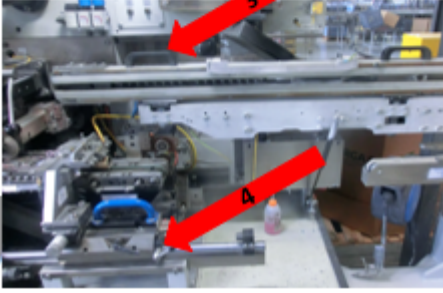




Elaborado por: Diogo Meleiro	Aprovado por: Gil Campos	Âmbito de Aplicação:
Data: 01/04/2018	Data: 18-04-2018	Production Manager
		Setup L15

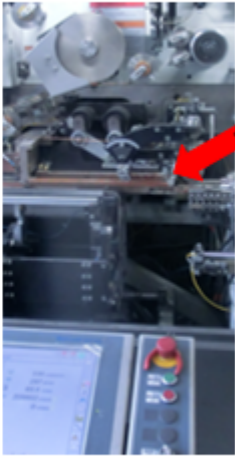
	Instrução de Operação	021.1288.1
Setup da Linha 15		
Previdência: Sempre que ocorrer no Setup		Realizar Durante o Setup Máquina de Soldadura - Po


N	Descrição	Acção	Ferramenta
1	Abriu proteção máquina de soldadura;		
2	Buscar programa da farmata da aeraral	Consultar Computador	
3	Levantar transportador de saída		
4	Desbloquear ferramenta de calibração		
5	Limpar ar residual da ordem anterior		Aspirador
6	Visualizar na computador parâmetros		
7	Ajustar curva excodante		
8	Ajustar dente de introdução		Cilindro Unbrako
9	Ajustar cilindro de rejeição		






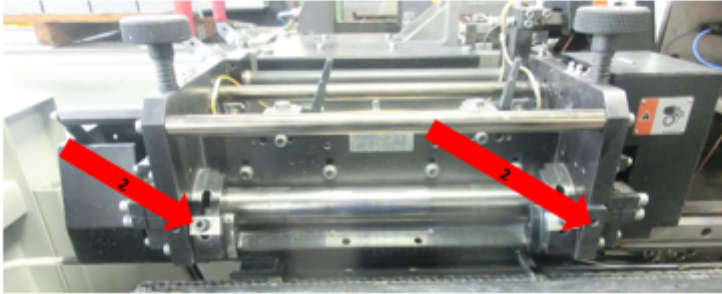










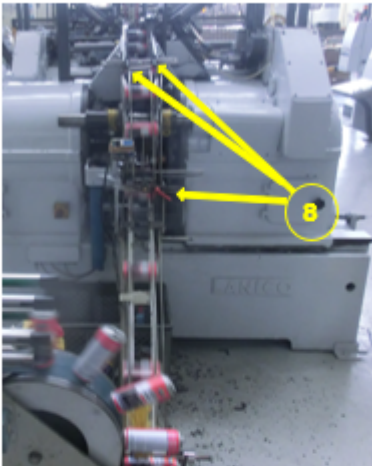
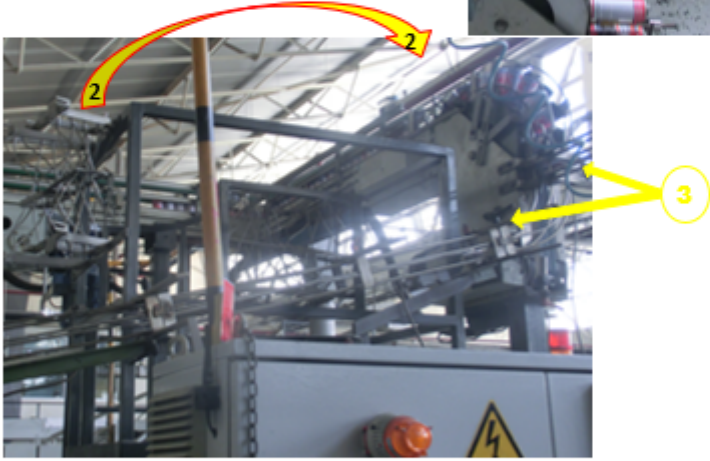
Elaborado por: Diogo Meleiro	Aprovado por: Gil Caspary	Âmbito de Aplicação:
Data: 01/04/2018	Data: 18-04-2018 Produção Massagem	Setup L15


