



Melhoria contínua de um processo produtivo numa empresa do setor automóvel recorrendo a ferramentas Lean

João Rui Parente Novais

UMinho | 2020

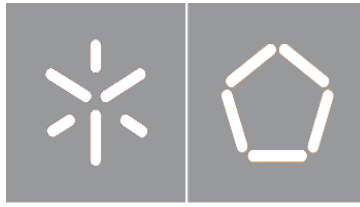


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Rui Parente Novais

Melhoria contínua de um processo produtivo numa empresa do setor automóvel recorrendo a ferramentas Lean

Novembro de 2020



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

João Rui Parente Novais

**Melhoria contínua de um processo produtivo
numa empresa do setor automóvel
recorrendo a ferramentas Lean**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

Novembro de 2020

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do Repositório da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

O caminho faz-se caminhando e ao longo do percurso há pessoas que nos acompanham e fazem parte deste, contribuindo para que a meta desejada seja alcançada.

Ao meu orientador, Professor Rui Sousa, pela sua sapiência, disponibilidade e apoio prestado.

À BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems Portugal, pela oportunidade de desenvolver este projeto em contexto real, e a todos seus colaboradores.

Um agradecimento especial ao Jorge Fernandes, orientador na empresa, pela sua partilha de conhecimentos, experiência, conselhos, e pela forma como me guiou neste projeto, fazendo-me crescer.

Ao António Cid, Anabela Cunha, Luís Correia e restantes elementos da equipa dos tubos híbridos pelo apoio prestado e pela integração.

A todos os meus amigos e colegas pelo o apoio ao longo destes anos.

E por fim, à minha família por me darem o apoio e condições necessárias durante estes anos.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

DECLARAÇÃO DA EMPRESA

BorgWarner
Emissions Group

BorgWarner Emissions Systems
Portugal, Unipessoal Lda.

Parque Empresarial do Lado Verde,
Lote 1,
Lugar do Saneamento Luso

4825-422 Lousada
Viana do Castelo
Portugal

Tel: +351 (0)252 281 220
Fax: +351 (0)252 230 520



Viana do Castelo, 25 Novembro de 2020

Declara-se para os devidos efeitos que o aluno João Rui Parente Novais, submeteu a revisão na BorgWarner a sua proposta de Tese de Mestrado com o tema: *Melhoria Contínua de um processo produtivo numa empresa do setor automóvel recorrendo a ferramentas Lean*. Tese esta que será submetida a título da sua Dissertação de Mestrado em Engenharia de Gestão Industrial na Universidade do Minho.

Mais declaramos que a informação relativa à empresa BorgWarner Emissions Systems Portugal Unipessoal Lda., presente na forma de imagens, anexos e outra informação geral pode ser incluída na tese, seguindo os princípios de confidencialidade considerados no Acordo de Confidencialidade previamente assinado entre o aluno e a Empresa.

Atenciosamente,



Ana Silva
Senior HR Manager

RESUMO

A dissertação “Melhoria contínua de um processo produtivo numa empresa do setor automóvel recorrendo a ferramentas Lean” surge no âmbito do 5º ano do Curso de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho, mais concretamente do Departamento de Produção e Sistemas.

Esta dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial, na empresa do ramo automóvel BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems Portugal, mais concretamente na zona de montagem da área fabril, tendo como principais objetivos contribuir para o aumento do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e reduzir os valores da sucata. Com isto, a estratégia passa por: organizar o posto de trabalho; reduzir os tempos de troca de referência, de ajustes e de espera; normalizar processos associados a trocas de referências, melhorar a comunicação e reduzir o risco de lesões músculo-esqueléticas.

A metodologia de investigação que acompanhou este projeto foi a denominada Investigação-Ação, dado o carácter participativo do investigador no contexto de trabalho.

Deste modo, com o acompanhamento de processos como trocas de referências e com o auxílio de ferramentas como diagrama de *Ishikawa*, *Spaghetti* e de operações, e OEE, foi notória a falta de organização em certas zonas de trabalho, indicadores de desempenho ainda abaixo dos pretendidos pela empresa, valores de sucata e tempos de troca de referência elevados e por vezes falhas de comunicação. Para colmatar as situações anteriormente mencionadas, recorreu-se a ferramentas *Lean*, das quais se destacam 5S e Gestão Visual, *Single Minute Exchange of Die* (SMED), cartões *Kanbans*, trabalho normalizado bem como outras medidas para reduzir a sucata como é o caso de dispositivos *Poka-Yoke*. Com a implementação dos 5S foi possível garantir uma maior organização do posto de trabalho e criar processos que permitem à empresa poupar cerca de 15 192€ anualmente.

Com a ferramenta SMED, que envolveu em simultâneo outras ferramentas como, cartões *Kanban* e trabalho normalizado, foi possível reduzir cerca de 49,14% do tempo de troca de referência e 12,35% dos movimentos associados a esta troca. Com esta medida, estima-se que empresa possa produzir anualmente mais 41 820€ em peças. Em relação às medidas de redução de sucata, prevê-se que no futuro, quando todas já estiverem aplicadas, haja uma poupança anual a rondar os 14 067€.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Production, 5S, SMED, Melhoria contínua, Trabalho Normalizado.

ABSTRACT

This dissertation “Continuous improvement of a production process in an automotive company using Lean tools” is issued on the ambit of the 5th year of the Integrated Master’s Degree on Industrial Management and Engineering from University of Minho, more precisely from the Production and Systems Department.

This dissertation was developed on a corporate environment, in a firm from the automobile branch, BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems Portugal, more explicitly on the mounting zone of the manufacturing area, having as main objective contributing to the increase of the Overall Equipment Effectiveness(OEE) and reduce the scrap values. With this, the strategy goes through the organization of work stations, reduce the times of trading references, adjustments and waiting, normalizing processes associated with the trade of references, enhance the communication and reduce the risk of musculoskeletal injuries.

The investigation methodology used in this project is denominated Action-Research, given the participative character of the researcher at the work context.

This way, with the following of the references exchange and resorting to diagrams of *Ishikawa*, *Spaghetti* and of operations, and OEE, it was noticeable the lack of organization in certain work zones, performance indicators still below what is pretended by the company, scrap values and referral times of exchange and sometimes lack of communication.

To complete the previously mentioned situations, It was used Lean ‘s tools, in wich it is highlighted 5S and Visual Management, Single Minute Exchange of Die (SMED), Kanbans cards, normalized work, as well as other mesures to reduce the scrap such as the Poka-Yake devices. With the implementation of 5S it was possible to ensure a bigger organisation of the work stations and to create processes that enable the company to save about 15 192 € yearly. With the SMED tool, which involved simultaneously other tools such as, Kanban cards and normalized work, it was possible to reduce roughly 49,14% the referral times of exchange and 12,35% the movements associated with this exchange. With this measurement, it is estimated that the organizacion can produce more 41 820 € on final product every year. Related to the measures of scrap reduction, it is predicted that in the future, when every one of it is implemented, thereshould be an annual saving of roughly 14 067 €

KEYWORDS

Lean Production, 5S, SMED, Continuous Improvement, Standard Work.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Índice.....	viii
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tabelas.....	xiii
Índice de equações.....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de Investigação.....	3
1.4 Estrutura do documento.....	4
2 Estado da arte.....	5
2.1 Origem e enquadramento do <i>Lean Production</i>	5
2.2 Casa Toyota Production System.....	5
2.3 Princípios Lean Thinking.....	7
2.4 Fontes de desperdício.....	8
2.5 Ferramentas <i>Lean</i>	9
2.6 Equação de NIOSH'91.....	16
2.7 Análise ao estado da arte.....	18
3 Apresentação da empresa.....	20
3.1 Grupo BorgWarner.....	20
3.2 BorgWarner Portugal.....	21
4 Descrição e diagnóstico do estado atual.....	25
4.1 Processo produtivo, layout e referências produzidas.....	25
4.2 Análise crítica à situação e identificação de problemas.....	28
5 Desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria.....	52
5.1 Implementação de 5S e gestão visual.....	53

5.2	Implementação do SMED	56
5.3	Implementação de medidas para reduzir a sucata	65
5.4	Melhoria ergonómica	66
6	Resumo de Resultados.....	67
6.1	Resultados da implementação dos 5S e gestão visual	67
6.2	Resultados da implementação da ferramenta SMED	71
6.3	Resultados com as medidas de redução de sucata	74
6.4	Melhoria ergonómica e de segurança	76
6.5	Sugestões de melhorias não implementadas	77
7	Conclusão	78
7.1	Considerações finais	78
7.2	Trabalho futuro	79
	Referências Bibliográficas	81
	Anexo 1 – Obtenção do multiplicador de pega.....	84
	Anexo 2 – Obtenção do multiplicador de frequência	85
	Anexo 3 – Folha de registo de produção	86
	Anexo 4 – Folha de registo de sucata.....	87
	Anexo 5 – Diagrama de <i>Ishikawa</i> OEE.....	88
	Anexo 6 – Diagrama de <i>Ishikawa</i> sucata	89
	Anexo 7 - Exemplo de peças válidas e não válidas	90
	Anexo 8 – Tempo de troca de referência entre setembro e janeiro.....	91
	Anexo 9 – Diagrama de operações atual	92
	Anexo 10 – Diagrama de <i>spaghetti</i> do estado atual	98
	Anexo 11 – Primeira auditoria 5s.....	99
	Anexo 12 – Cálculo do PLR para tirar a rede de proteção da máquina	100
	Anexo 13 – Cálculo do PLR para tirar a rede de proteção do carro	101
	Anexo 14 – Check list externa a verificar antes da troca de referência	102
	Anexo 15 – Check list externa a verificar depois da troca de referência.....	103
	Anexo 16 – Instrução de troca de referência	104
	Anexo 17 – Instrução dos testes mecânicos.....	105
	Anexo 18 – Última auditoria 5'S	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa TPS (adaptado de Liker, 2004)	6
Figura 2 - 5 Princípios Lean Thinking	7
Figura 3 - Representação do ciclo PDCA.....	15
Figura 4 - Sinergia Lean (Hines et al., 2004)	18
Figura 5 - Logótipo BorgWarner.....	20
Figura 6 – Instalações da BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems Portugal.....	21
Figura 7 - Produtos Produzidos na BorgWarner Portugal.....	22
Figura 8 - Planta da BorgWarner Portugal.....	22
Figura 9 - Layout da máquina de Soldadura	25
Figura 10 - Máquina de Soldadura	26
Figura 11 - (a) Desbobinador e Acumulador, (b) Zona do Conformado, (c) Câmara de Soldadura	26
Figura 12 - (a) Zona de Calibragem, (b) Zona de Corte, (c) Contentor com Barras de 6m	27
Figura 13 - Histórico do OEE.....	29
Figura 14 - OEE Discriminado	30
Figura 15 - Valores da sucata em 2019	31
Figura 16 - Validação do sabre.....	33
Figura 17 - Útil do conformado	33
Figura 18 - Úteis laser	34
Figura 19 - Úteis de refrigeração, Eddy Checker e torção.....	34
Figura 20 - Úteis de corte	35
Figura 21 - Percentagem de cada tipo de atividade	37
Figura 22 - Operação de retirar e colocar cardans na máquina	39
Figura 23 - Rolos dos carros de úteis	41
Figura 24 - Caixa de úteis	42
Figura 25 - Identificação dos carros de úteis	43
Figura 26 - Úteis de testes mecânicos.....	43
Figura 27 - Úteis da máquina de corte de amostras	43
Figura 28 - Resultados da primeira auditoria 5'S	44
Figura 29 - Identificação da REF 9 no computador dos parâmetros	45

Figura 30 - Sistema de corte	47
Figura 31 - Exemplo de uma " concertina"	48
Figura 32 - Tapete atual.....	49
Figura 33 - Momento de retirar grade de proteção.....	50
Figura 34 - Bobine colocada na zona de passagem de pessoal	50
Figura 35 - (a) Úteis encontrados, (b) Úteis para sucata, (c) Úteis para reparação, (d) Úteis novos	53
Figura 36 - Método de arrumação depois dos 5S	54
Figura 37 - Aplicação 5S no carro de ferramentas	54
Figura 38 - (a) Identificação dos úteis dos testes mecânicos, (b) Identificação dos úteis da máquina de corte	54
Figura 39 - Novo modo de identificação dos carros	55
Figura 40 - (a) Exemplo de útil de verificação da altura da lâmina, (b) Exemplo de útil de verificação da geometria da lâmina.....	55
Figura 41 - Desbobinador	57
Figura 42 - Suporte do pré-corte	57
Figura 43 - Cartões Kanban	58
Figura 44 - Fita de segurança	59
Figura 45 - Carro de ferramentas.....	60
Figura 46 - Registo dos ajustes na zona do calibrado.....	62
Figura 47 - Exemplo de identificação de um cardan.....	63
Figura 48 - (a) Arrumação dos úteis antes dos 5S, (b) Arrumação dos úteis depois dos 5S	67
Figura 49 - (a)(b) Antes do 5S, (c)(d)(e) Depois dos 5S.....	68
Figura 50 - (a) Identificação antes dos 5S, (b) Identificação depois dos 5S.....	68
Figura 51 - (a)(b) Úteis dos testes mecânicos antes dos 5S, (b)Úteis dos testes mecânicos depois dos 5S	69
Figura 52 - (a) Úteis da máquina de corte antes dos 5S, (b) Úteis da máquina de corte depois dos 5S	69
Figura 53 - (a) Primeira auditoria 5S, (b) Última auditoria 5S.....	71
Figura 54 - Percentagem de cada tipo de operações internas	72
Figura 55 - (a) Movimentações antes, (b) Movimentações depois.....	73
Figura 56 - Fita de segurança e suporte de bobine	76
Figura 57 - Estimativa do novo OEE	77

Figura 58 - Registo de produção diária	86
Figura 59 - Exemplo de uma folha de registo de sucata diário	87
Figura 60 - Diagrama Ishikawa: baixo OEE	88
Figura 61 - Diagrama Ishikawa: Elevada sucata	89
Figura 62 - Diagrama de operações atual	92
Figura 63 - Diagrama de spaghetti do estado atual	98
Figura 64 - Primeira auditoria 5'S	99
Figura 65 - Check list a verificar antes da troca de referência	102
Figura 66 - Check list a verificar depois da troca de referência.....	103
Figura 67 - Excerto da instrução de troca de referência	104
Figura 68 - Excerto da instrução de testes mecânicos	105
Figura 69 - Última auditoria 5'S	106

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Simbologia do tipo de operação	9
Tabela 2 - Operações mais críticas.....	39
Tabela 3 - Critério de classificação	44
Tabela 4 - Consumo de lâminas e mordças em 2019.....	46
Tabela 5 - Síntese de problemas identificados	51
Tabela 6 - 5W2H das propostas de melhoria	52
Tabela 7 - Resultados dos balanceamentos.....	64
Tabela 8 - Ganhos com a reparação de lâminas e mordças	70
Tabela 9 - Número de operações	71
Tabela 10 - Tipo de operações internas.....	72
Tabela 11 - Resultados SMED	73
Tabela 12 - Resultados estimados da redução da barra de testes	74
Tabela 13 - Ganhos com o sistema Poka-Yoke.....	75
Tabela 14 - Multiplicador de pega	84
Tabela 15 - Multiplicador de frequência.....	85
Tabela 16 - Peças OK vs NOK.....	90
Tabela 17 - Tempos de troca de referência entre setembro e janeiro	91

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo da disponibilidade	11
Equação 2 - Cálculo da velocidade	11
Equação 3 - Cálculo da qualidade	11
Equação 4 - Cálculo do OEE	11
Equação 5 - Cálculo do PLR.....	17
Equação 6 - Cálculo do IE.....	17
Equação 7 - Cálculo do número mínimo de observações	36
Equação 8 - PLR.....	100

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

EGR – *Exhaust Gas Recirculation*

EPI – Equipamento de proteção individual

EUA – Estados Unidos da América

JIT – *Just in Time*

LMERT – Lesões músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho

MP – Matéria prima

NOK – Não válido

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OK – Válido

PDCA – *Plan-DO-Check-Act*

PLR – Peso Limite Recomendado

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TL – *Team Leader*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

WIP – *Work in Progress*

1 INTRODUÇÃO

A presente dissertação surge no âmbito do Curso de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. O projeto desta dissertação foi desenvolvido na empresa BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems Portugal.

Este capítulo pretende fazer um enquadramento geral, apresentar os objetivos, metodologia e a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

A atividade industrial não é recente e aliada ao crescimento económico e demográfico, a melhoria do nível de vida e o desenvolvimento e modernização social, são fatores que impulsionaram definitivamente a evolução deste setor. Neste sentido, a indústria automóvel não constitui exceção e tem sofrido, ao longo dos últimos anos, modificações e transformações consideráveis.

Particularizando e abraçando um pouco da história da indústria, é possível constatar que nesta sobressaem dois marcos importantes. O primeiro surgiu no fim do século XIX e início do século XX, com o aparecimento das linhas de montagem Ford, suportadas com os princípios da Gestão Científica de Taylor (1911), em que mesmo com trabalhadores não qualificados, Ford melhorou a produtividade, quando comparado com a produção artesanal, e produziu grandes quantidades do seu modelo famoso de carro, criando assim o conceito de produção em massa, isto é, produto único e alto volume de produção (Alves, Carvalho, & Sousa, 2012).

Contudo, as exigências dos clientes não estagnaram no que diz respeito à qualidade dos produtos e ao prazo de entrega destes, bem como, tendem a ser mais customizadas, tornando o mercado mais competitivo e, conseqüentemente, a ideia intrínseca à produção em massa, inválida.

Deste modo, com as condições atuais do mercado, emergiu a necessidade de as empresas se adaptarem a este novo mercado e a busca pela melhoria contínua é, hoje em dia, fulcral para o sucesso das empresas. Seguindo esta linha de pensamento, vai-se de encontro ao segundo marco importante da história da indústria, o nascimento do Toyota Production System (TPS), na empresa japonesa Toyota, sendo Taiichi Ohno o seu criador. Este sistema defendia que as empresas deveriam produzir apenas o necessário, na quantidade necessária e no momento necessário de entrega (Ohno, 1988).

O TPS tem evoluído, e surgiu pela primeira vez associado à expressão Lean Production no livro de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Ross (1990) intitulado “The machine that changed the world”.

Hodiernamente, é utilizado mundialmente com o intuito de orientação a longo prazo das empresas que buscam a excelência, onde a produção pode ser resumida como “*fazer mais com menos*” (Priyono & Idris, 2018).

Assim sendo, para que isto seja possível, o *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996), como também é hoje conhecido o Lean Production, tem como objetivo a eliminação de todos os desperdícios ou em japonês, Muda, que são todas as atividades realizadas que não acrescentam qualquer valor ao produto (Loureiro, 2016) e que o cliente não está disposto a pagar. Desta forma, permite às empresas procurar formas e melhorar a qualidade e a eficiência e, ao mesmo tempo, reduzir custos e lead times (Durakovic, Demir, Abat, & Emek, 2018).

De acordo com Womack & Jones, (1996) no livro “Lean Thinking” é possível identificar 5 princípios associados ao Lean: o Valor, a Cadeia de Valor, o Fluxo, o Sistema Pull e a Busca da Perfeição.

Tendo em consideração que a BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems Portugal, busca continuamente a excelência, pretende-se desenvolver um projeto integrado, no âmbito da dissertação do Curso de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho, que contribua para a melhoria contínua da empresa.

Este projeto desenvolveu-se, mais concretamente, numa linha de soldadura a laser de tubo INOX de perfil oval que vai abastecer linhas de produção de *Coolers* utilizados em automóveis. Para tal, recorreu-se ao uso de ferramentas *Lean Production*, como intuito de racionalizar este processo, de forma a aproximar a empresa dos seus objetivos.

1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação é contribuir para aumentar o valor do OEE de uma máquina para valores superiores a 63% e reduzir a sucata para valores máximos de 3%. Este último valor, é um valor temporário pois o objetivo final é 0,5%, definidos pela empresa. A máquina referida é responsável pela soldadura de tubo INOX de perfil oval e encontra-se na zona de montagem da zona fabril.

Desta forma, e para que tais metas sejam alcançáveis, este projeto visa:

- Assegurar a organização do posto de trabalho;
- Reduzir tempos de troca de referência;
- Normalizar trocas de referências;
- Reduzir tempos de ajustes;
- Reduzir tempos de espera pela equipa de manutenção;
- Reduzir sucata;

- Melhorar a comunicação entre a linha de produção e a equipa de manutenção;
- Reduzir o risco de lesões músculo-esqueléticas.