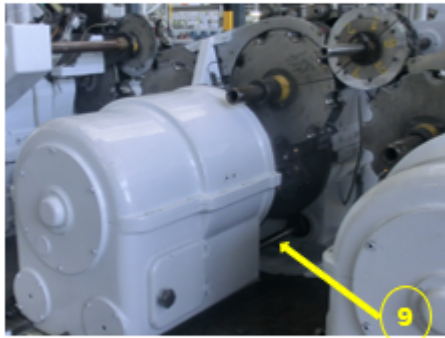
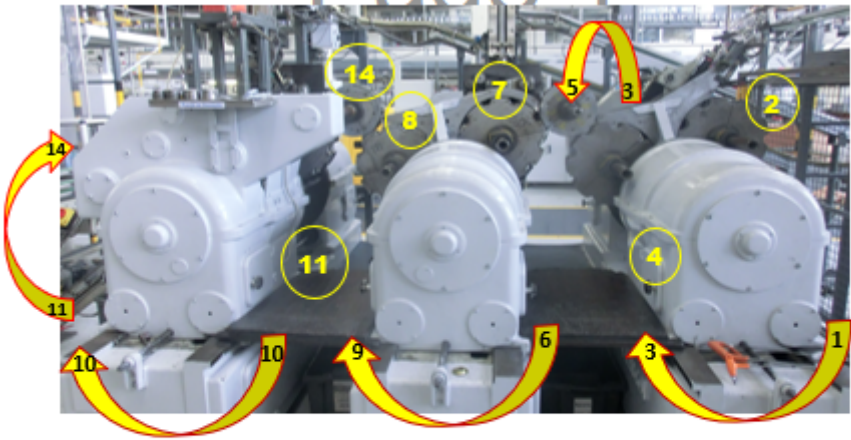
		Instrução de Operação		021.1288.1
		Setup da Linha 15		
Procedimentos: Sempre que ocorrer no Setup		Realizar Durante o Setup Máquina de Soldadura - Pa		
N	Descrição	Ação	Ferramenta	
1	Tirar 1 folha e verificar o enrolamento			
2	Ajustar enroladeira		Chave	
3	Tirar 1 folha e verificar o enrolamento			
4	Fechar transportador de saída			
5	Fechar ferramenta de calibração			
6	Tirar 5 carpas, verificar soldadura e calibrar	Trocar de soldadura	Alisador	
7	Testar com pinça de abertura para 1 carpa		Pinça de Reparação	
8	Testar soldadura 3 carpas		Alisador	
9	Verificar espaço entre viralar			
10	Fechar Máquina e iniciar produção			








Elaborado por: Diogo Meleiro Data: 01/04/2018	Aprovado por: Gil Campos Data: 18-04-2018 Production Manager	Âmbito de Aplicação: Setup L15
--	--	--

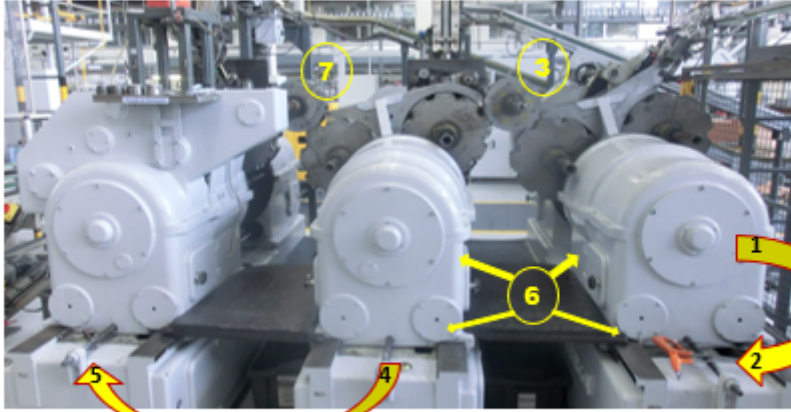
6.2.3 ANEXO B.2 – Modo Operatório da Cravadeira

	Instrução de Operação	O21.1295.1																		
Setup da Linha 15 - Cravadeira																				
Previdência: Sempre que estiver no Setup		Trabalho_Inicial																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">N</th> <th style="width: 95%;">Descrição</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Limpar e acarridar da linha;</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Trancar Inversor das latas;</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Desapertar parafusos;</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Com latas em cravação ajustar parafusos e manivela da zem fim;</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Retirar Campanetas (Se necessário)</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Desapertar parafusos antes da 1ª estação;</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Retirar opinar e baldor da zucata da cravadeira;</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Desapertar quiar na final da cravadeira;</td> </tr> </tbody> </table>	N	Descrição	1	Limpar e acarridar da linha;	2	Trancar Inversor das latas;	3	Desapertar parafusos;	4	Com latas em cravação ajustar parafusos e manivela da zem fim;	5	Retirar Campanetas (Se necessário)	6	Desapertar parafusos antes da 1ª estação;	7	Retirar opinar e baldor da zucata da cravadeira;	8	Desapertar quiar na final da cravadeira;		
N	Descrição																			
1	Limpar e acarridar da linha;																			
2	Trancar Inversor das latas;																			
3	Desapertar parafusos;																			
4	Com latas em cravação ajustar parafusos e manivela da zem fim;																			
5	Retirar Campanetas (Se necessário)																			
6	Desapertar parafusos antes da 1ª estação;																			
7	Retirar opinar e baldor da zucata da cravadeira;																			
8	Desapertar quiar na final da cravadeira;																			
																				
Elaborado por: Diogo Meleiro	Aprovado por: Rui Pinheiro	Âmbito de Aplicação:																		
Data: 01-05-2018	Traine Contin. Improv. Data: 01-05-2018	Setup L15																		