1.3 Metodologia de Investigação

A metodologia de investigação adotada foi a Investigação-Ação (Action-Research), uma vez que se trata de um projeto que exige intervenção no terreno.

A Investigação-Ação caracteriza-se por ser ativa e participativa, e envolver não apenas o investigador mas também todas as pessoas do projeto (O'Brien, 1998). Destaca-se também por ser uma investigação emergente que agrega o conhecimento científico com os conhecimentos organizacionais, permitindo desta forma criar um ambiente cooperativo entre o investigador e os colaboradores (Maestrini et al., 2016).

Esta metodologia divide-se em 5 fases: o diagnóstico, o planeamento de ações, a implementação de ações selecionadas, a avaliação do resultado dessas ações, e a especificação da aprendizagem.

Esta investigação vai ser dedutiva, dado que numa fase inicial do projeto, o investigador vai realizar uma revisão bibliográfica sobre temas que vão orientar o mesmo neste projeto, tais como: Toyota Production System (TPS), princípios *Lean*, desperdícios e ferramentas *Lean*. Esta revisão terá por base a consulta de livros, dissertações/teses, artigos científicos e bases de dados. A partir desta teoria, será possível conceber teorias que serão, ou não provadas em contexto real, e caso se justifique sofrerão as devidas alterações, tendo em consideração os resultados obtidos e os resultados idealizados para esta dissertação.

Relativamente à janela temporal, esta será longitudinal uma vez que vai ser possível observar as mudanças resultantes das ações de melhoria.

Ainda numa fase precoce do projeto foi feita uma análise e diagnóstico do estado atual do processo produtivo. Num primeiro momento conheceu-se o processo produtivo e os colaboradores que lideram e operam e, posteriormente, recolheram-se dados da empresa, dos quais se destacam os relativos ao OEE, instruções de trabalho, observação de trocas de referências, bem como, uma auditoria 5S, permitindo assim identificar os principais problemas.

Seguidamente, surgem duas fases que decorrem quase em simultâneo uma vez que, o investigador, à medida que estudava possíveis melhorias, foi implementando-as, assim que possível. Deste modo, ocorre a fase de desenvolvimento de propostas de melhoria, fase esta especializada em identificar e analisar possíveis soluções recorrendo a ferramentas *Lean*, bem como a sua calendarização.

A outra fase é o planeamento e implementação de melhorias, onde é implementado o plano de melhoria planeado na etapa anterior, como é o caso da aplicação de 5S e SMED.

Na fase final, realizou-se a avaliação e a análise dos resultados obtidos recolheram-se novos dados do estado do processo. Estes foram dissecados e comparados com o estado anterior do processo e, sempre que os resultados não eram os desejados, realizaram-se ajustes no processo.

Por fim, ocorreu a fase de elaboração da dissertação.

1.4 Estrutura do documento

Este relatório é composto por sete capítulos, sendo que o presente capítulo tem o propósito de introduzir o projeto, fazendo deste modo um breve enquadramento sobre o que levou à realização do mesmo, os seus objetivos, a metodologia que foi utilizada e como está estruturada a dissertação.

Como foi dito no subcapítulo 1.3, numa fase embrionária, foi feita uma análise do estado atual da arte que serviu como base para a elaboração do capítulo 2.

No capítulo 3 é feita uma descrição da empresa, onde será abordado um pouco da sua história, cultura organizacional, produtos produzidos e será feita uma breve introdução à linha 7Y04, linha onde se vai realizar este projeto, fazendo assim a ponte para o capítulo 4, onde é descrito processo da linha, o seu estado atual, e onde são aplicadas algumas ferramentas para medir o estado atual e identificar os problemas. No capítulo seguinte, são expostas as propostas de melhoria para os problemas identificados e no capítulo 6 faz-se o resumo e análise dos resultados obtidos, comparando o “antes e o depois” do projeto.

Para finalizar, no último capítulo o investigador faz uma reflexão crítica ao trabalho desenvolvido, se os objetivos foram cumpridos, apresentado de uma forma breve os resultados obtidos bem como as dificuldades sentidas. Ainda neste capítulo são mencionadas sugestões de possíveis trabalhos a desenvolver na empresa.

2 ESTADO DA ARTE

Neste capítulo será apresentada uma breve revisão do estado da arte, onde será abordado um pouco da história do *Lean Production*, bem como os seus princípios e algumas das ferramentas que serão utilizadas numa fase posterior desta dissertação. Por fim é feita uma breve análise a esta filosofia bem como apresentado alguns aspetos importantes na implementação desta metodologia e alguns resultados de projetos semelhantes.

2.1 Origem e enquadramento do *Lean Production*

O conceito *Lean Production* é a evolução da filosofia *Toyota Production System* (TPS), criada por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo no Japão, enquanto o país estava a recuperar da 2ª Guerra Mundial. A filosofia TPS apareceu associada à empresa automóvel Toyota quando a mesma procurava recuperar espaço no mercado face ao poderio que as empresas americanas apresentavam, resultado do processo de produção em massa do modelo T de Henry Ford (Ohno, 1988). Apesar desta estratégia de produção usada pela *Ford Motor Company*, revolucionária na altura, tinha a grande lacuna de ter sido desenhada para produzir um único modelo de carros, desprezando a produção de diversos produtos, sendo esta uma das lacunas que o TPS veio procurar preencher.

Mais tarde, com a publicação do livro "*The machine that changed the world*" de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Ross (1990) surgiu, pela primeira vez, a expressão "*Lean Production*", uma nova filosofia que vai permitir a redução de metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço, metade do investimento e ferramentas, e metade das horas de engenharia para desenvolver o produto (Womack et al., 1990).

2.2 Casa Toyota Production System

O TPS pretende contrariar a ideia de que nem todo o tempo despendido na produção de um dado produto acrescenta valor ao mesmo (Melton, 2005), racionalizando assim ao máximo o tempo produtivo. Deste modo, a casa Toyota Production System, desenvolvida por Taiichi Ohno, representada na Figura 1, é um esquema que patenteia tudo que tem que se considerar e aplicar quando se pretende utilizar esta filosofia (Liker, 2004).



Figura 1 - Casa TPS (adaptado de Liker, 2004)

Começando a analisar a casa pela base, esta assenta em quatro alicerces: (i) a produção nivelada (heijunka, em japonês); (ii) processos estáveis e normalizados; (iii) gestão visual; e (iv) filosofia Toyota. Acompanhando estes quatro alicerces temos também o ciclo *Plan-DO-Check-Act* (PDCA) que permite às empresas de uma forma organizada e contínua a resolução de problemas e a busca da melhoria contínua. Este ciclo será tratado com mais detalhe no subcapítulo 2.5, quando se abordar algumas ferramentas *Lean*.

Seguidamente, no centro na casa encontram-se as pessoas e o trabalho em equipa, juntamente com o eliminar do *Muda*, termo japonês que significa desperdício. Estas duas levam ao cerne do TPS que é a busca da melhoria contínua.

Na parte superior, representado pelo telhado, é evidenciado o que as empresas anseiam quando implementam esta metodologia como é o caso de melhor qualidade, menor tempo de entrega, menor custo, mais segurança, maior moral e motivação.

Por fim, este telhado é suportado pelos dois grandes pilares do TPS, o *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka*.

O primeiro pilar representa *Just-in-time*, ou seja, produzir exatamente o que é necessário quando o usuário (estação de trabalho ou cliente) precisa (Rosin et al., 2020), caracterizando-se assim pela produção puxada. O *Jidoka* remete à automação e deteção de erro, isto é, quando um problema ou

defeito na máquina acontece, a máquina, ou em alguns casos a linha inteira interrompe a produção, e caso seja uma linha com trabalhadores, esta poderá ser interrompida pelos mesmos (Sugimori et al., 1977) reduzindo assim o desperdício no que diz respeito à produção de produtos defeituosos.

2.3 Princípios Lean Thinking

No livro *“Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”*, Womack & Jones (1996) afirmam que ser *Lean* passa por fazer mais com menos, utilizando menos recursos, quer seja esforço humano, equipamento, espaço e tempo. Neste mesmo livro, são apresentadas estratégias para as empresas conseguirem oferecer aos clientes o que estes necessitam, tornando-as assim mais competitivas. Os autores evocam 5 princípios que devem ser usados como guia para a implementação da filosofia *Lean*, princípios estes representados na Figura 2 e que de seguida se descrevem:

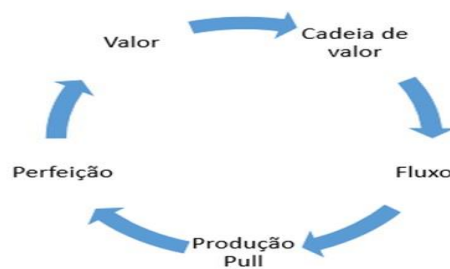


Figura 2 - 5 Princípios Lean Thinking

- Valor: todas as características que se agregam ao produto/serviço final, deve ter sempre em mente as necessidades do cliente final, isto é, ter em consideração o que o cliente está disposto a pagar por isso. Tudo o que é acrescentado a estas necessidades é considerado desperdício.
- Cadeia de valor: atendendo ao processo produtivo, pretende-se ter apenas atividades que acrescentem valor ao produto e eliminar todas as restantes.
- Fluxo de valor: eliminadas todas as operações que não agregam valor ao produto, pretende-se que este percorra todo o processo produtivo até ao cliente de forma fluída, sem esperas e interrupções. Associado a este contexto de fluxo de valor prevalece a ideia da não existência de stocks bem como a produção *One-Piece-Flow*.
- Produção Pull: este princípio consiste em produzir apenas, e somente, quando e quanto o cliente deseja, indo ao encontro da filosofia JIT.

- Perfeição: consiste na procura contante da melhoria contínua (*kaizen*), permitindo às empresas ficarem deste modo mais competitivas, melhorando assim os seus produtos e processos produtivos, nunca esquecendo os princípios anteriormente mencionados.

2.4 Fontes de desperdício

O *Lean* foi criado para aumentar a produtividade, reduzindo ou eliminando o desperdício através de atividades que não agregam valor dentro dos processos (Susilowati & Sari, 2020). Na perspetiva de Ohno (1988), o desperdício representa todas as atividades que num determinado sistema de produção não acrescentam valor ao produto, mas consomem num determinado momento recursos materiais, humanos ou financeiros. O mesmo autor evoca, ainda, 7 tipos de desperdícios sendo que Liker (2004) adiciona um oitavo desperdício.

Deste modo, Mostafa, Dumrak & Soltan (2015) definem esses oito desperdícios da seguinte forma:

1. Sobreprodução: produzir demasiado ou demasiado cedo, resultando em excesso de stock.
2. Defeitos: erros frequentes ou problemas de qualidade da matéria prima/produto que resultam em sucata ou retrabalho.
3. Processamento inadequado: uso de ferramentas, procedimentos ou sistemas inadequados. Geralmente, privilegiar abordagens mais simples, origina processos mais eficazes.
4. Transporte: movimentação de informações ou materiais, resultam em perda de tempo e custo.
5. Espera: longos períodos de inatividade para pessoas, informações ou bens, resultam em fluxo deficiente e prazos longos.
6. Movimento: desorganização do local de trabalho, resultando em problemas de ergonomia, por exemplo, flexão excessiva ou alongamento, e itens frequentemente perdidos.
7. Stock: armazenamento e atraso de informações ou produtos, resultando em stock e custos, levando a um mau atendimento ao cliente.
8. Subutilização de funcionários: criatividade e habilidades não utilizadas dos funcionários para melhorar os processos e práticas, refere-se a desperdiçar o conhecimento, experiência ou habilidade disponível da equipa/força de trabalho ou por não os usar no local apropriado.

2.5 Ferramentas *Lean*

Sendo o *Lean Thinking*, uma metodologia que procura direcionar as empresas para a melhoria contínua, oferece um conjunto de ferramentas que se devem aplicar na fase de diagnóstico, durante a implementação e numa última fase, a fase de controlo.

2.5.1 Diagrama de *Ishikawa*


O Diagrama de *Ishikawa* ou de Causa-Efeito, como também é conhecido, é um diagrama em que através de *brainstorming*, permite reunir o máximo de causas possíveis para um determinado efeito, permitindo assim chegar à causa raiz do problema. Estas causas agrupam-se nas seguintes categorias: material, máquina, método, mão de obra, meio ambiente e medida.

2.5.2 Diagrama de operações

É uma ferramenta que permite mapear todas as operações associadas a um processo produtivo. Após identificado o processo alvo de estudo e desdobradas todas as operações, são medidos/estimados os tempos dessas mesmas operações, sendo possível, de seguida, obter dois tipos de dados, consoante as necessidades.

Primeiro, é possível identificar qual a percentagem de operações no processo produtivo que acrescentam valor e as que não acrescentam, bem como, dividir as operações em cinco tipos, sendo que cada uma terá o seu respetivo símbolo, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Simbologia do tipo de operação

Tipo de operação	Símbolo
	Operação
	Transporte
	Controlo
	Espera
	Armazenagem

Posto isto, é possível obter a percentagem de tempo gasto em cada tipo de operação, sendo que o objetivo passa por reduzir ao máximo todas as operações que não sejam “*operação*”.

2.5.3 Diagrama de *spaghetti*

O diagrama de *spaghetti* é uma das ferramentas *Lean* que permite visualizar o movimento de uma entidade num sistema com a ajuda de uma linha (Kanaganayagam et al., 2015), sendo que esta entidade pode ser entendida como um colaborador, produto, material ou ferramenta.

Desta forma, enquanto o processo produtivo está a decorrer, o investigador regista todos os movimentos que o objeto em estudo faz, através de uma ou mais linhas numa folha com layout da zona em estudo. Com isto, de forma visual e rápida é possível identificar as zonas mais críticas no que diz respeito a movimentações, pois serão as zonas com mais linhas. Também é possível identificar alguns desperdícios no que diz respeito a transporte e movimentações demasiado longos, permitindo no futuro melhorar esses parâmetros com uma possível alteração de layout.

2.5.4 Overall Equipment Effectiveness

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) surgiu associado ao *Total Productive Maintenance* (TPM) através de Seiichi Nakajima, em meados dos anos 90.

É uma ferramenta utilizada como um indicador que permite medir o desempenho de um sistema produtivo, sendo que Mousavi-Nasab, Safari, & Hafezalkotob (2019) afirmam que é um poderoso conceito para avaliar a eficiência nos processos de fabricação, como é o caso de uma máquina, célula ou linha de montagem. Fraquezas esporádicas e crónicas no processo produtivo resultam numa variedade diferente de desperdícios ou perdas, sendo que o OEE tem como objetivo o reconhecimento dessas perdas.

Deste modo, Nakajima (1988) defende que estas perdas podem ser provocadas por:

- Falhas/avarias do equipamento
- Setup/afinações e outras paragens
- Paragens pequenas
- Redução de velocidade
- Defeitos e retrabalho
- Perdas de arranque e mudanças de produto

O OEE é obtido através do produto de fatores:

- Disponibilidade: tempo que o equipamento está disponível (Equação 1).

Equação 1 - Cálculo da disponibilidade

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo planejado de produção}}$$

- Velocidade: capacidade do equipamento produzir a sua velocidade nominal/estipulada (Equação 2).

Equação 2 - Cálculo da velocidade

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Quantidade produzida} * \text{Tempo de ciclo teórico}}{\text{Tempo de funcionamento}}$$

- Qualidade: Capacidade do equipamento produzir peças conforme (Equação 3).

Equação 3 - Cálculo da qualidade

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Quantidade de peças conforme}}{\text{Quantidade de peças produzidas}}$$

Após obtido os três fatores, é feito o produto entre os três, obtendo-se assim o OEE como mostra a Equação 4.

Equação 4 - Cálculo do OEE

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} * \text{Velocidade} * \text{Qualidade}$$

Todos estes valores na obtenção do OEE são usados em percentagem. Deste modo, à mínima variação no sistema é fácil detetar essa variação, uma vez que se vai evidenciar no OEE.

2.5.5 Trabalho Normalizado

O trabalho normalizado ou *standard work*, também como é conhecido, é uma ferramenta *Lean* que documenta a sequência de trabalho e movimento do operador, bem como, o trabalho da máquina, que é um procedimento operacional, padronizado e otimizado, necessário para produzir uma unidade de produto dentro de seu tempo de ciclo (Miltenburg, 2007) ou outras operações associadas à produção como é o caso de uma troca de referência.

Com a implementação do trabalho normalizado é possível o aumento da produtividade e a diminuição dos prazos de entrega. Para além dessas vantagens, Emiliani (2008) defende que esta ferramenta permite estabelecer pontos de referência a partir dos quais é possível melhorar continuamente; controlar o processo; reduzir a variabilidade; melhorar a qualidade, flexibilidade e a estabilidade, uma vez que os resultados são mais previsíveis, bem como as anomalias.

Neste processo de normalização, deve ser envolvida toda a equipa de operadores, que podem exprimir livremente o seu parecer, e caso estes resultem numa melhoria para o processo, devem ser aplicados. Contudo, muitas vezes, quando esta ferramenta é implementada, é possível observar a desaprovação dos operadores, porque podem sentir alguma perda de flexibilidade e autonomia. No entanto, em muitos casos, após algum tempo, os operadores podem entender os benefícios desta ferramenta e os problemas iniciais desaparecem gradualmente (Arezes, Carvalho, & Alves, 2010). Este tipo de ferramenta é auxiliado por instruções de trabalho onde são esquematizados todos os passos necessários para o processo bem como *check-lists* ou folhas de verificação, que ajudam a garantir que todos os passos descritos na instrução de trabalho são respeitados e não são esquecidos.

2.5.6 Técnica 5S e Gestão Visual

Quando se fala de *Lean*, é inevitável não falar na técnica 5S, sendo esta uma das ferramentas *Lean* mais simples de implementar, que fornece retorno imediato às empresas, e se pode aplicar em vários departamentos da mesma (Aulakh & Gill, 2008). Surgiu no Japão e é uma ferramenta que auxilia na disciplina dentro das empresas, recorrendo à consciencialização e à responsabilidade de todos os colaboradores (Ohno, 1988). Com esta ferramenta, pretende-se limpar, arrumar e organizar os locais de trabalho, mantendo apenas o que é necessário no posto de trabalho.

Esta ferramenta está dividida em 5 fases.

- *Seiri* (Separação ou triagem) – Identificar os materiais que são ou não necessários ao posto de trabalho, removendo todos aqueles que são desnecessários.
- *Seiton* (Arrumação) – Garantir que no posto de trabalho existe um local específico para cada ferramenta, e que nele esteja apenas o necessário. Esta organização deve ter em consideração aspetos como a frequência de utilização, isto é, ferramentas que são usadas com maior frequência devem estar mais perto do operário.
- *Seison* (Limpeza) – Limpar o local de trabalho, eliminando a sujidade e as suas fontes, de modo a prevenir que este fica no mesmo estado.
- *Seiketsu* (Normalização) – Para esta fase, garantir que as fases anteriores estão aplicadas. Posto isto, esta fase passa por criar procedimentos e hábitos que garantam a continuidade dos quatro “S” anteriores.
- *Shitsuke* (Disciplina) – Fase de garantir que a normalização anteriormente definida se continua a cumprir e caso seja possível melhorada. Para isso e para facilitar este processo são realizadas auditorias, regularmente.

A implementação desta ferramenta permite a redução de riscos de acidentes, melhora o ambiente de trabalho, elimina os desperdícios e aumenta a produção. No entanto, exige monitorização constante, pois apesar de ser de fácil aplicação, a manutenção a longo prazo é a sua maior dificuldade (Monden, 1998).

A gestão visual é geralmente aplicada com os 5S, pois permite de uma forma intuitiva e rápida, identificar as ferramentas e o seu local de trabalho, bem como, caso falte alguma ferramenta o operário note a falta da mesma.

2.5.7 *Single Minute Exchange of Die*

O SMED surgiu por intermédio de Shigeo Shingo e é uma metodologia que permite a realização dos processos de troca de referência em menos de dez minutos (Shingo, 1985).

Quanto maior for o tempo de troca de referência ou de *Set-Up*, como também é conhecida, maior é o tempo que a máquina está parada e menor a produtividade da mesma. Deste modo, esta ferramenta vem precisamente reduzir esse tempo trazendo, com isto, benefícios para as empresas, como é o caso da redução de stock, *Work in Progress* (WIP), tamanho e movimento dos lotes, e melhoria na qualidade e flexibilidade de produção (Costa et al., 2013).