		Instrução de Operação	021.1296.1			
		Setup da Linha 15 - Cravadeira				
Procedimento: Sempre que ocorrer o Setup		Trabalho_Desapertar				
N	Descrição					
1	Desapertar parafusos da 1ª estação;					
2	Desapertar parafuso da 1ª roseta;					
3	Desapertar parafuso da 2ª roseta;					
4	Desapertar veio de transmissão da 1ª estação;					
5	Desapertar roseta de transmissão da 1ª estação;					
6	Desapertar parafusos da 2ª estação;					
7	Desapertar parafuso da 3ª roseta;					
8	Desapertar parafuso da 4ª roseta;					
9	Desapertar veio de transmissão da 2ª estação;					
10	Desapertar parafusos da 3ª estação;					
11	Desapertar veio de transmissão da 3ª estação;					
12	Desapertar parafuso da 6ª roseta;					
13	Desapertar veio da 5ª roseta;					
14	Desapertar roseta de transmissão da 2ª/3ª estação;					
<h1>Page 1</h1>						
<p>Nota: Apenas aplicável para mudanças em que a altura diminui, caso seja o contrário começar sequência pelas rosetas de transmissão.</p>						
Elaborado por:	Diogo Meleiro			Aprovado por:	Rui Pinheiro	Âmbito de Aplicação: Setup L15
Data:	01-05-2018			Traine Contin. Improv. Data:	07-05-2018	

		Instrução de Operação	021.I297.1
		Setup da Linha 15 - Cravadeira	
Proximidade: Sempre que ocorrer um Setup		Trabalho_Ajustes	
Nº	Descrição		
1	Ajustar veio de transmissão da 1ª etapa;		
2	Ajustar manivela da 1ª etapa;		
3	Ajustar vareta de transmissão da 1ª/2ª etapa;		
4	Ajustar manivela da 2ª etapa;		
5	Ajustar manivela da 3ª etapa;		
6	Apertar parafusos da 1ª e 2ª etapa;		
7	Ajustar vareta de transmissão da 2ª/3ª etapa;		
8	Buscar comando e fazer cair as letas;		
9	Verificar beira da neck'lin;		
10	Verificar cravação da 2ª etapa;		
11	Com a comando avançar letas e verificar cravação na 3ª etapa;		
12	Ajustar quas finais;		

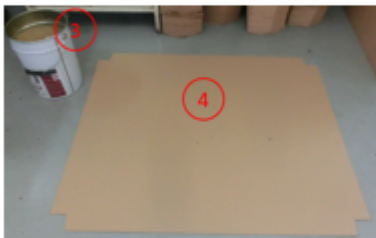
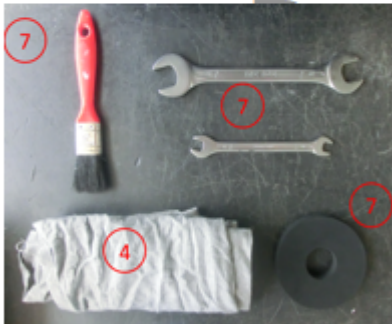

Page 1




Elaborado por:	Diogo Meleiro	Aprovado por:	Rui Pinheiro	Âmbito de Aplicação:
Data:	01-05-2018	Trainee Contin. Improv. Data:	07-05-2018	Setup L15

6.2.4 ANEXO B.2 – Modo Operatório da Troca de Verniz

Instrução de Operação		021.I300.1
Troca de verniz		
Previdência: Sempre que ocorrer uma linha de erro		Trabalho com Máquina em funcionamento
Nº	Descrição	
1	Calçar Luvar;	
2	Retirar Verniz Preto;	
3	Burcar balde dar cantaminador, 2 baldes de 5L, 1 Mini Lata e Diluente;	
4	Burcar Cartolina para calçar na chã e um pano;	
5	Calçar Diluente nos Baldes (grandes e pequenos);	
6	Ir a banca de preparação de verniz preto e calçar lá;	
7	Preparar Ferramentar - Chave 10, 22, Wixata, Fala, 2 Pincoir;	
8	Preparação da nova verniz (com balco e mack)	

ge 1

	Instrução de Operação	O21.I300.1
	Troca de Verniz	
Previdência: Sempre que ocorrer uma troca de verniz		Trabalho com Máquina Parada

Tarefas em Paralelo		
N	Colaborador 1	Colaborador 2
A	Limpeza da Linha;	Limpeza da Linha;
B	Retirar Fundos;	Retirar Cúpulas;
C	Retirar o Rolo do verniz e colocar em balde vazio;	
D	Desapertar Depósito e Afinador de Verniz;	
E	Colocar Pano de baixo do suporte do Rolo;	
F	Com o Pincel e Diluente limpar o suporte;	
G	Com pano dar últimos retoques no suporte;	
H	Ir ao balde com as peças e com o pincel começar a limpá-las;	Limpar com o pincel as peças de aplicação da verniz;
I	Colocar novo rolo de verniz;	
J	Com x-ato cortar excesso;	
L	Ir ao balde retirar o Afinador do verniz e com pistola de ar limpar, em seguida montá-lo;	
M	Ir ao balde retirar o depósito e com pistola de ar limpar, em seguida montá-lo;	
N	Colocar Verniz na máquina;	
O	Começar produção;	