Antes de aplicar esta metodologia, Shingo (1989), faz a distinção entre operações internas e externas. Sendo que as internas são todas as operações que só se podem realizar com a máquina parada e as externas todas as operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

Segundo Shingo (1985), no momento da implementação do SMED, este divide-se em três etapas após o estado preliminar:

- Estado preliminar: Antes de implementar o SMED este exige uma análise prévia de todo o Setup para perceber detalhadamente todos os seus processos e operações (Sousa et al., 2009). Deste modo, esta fase é uma fase apenas de observação e medição do estado atual, onde geralmente se recorre a cronómetros e filmagens do processo. Esta fase caracteriza-se também por entender o que se faz, o porquê e as dificuldades existentes no processo.
- Etapa 1: Fase de separação de operações internas e externas. Shingo (1985) afirma que esta é a fase mais importante do processo.
- Etapa 2: Transformar as atividades que são internas e que podem ser externas em externas. Esta fase, quando bem implementada, pode permitir uma redução do tempo de *Set-Up* na ordem dos 50% (Shingo, 1985).

- Etapa 3: Etapa final do SMED, passa por simplificar e racionalizar as operações. Começando pelas operações internas, as estratégias que se podem adotar são apertos rápidos e operações em paralelo, sendo que esta última, na ótica de Shingo (1985) pode reduzir em mais de 50% o tempo de troca de referência. Outra técnica adotada para reduzir estes tempos é o trabalho normalizado, que diminui a variabilidade, uma vez que um dos aspetos mais críticos em todo o processo são os ajustes de máquina, como tal, normalizar o processo pode ser uma estratégia válida para diminuir esse tempo de ajustes.

Relativamente às operações externas, a estratégia passa por organizar o local onde as ferramentas estão arrumadas, podendo inclusive aplicar a técnica dos 5S, já abordada anteriormente, bem como aproximar esses locais onde os materiais estão arrumados para mais perto da zona de troca de referência.

Por fim, é importante frisar a importância de envolver os operários em todo este processo. Primeiramente, porque são eles que lidam todos os dias com o processo e o conhecem bem, podendo assim dar um feedback sobre as dificuldades que sentem diariamente. Deste modo, dada a experiência que estes já têm no processo de troca de referência, por vezes, os próprios operários tem sugestões de melhoria pertinentes para o projeto. Além disso, e olhando para o lado mais humano, os operários ao sentirem-se envolvidos no projeto, ao notarem que as suas ideias estão a ser implementadas e que fizeram parte do mesmo, sendo esse, fruto do seu trabalho, vão acabar por valorizar mais as mudanças de melhoria e acabam por aceitar e respeitar, não voltando ao estado anterior.

2.5.8 Mecanismos Poka-Yoke

Os mecanismos *Poka-Yoke*, palavra japonesa que significa “à prova de erro”, surgiram por intermédio de Shingo (1989) e tem como objetivo criar um conceito que permita o processo não ter defeitos (Shingo, 1986). A vantagem desse método é que ele não requer outra etapa no processo, como é a etapa de qualidade de controlo, pois este mecanismo é incorporado ao processo existente (Black, 2008). Deste modo, Shingo (1989) faz a distinção em dois tipos:

- Controlo: é o sistema mais eficaz, pois sempre que é detetado um defeito interrompe a produção ou retira esse produto da linha, evitando assim que o produto com defeito chegue ao cliente.
- Advertência: sistema que quando deteta um defeito, não interrompe nem retira o produto do processo produtivo. Apenas emite um sinal sonoro ou luminoso para avisar o operário de que algo está mal no processo produtivo.

Quando se procura algum mecanismo com esta funcionalidade, facilita o processo integrar os operários, uma vez que são estes que têm maior conhecimento sobre os processos e as suas lacunas.

2.5.9 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA surgiu em 1920 por Walter Shewhart, mas só foi reconhecido mais tarde, devido aos resultados que Eduards Deming apresentou na empresa Toyota quando aplicou esta metodologia. O ciclo PDCA é uma das ferramentas que auxilia na realização de projetos *Lean Thinking* e é usada para coordenar projetos de melhoria contínua (Wani et al., 2019).

Este ciclo é mais que uma simples ferramenta *Lean Thinking*. É visto como uma filosofia de melhoria contínua dos processos, introduzida na cultura organizacional das empresas, focada na aprendizagem contínua dos processos e na criação de conhecimento (Realyvásquez-Vargas et al., 2018).

Este ciclo está dividido em 4 fases, como mostra a Figura 3, estando cada fase na origem do nome, *Plan* (Planear), *Do* (Fazer), *Check* (Avaliar) e *Act* (Atuar). Scyoc (2008), caracteriza estas fases da seguinte forma.

- *Plan*: analisar informações, recolher ideias e selecionar o melhor plano de melhoria.
- *Do*: implementar o plano.
- *Check*: reunir informações para verificar se se está a obter os resultados pretendidos com as implementações.
- *Act*: manter o que está bem e fazer as correções necessárias.

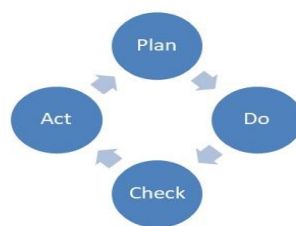


Figura 3 - Representação do ciclo PDCA

Como dito anteriormente, esta ferramenta está inserida numa filosofia de melhoria contínua, como tal, deve ser abordado, tal como o nome diz, de forma cíclica e constante, sempre com o objetivo em mente de atingir a perfeição.

2.5.10 Sistemas *Kanban*

Um *kanban*, surgiu no Japão por Taiichi Ohno, na empresa Toyota e é uma técnica visual usada nos sistemas de produção *pull*. No Japão, *kanban* significa sinal ou cartão (Arnold et al., 2004). Como já mencionado, esta ferramenta é usada num sistema *pull*, que consiste num sistema onde as atividades de um processo são acionadas por um *kanban*, emitido pelo processo seguinte (Bonney et al., 1999), permitindo assim aproximar o processo a um dos pilares da casa TPS, o JIT, em que só se produz o que o cliente realmente quer, na quantidade certa, no momento certo, evitando assim *stocks*. Este sistema *kanban* é constituído por cartões onde vai circular a informação do que se vai produzir bem como a quantidade.

Nestes sistemas, existe o fluxo de informação e o fluxo de matéria, sendo que este último circula para o posto a montante enquanto o de informação para o posto a jusante, sendo o fluxo de informação quem controla o fluxo de matéria.

Por fim, a implementação destes sistemas pode trazer para as empresas vantagens como:

- Melhorar a comunicação entre postos de trabalho.
- Maior flexibilidade e capacidade de resposta a oscilações não programadas na procura.
- Diminuição dos prazos de entrega.
- Diminuição de *stocks*.

2.6 Equação de NIOSH'91

Sendo o *Lean* uma filosofia mais focada na racionalização dos processos industriais e a ergonomia mais focada no lado humano, isto é, a segurança e esforço físico associado ao trabalho, estes devem de andar lado a lado para que se consiga produzir mais com menos esforço físico, reduzindo assim o risco de lesões e o aumento da segurança.

Deste modo, uma das ferramentas usadas pela ergonomia para evitar Lesões músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho (LMERT) é a equação de NIOSH'91. Esta mesma surgiu com a publicação de um Manual de Práticas de Trabalho para Elevações Manuais do *National Institute of Occupational Safety and Health* – NIOSH em 1981. No entanto, em 1991, o NIOSH lançou uma nova versão, mais completa, ficando assim com a designação de NIOSH'91.

Esta equação consiste num método que determina o peso máximo recomendável para o manuseamento manual de cargas, bem como quantifica o risco de LMERT associado ao manuseamento manual.

O peso máximo recomendado ou Constante Carga (CC) é de 23 Kg, em condições definidas como ótimas para o manuseamento manual de cargas. A partir deste valor são tidos em conta vários multiplicadores que irão fazer o ajuste entre as condições reais de manuseamento e as condições ótimas. Esses multiplicadores são:

- Distância horizontal (H) entre as mãos e a linha vertical que passa pelos tornozelos, no início da elevação.
- Distância vertical (V) das mãos ao solo, no início da elevação.
- Distância vertical da elevação (D) desde o ponto de início até onde é depositada a carga.
- Assimetria (A) do movimento de elevação em relação ao plano sagital (ângulo de rotação do tronco).
- Tipo de pegadas (P) existentes nos objetos a elevar;
- Frequência média (F) das elevações.
- Duração do período de trabalho com tarefas de elevação (T).

Posto isto, o PLR é determinado através da Equação 5 sendo que o multiplicador pega indicado na fórmula por MP e o multiplicador frequência como MF são obtidos através da consulta de tabelas já com valores definidos como mostra os anexos 1 e 2 respetivamente.

Equação 5 - Cálculo do PLR

$$PLR = CC * \frac{25}{H} * [1 - (0,003 * |V - 75| * (0,82 + \frac{4,5}{D})] * [1 - (0,0032 * A)] * MP * MF$$

Por fim, é calculado o índice de elevação (IE) que permite analisar melhor as consequências do esforço. Deste modo, quanto maior for este valor maior é o risco para os trabalhadores. No entanto se este for inferior a 1, a tarefa não representa perigo para os trabalhadores. Na Equação 6 é apresentado o cálculo do IE.

Equação 6 - Cálculo do IE

$$IE = \frac{\text{Peso da carga}}{PLR}$$

2.7 Análise ao estado da arte

Com o mercado sendo cada vez mais competitivo em todo o mundo, as organizações de manufatura estão sob imensa pressão para alcançar a excelência operacional e melhorar seu desempenho, a fim de reduzir os seus custos e fornecerem produtos de maior qualidade, em prazos de entrega mais curtos (Belekoukias et al., 2014).

Deste modo, o modelo de produção *Lean* é cada vez mais importante para as empresas como forma de reduzir os desperdícios e entregar valor ao cliente, diminuindo assim, custos da empresa face à crise económica e à concorrência (Maia et al., 2011) .

Williams et al.(1992) apesar de se manifestarem sempre contra esta filosofia *Lean*, pois afirmavam que era desumano e explorador, contribuíram de forma positiva para a evolução desta corrente, ao declararem que esta deve ser considerada muito mais que um conjunto de ferramentas e técnicas rígidas e ter sempre atenção ao lado humano, como o respeito e a motivação das pessoas, uma vez que só assim é que se vai manter esta filosofia a longo prazo na empresa.

Hines et al. (2004), após uma reflexão sobre a evolução do *Lean* no que diz respeito ao conceito e à evolução dentro das empresas, concluem que esta deve ser desenvolvida dentro das empresas em sinergia com outras, pois é uma mais valia usar outras ferramentas para além das “ferramentas *Lean*”, como mostra a Figura 4 , desde que nunca se perca o foco em fornecer valor ao cliente alinhado a uma estratégia *Lean*.

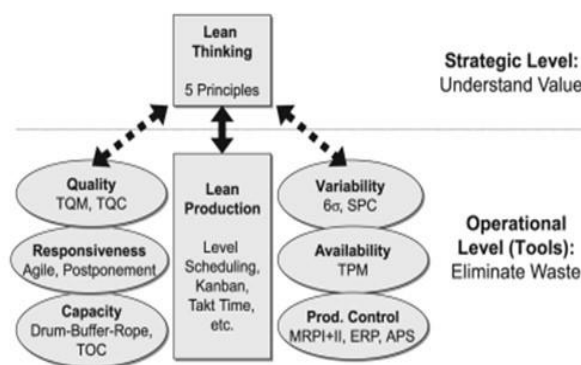


Figura 4 - Sinergia Lean (Hines et al., 2004)

Ahmad (2013) defende que uma boa implementação de uma filosofia *Lean*, exige respeito pelas pessoas, melhoria contínua, uma visão de longo prazo, um nível de paciência, foco na capacidade do processo e capacidade de entender onde o indivíduo está no seu desenvolvimento.

Contudo, e apesar da existência de diversos estudos onde é demonstrado os efeitos positivos do *Lean*, ainda existe resistência de muitas empresas a esta filosofia. Maia, Alves e Leão (2011) afirmam que as

causas associadas a esta resistência por parte das empresas é um possível não conhecimento deste modelo organizacional, não saberem como implementar, não entenderem os princípios *Lean*, não haver apoio por parte da gestão de topo, desconhecerem os benefícios trazidos por este modelo ou não sabem como os quantificar e, por fim, considerarem haver custos de investimentos.

Num projeto levado a cabo por Resende et al. (2014), os autores após implementarem esta filosofia e usarem algumas das suas ferramentas obtiveram ganhos no valor de 360.000,00€. No entanto realçam a dificuldade que sentiram no que diz respeito à resistência à mudança, por parte dos trabalhadores e salientam a importância de os envolver no projeto.

Ribeiro (2019), no seu projeto apresenta ganhos a nível de redução de tempos de troca de referência, aumento do OEE, melhorias ergonómicas e de organização. Contudo, salienta dificuldades iniciais devido à resistência à mudança e alteração de algumas mentalidades, mas com o passar do tempo, com comunicação e sensibilização, essa resistência foi sendo amenizada, até ser abolida, dando lugar a um excelente trabalho de equipa, desde os operadores de máquina até à gestão de topo.

Por sua vez, Castro (2019) colmatou problemas de organização, melhorou problemas de comunicação entre departamentos e obteve poupanças anuais superiores a 30.000,00€. Sentiu resistência à mudança por parte de alguns colaboradores, consequência da falta de informação e medo do que é diferente. Porém, a vontade de ter um ambiente de trabalho melhor é contagiante e por isso foi possível implementar as sugestões feitas no projeto.

Deste modo Alves et al. (2014), no artigo “Final year Lean projects: advantages for companies, students and academia” onde são utilizados como matéria de estudo projetos idênticos aos mencionados anteriormente, afirmam que a dificuldade que é mais comum é a resistência à mudança por parte da empresa e colaboradores, por já estarem familiarizados com as rotinas. No entanto, asseguram que estas dificuldades estimulam ao desenvolvimento pessoal no que diz respeito ao trabalho em equipa, comunicação, resiliência e motivação.

3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo será apresentado, num primeiro momento, o grupo BorgWarner. Seguidamente, será abordado, de forma mais detalhada, a BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems Portugal Unipessoal, Lda, empresa anfitriã para a realização desta dissertação, abordando os seus ideais, organização e tipo de produtos produzidos na mesma.

3.1 Grupo BorgWarner

A BorgWarner é um grupo multinacional Norte Americano, que nasceu em 1928 pela junção das empresas Borg & Beck, Marvel-Schebler, Warner Gear e Mechanics Universal Joint. Atualmente sediado no Michigan, Estados Unidos da América (EUA), tem instalações em 67 localizações, em 19 países. Esta dispersão justifica-se com uma tentativa de aproximar a marca de diferentes clientes dispersos pelo mundo. Em julho de 2019 o grupo BorgWarner, cujo logótipo está representado na Figura 5, empregava cerca de 30 mil pessoas em todo o mundo,



Figura 5 - Logótipo BorgWarner

Sendo o grupo BorgWarner produtor de componentes responsáveis pela redução de emissões tóxicas e melhorar o aproveitamento do combustível, não é de estranhar que este trabalhe com uma visão de criar “Um mundo com energia limpa e eficiente” e com foco na missão de ser “Líder em sistemas e propulsão para veículos a combustão, híbridos e elétricos”. É transversal a todas as localizações da BorgWarner a responsabilidade social, inculcando no seu pessoal um sentido de compromisso em apoiar as suas comunidades, através do envolvimento em atividades locais e com instituições de caridade. Outra vertente sempre presente é a de proteção do meio ambiente, criando programas e eventos que promovem a cultura de um mundo melhor.

O grupo divide-se em áreas de negócio: *Emissions, Thermal & Turbo Systems; Morse Systems; PowerDrive Systems e Transmissions Systems.*

3.2 BorgWarner Portugal

Nesta secção, será apresentada a BorgWarner Portugal.

3.2.1 Visão Histórica

A BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems Portugal, pertence à multinacional americana desde de julho de 2010, data em que a empresa foi adquirida pelo grupo. Até 2014 operava em instalações alugadas, em Valença do Minho. No entanto, com o constante crescimento da mesma, começou a justificar-se instalações próprias e de maior dimensão, acabando, em novembro de 2014, por inaugurar as novas instalações no parque empresarial de Lanheses, Viana do Castelo, conforme se verifica na Figura 6.



Figura 6 – Instalações da BorgWarner Emissions, Thermal and Turbo Systems Portugal

3.2.2 Tipologia de Produtos

A BorgWarner Portugal é responsável pela produção de um diverso leque de produtos responsáveis pela redução da emissão de gases tóxicos para o ambiente, tais como:

- Sistemas *Exhaust Gas Recirculation* (EGR): Coolers EGR, Tubos EGR, Válvulas EGR e Módulos
- E-booster
- Tubos de água e óleo
- Módulos de controlo para velas incandescentes

Tantos os sistemas EGR como os E-booster são responsáveis pelo reaproveitamento dos gases produzidos pelos motores, uma vez que permitem que esses mesmos gases sejam introduzidos novamente no motor, facilitando assim uma segunda utilização, e deste modo a redução de emissões para o meio ambiente, o que vai ao encontro aos ideais do grupo mencionado anteriormente no subcapítulo “Grupo BorgWarner” e, num ponto de vista mais voltado para o cliente, um menor consumo

do combustível. De entre a vasta lista de clientes, destacam-se BMW, Renault, Volvo, Mercedes, Jaguar, Range Rover e GM que utilizam produtos como os representados na Figura 7.

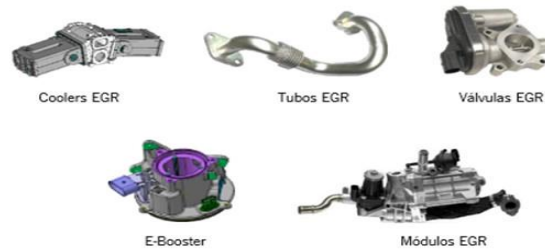


Figura 7 - Produtos Produzidos na BorgWarner Portugal

3.2.3 Organização da BorgWarner Portugal

Como referido anteriormente, em 2014, a BorgWarner Portugal inaugurou as suas novas instalações com cerca de 26 mil metros quadrados no parque empresarial de Lanheses, conforme planta representada na Figura 8. No entanto, sendo esta uma empresa que pensa não só no presente, mas também no futuro e, dado o crescimento que vive, a sua construção foi feita de forma modular para, caso se justifique uma eventual expansão da zona fabril, a mesma seja possível de uma forma mais económica e rápida.



Figura 8 - Planta da BorgWarner Portugal

No que reporta aos departamentos que suportam a manufatura, tem-se a considerar os seguintes: recursos humanos, informática, financeiro, engenharia, compras, logística e qualidade. Estes quatro últimos departamentos mencionados, estão mais focados na componente industrial, sendo responsáveis por todo o processo que acompanha o produto desde o seu projeto até ao momento que é entregue ao cliente. Por outras palavras, são eles que estão encarregues pelo desenho do produto e das peças, consoante os pedidos dos clientes, negociar com os mesmos e com os fornecedores, industrializar o processo, garantir a qualidade dos produtos e a documentação, e por fim, estruturar todo o processo de entrega ao cliente para que o produto chegue como e quando o cliente deseja.

Relativamente à área fabril, está dividida em armazém, montagem, fornos, fugado e eletrónica, sendo que esta última está separada das restantes, pois nesta zona são produzidos produtos eletrónicos e como tal necessita de um ambiente controlado. Na Figura 8, é possível identificar estas 5 zonas, estando o armazém identificado como *“warehouse”* e a montagem, fornos, fugado e eletrónica representados pelos números 1,2,3,4, respetivamente.

A disposição da montagem, fornos e fugado foi feita de forma estratégica, para que o processo produtivo fosse fluído, isto é que percorresse numa só direção. O processo produtivo inicia-se na zona onde se desenvolveu este projeto, a montagem. É na montagem onde a maioria das peças do produto são montadas e, seguidamente, passam para a zona dos fornos onde serão injetadas com uma pasta em zonas identificadas como possíveis zona de fuga e após passarem nos fornos solidificam e fazem a estancagem da peça. Posto isto, são enviadas para o fugado onde são montadas as últimas peças e é feito uma testagem que vá garantir que a peça está totalmente estancada. Finalmente, é armazenada e enviada para o cliente.

3.2.4 O ser humano e a sua segurança

Na BorgWarner, existe uma máxima que todos os colaboradores têm que seguir, independentemente do cargo que ocupam. Qualquer pessoa que frequenta as instalações da fábrica, tem que estar bem ciente que a prioridade máxima é a sua segurança e a dos outros. A empresa incute nos seus colaboradores uma cultura de prevenção de acidentes de trabalho.

Deste modo, quem frequenta o chão de fábrica tem que usar Equipamentos de proteção individual (EPI's) disponibilizados pela empresa, sendo constituídos por óculos de proteção, botas de biqueira de aço, roupa de trabalho ou batas e, no caso do armazém, o uso de colete ou roupas de alta visibilidade. Existem também dispensadores com protetores para os ouvidos, mas já fica à responsabilidade de cada

colaborador a sua utilização. Para finalizar, há ainda dispensadores com luvas, que são obrigatórias para quem deseja manusear peças e o tipo de luva depende do tipo de peça, operação e máquina. De salientar que existem operações que exigem a utilização de manguitos para a proteção dos braços.

Nos primeiros dez minutos de cada turno, os operários preenchem uma folha de verificação, de forma a garantir que estão reunidas todas condições de segurança, se o posto de trabalho está organizado com as devidas ferramentas e se estas estão aptas a ser utilizadas, prevenindo-se assim acidentes e percalços na produção.

Ainda, relacionado com as questões de segurança e prevenção de lesões em postos de trabalho, em que as operações são bastante repetitivas e sistemáticas, existe especial atenção às condições ergonómicas, havendo assim uma rotatividade de tarefas a cada duas horas. Com esta medida, procura-se que os operários alterem a posição em que desempenham a sua função, bem como o tipo de esforço, evitando desta forma algum tipo de lesão músculo-esquelética. Desta forma, os operários acabam por desenvolver outras competências, havendo também um aumento da polivalência e um maior conhecimento sobre o produto e o seu processo produtivo.

Facilmente se percebe que existe uma forte intenção de criar um ambiente de bem-estar e de segurança à volta da empresa. Deste modo, existe um espaço destinado a sugestões de melhoria, em que os colaboradores podem expor as suas ideias, e caso se justifiquem são aplicadas, sendo que em 2019 foram implementadas 210 melhorias, provenientes desse espaço. A empresa dispõe também de um enfermeiro, um médico, um fisioterapeuta e nutricionista ao dispor de todos, em horários pré-estabelecidos. Paralelamente, a empresa desenvolveu uma ação, “Vantagens BorgWarner”, que pretende dar mais algumas vantagens, como descontos em certas lojas, para além das vantagens do horário laboral.

Como foi dito anteriormente, todas as localizações do grupo têm um forte compromisso com a sociedade que as rodeia, como tal, existe o movimento “BorgWarner 4 All”, constituído por colaboradores que se voluntariam, com o único propósito de organizar ações que visam ajudar instituições através de eventos sociais.

4 DESCRIÇÃO E DIAGNÓSTICO DO ESTADO ATUAL

O presente capítulo tem como finalidade analisar e medir o estado atual da empresa, mais concretamente da máquina de soldadura de tubo INOX de perfil oval, onde este projeto foi desenvolvido. Ao longo do capítulo, será descrito o processo produtivo, as componentes que a referida máquina produz e os problemas que justificam a realização deste projeto.

4.1 Processo produtivo, layout e referências produzidas

A 7Y04 é uma linha de produção relativamente recente na BorgWarner Portugal, tendo começado a operar em agosto de 2016. Trabalha num regime de 3 turnos, manhã (das 6h às 14h), tarde (das 14h às 22h) e noite (das 22h às 6h), com a exceção do fim de semana em que não existe produção, salvo raras exceções. É constituída por duas máquinas, a primeira responsável por transformar bobine em chapa em tubo de perfil oval, sendo esta máquina o objeto desta dissertação, e uma segunda que corta o tubo, proveniente da primeira, em barras mais pequenas que irão ser utilizada nas linhas de montagens de *coolers*. Na Figura 9 está representado o layout da máquina de soldadura.

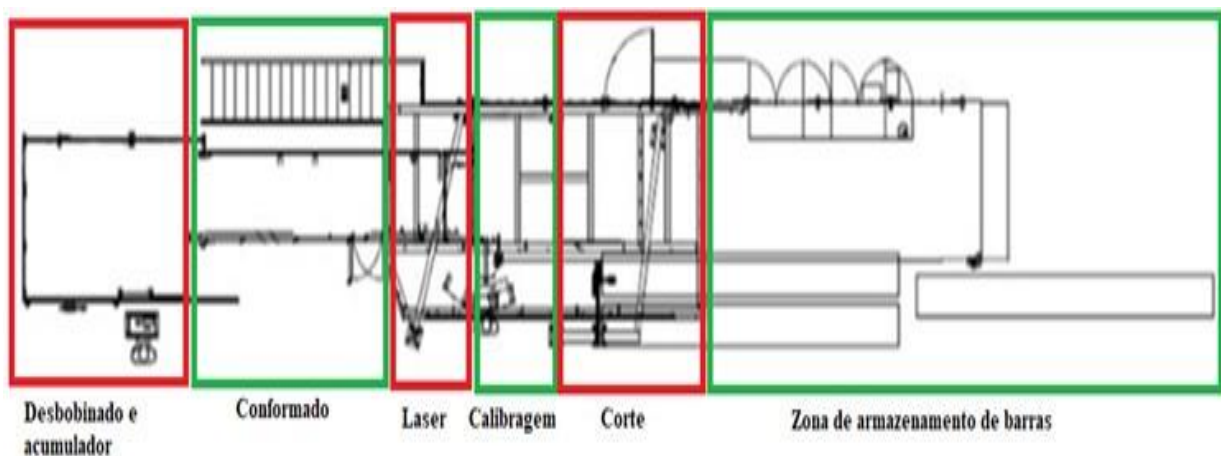


Figura 9 - Layout da máquina de Soldadura

Esta máquina produz de forma autónoma e tem um tempo de ciclo de 36 seg/peça, necessitando apenas de um colaborador responsável. Este está encarregue de supervisionar a produção, sendo que a qualquer altura pode ser necessário fazer ajustes no laser e na sua altura, nos rodilhos, que dão a forma correta à soldadura, e por fim na torção, na linearidade e na calibragem. Este colaborador tem, também, como função fazer os testes que garantem a qualidade do que está a ser produzido. Para além disso, é da sua

responsabilidade fazer as trocas de referências, algumas atividades de manutenção da máquina e os registos da produção.

Na Figura 10, está representada uma foto mais geral da máquina, sendo que o fluxo do produto ocorre da esquerda para a direita. Na parte superior da máquina encontram-se as componentes mais mecânicas da máquina, responsáveis pelo seu funcionamento, e também onde se acondicionam algumas ferramentas.



Figura 10 - Máquina de Soldadura

O processo produtivo inicia-se no desbobinador, com a respetiva bobine, anteriormente solicitada ao armazém e sendo colocada no desbobinador com o auxílio de uma grua. Posteriormente, a referida bobine passa por um acumulador e atravessa uma estação responsável por retirar eventuais sujidades da chapa e lubrificá-la. Estas 3 zonas da máquina são apresentadas na Figura 11a.

Na fase seguinte, existe a zona do conformado onde à medida que a bobine vai passando, vai adquirindo o perfil oval, entrando, de seguida, na câmara de soldadura a laser onde é soldada. Na Figura 11b e na Figura 11c é possível ver a zona do conformado e laser, respetivamente.

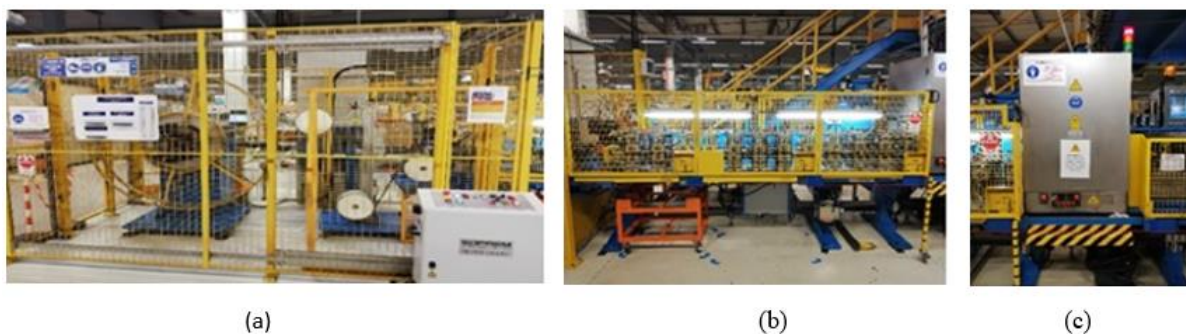


Figura 11 - (a) Desbobinador e Acumulador, (b) Zona do Conformado, (c) Câmara de Soldadura

De seguida, o tubo oval soldado será refrigerado, uma vez que esteve submetido a elevadas temperaturas no momento de soldadura e quando terminada sofre uma refrigeração e passa pelo teste designado Eddy Checker. Este teste é responsável por garantir que não há fugas na zona de soldadura e, quando

essas são detetadas, existe uma pistola de tinta apontada ao tubo que pinta a vermelho a zona de fuga e, simultaneamente, emite um sinal sonoro para alertar o operário.

Numa fase final do processo, o tubo é calibrado, evitando assim que saia com curvatura e torção, é cortado em barras de 6 metros e armazenado no contentor das barras válidas, caso o teste anterior não tenha detetado fugas no tubo. Caso contrário, é cortado em barras mais pequenas, consoante o local da fuga e enviado para o contentor da sucata. Nas Figura 12a e Figura 12b, estão representadas a zona de calibragem e corte, respetivamente.

Para finalizar, quando se realiza uma troca de bobine e uma troca de referência, corta-se metro e meio de tubo já soldado e faz-se a metalografia para confirmar se a soldadura tem a profundidade e o alinhamento desejado. Também são feitos testes mecânicos, que serão, posteriormente, explicados com maior detalhe. Dado que esta máquina é bastante sensível no que diz respeito aos seus parâmetros de soldadura, estes testes repetem-se a cada uma ou duas horas, dependendo se a referência é considerada de maior risco relativamente à produção de sucata ou não e, para além destes, o operário tem que controlar se o tubo está a sair alinhado e sem torção ao longo da produção. A Figura 12c mostra as barras armazenadas no contentor prontas para serem enviadas para a máquina de corte.

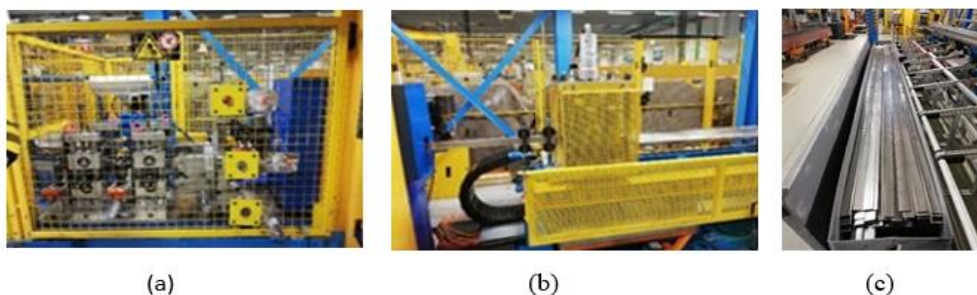


Figura 12 - (a) Zona de Calibragem, (b) Zona de Corte, (c) Contentor com Barras de 6m

De forma a controlar a produção, e como foi dito anteriormente, os operários preenchem uma folha de registos de produção bem como da sucata produzida, representados nos anexos 3 e 4, respetivamente. Quando o contentor estiver preenchido é enviado para a máquina de corte onde será cortado. Atualmente, são produzidas 12 referências diferentes, no entanto, por motivos de confidencialidade, daqui em diante, a essas referências irão ser atribuídas o nome de “REF 1” até “REF 12”. A mesma estratégia foi adotada para as ferramentas, que apesar de terem uma referência interna, ao longo da dissertação essas mesmas não irão corresponder à realidade. Voltando às referências produzidas, se se agrupar por ferramentas, como vai ser explicado mais à frente neste capítulo, só existem 7 trocas de referências diferentes, uma vez que existe partilhas de ferramentas entre algumas referências.

Para finalizar, as referências agrupam-se em dois grupos. O primeiro são as referências austeníticas que têm como matérias primas cromo e níquel, o segundo são as ferríticas onde a matéria prima é apenas cromo. Deste último grupo são apenas a REF 1, REF 5, REF 6 e REF 8. No processo produtivo o que difere, é a refrigeração do tubo pois o austenítico sofre refrigeração de ar e água e o ferrítico só de ar.

4.2 Análise crítica à situação e identificação de problemas

Nesta secção do capítulo 4, numa fase inicial irá ser abordado o tema do OEE e da sucata, onde serão analisados os dados relativos a estes dois temas.

Após isto, recorrendo ao auxílio de um diagrama de *Ishikawa* foram identificados os problemas responsáveis por os valores do OEE serem inferiores a 63% e da sucata serem superiores a 3%.

Já numa fase final do capítulo são apresentadas, de forma sintetizada, os problemas encontrados.

Antes de se iniciar e dado que se trata de uma única máquina é importante frisar que não é possível reduzir o tempo de ciclo, porque a máquina já trabalha à velocidade máxima recomendada.

4.2.1 Overall Equipment Effectiveness

O investigador iniciou o projeto reunindo os dados do OEE existentes na empresa, permitindo assim ter uma perceção mais geral do estado da linha antes de iniciar o projeto. Dado que se trata de uma linha bastante recente e que tem sofrido bastantes alterações e ações de melhoria, o investigador, apesar de ter reunido esses mesmos dados desde quando esta foi introduzida na fábrica, apresenta apenas os referentes aos anos de 2018 e 2019, pois foi nessas datas que os valores começaram a ter variações mais pequenas, explicadas pelas melhorias que foram implementadas e também o ganho de experiência por parte dos colaboradores com o equipamento, matéria prima e processo produtivo.

Através do gráfico da Figura 13, pode-se verificar que, de um modo geral, o valor do OEE tem vindo a aumentar e a própria empresa tem aumentado o seu valor objetivo. Contudo, nos meses de junho, julho, novembro e dezembro de 2019, existe uma descida que merece uma maior atenção. Nos dois primeiros meses mencionados, esta descida justifica-se por terem sido meses em que houve formação do pessoal com o intuito de alargar o leque de operários que reuniam competências para operarem a máquina de soldadura. Deste modo, esta formação consistia em colocar o operário menos experiente a trabalhar na máquina com a maior autonomia possível e, sempre que necessário, o operário recorria ao apoio de um colega com maior experiência. Este processo de formação acabou por se refletir numa descida do valor do OEE pois produziu-se menos peças válidas e maior quantidade de sucata. Relativamente ao mês de novembro, deve-se ao facto de nesse mês e no final de outubro, ter havido dias em que a máquina

passou os dias parada para uma limpeza a fundo dos úteis do conformado. Esta limpeza foi necessária pois no momento da troca de referência era notório a necessidade da limpeza dos úteis que iam ser utilizados. Por fim, no último mês do ano, o motivo que levou à descida do fator de desempenho foi a priorização por parte da equipa de manutenção. Por outras palavras, quando existiram problemas com a máquina de soldadura em simultâneo com outras máquinas e era necessária a equipa de manutenção, a máquina de soldadura não era a prioridade. Isto acontecia porque mesmo tendo a máquina problemas e não estando a produzir naquele período, os *Lead Times* dos clientes não estavam em risco. No entanto, o mesmo não acontecia com as outras máquinas e, como tal, a equipa de manutenção dava prioridade a essas máquinas. Consequência disto, esta acaba por ficar parada e o OEE acaba por sofrer uma quebra como no mês de novembro. Como estas paragens foram paragens não planeadas, o OEE desceu nesses meses.

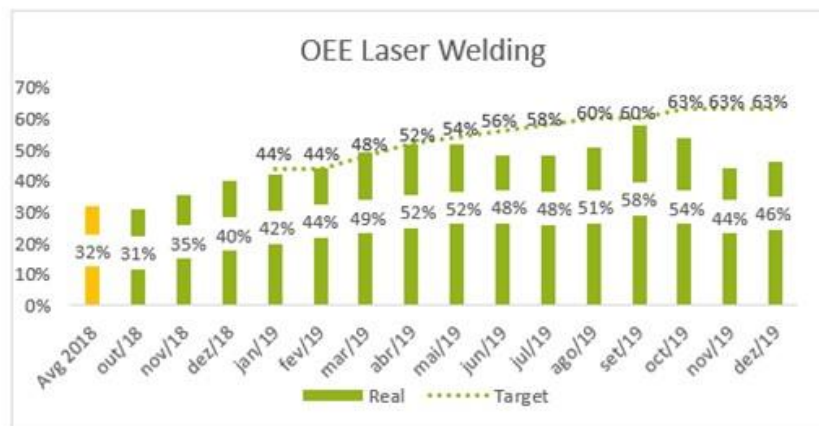


Figura 13 - Histórico do OEE

Indo mais ao cerne do problema, foi reunida a informação sobre as três componentes que permitem calcular o OEE (Figura 14) e concluiu-se que a pior componente é a disponibilidade, sendo que a qualidade e desempenho do produto encontram-se semelhantes. Dado que se trata de uma máquina, esta produz sempre a uma velocidade constante, como tal, as variações do desempenho justificam-se por pequenas avarias ocorridas, que são resolvidas em pouco tempo. No que diz respeito à qualidade, este valor já é considerado mais crítico, pois é desejado um aumento, dado os custos inerentes a este. Dado que este último está associado à sucata vai ser abordado de seguida.

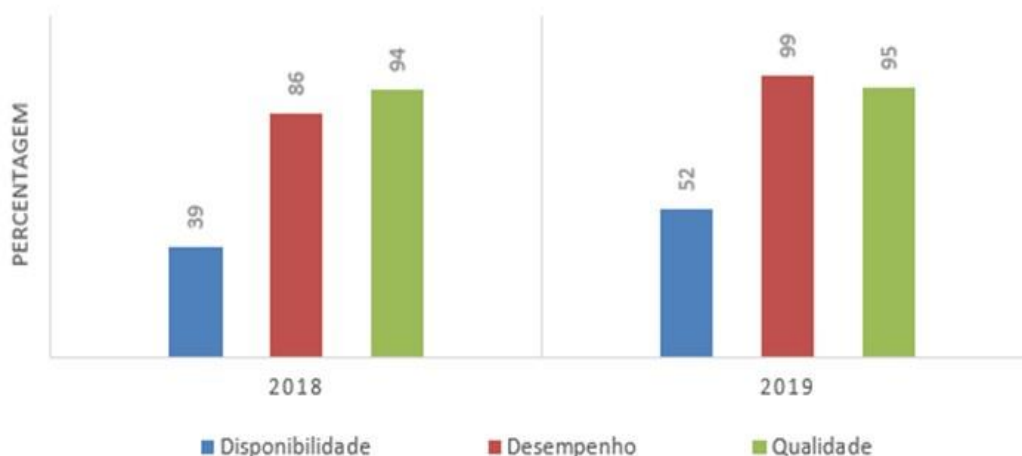


Figura 14 - OEE Discriminado

Concluindo, o investigador, a par da empresa, considerou que as componentes do OEE a melhorar, de uma forma prioritária, seria a disponibilidade e a qualidade.

No anexo 5 é apresentado um diagrama de *Ishikawa*, onde são identificadas as principais causas que levam a ter um OEE não desejado. Para a realização do diagrama, o investigador recorreu ao engenheiro responsável pela máquina de soldadura e aos operários que operam a mesma, permitindo assim identificar o maior número de causa possíveis.

4.2.2 Sucata

Relativamente à sucata, e sendo este um fator associado ao OEE, optou-se por abordar este tema de forma mais particular uma vez que é considerado crítico pela empresa. Sabendo que a média de sucata produzida em 2019 foi 4,58%, que representa cerca de 74 864 €, facilmente se percebe o porquê de esta variável ser considerada crítica, uma vez que o valor desejado para toda a fábrica é 0,5%.

Analisando o gráfico da Figura 15, é possível ver os valores mensais da sucata produzida ao longo do ano de 2019. Como se pode constatar, ainda existe alguma variação de mês para mês. No entanto, a partir do mês de junho os valores estão mais equilibrados e poderá começar a existir uma tendência a descer dado algumas das medidas já implementadas pela equipa de melhoria continua antes do início do presente projeto.

Dissecando um pouco mais os dados relativos à sucata, verificou-se que as referências que mais contribuem para este indicador no ano de 2019 foi a REF 3, REF 7 e REF 9, sendo que as duas primeiras com 27 683 € e a última com 18 266 €. O valor do REF 3 e REF 7 não aparece diferenciado pois uma vez que estas consomem o mesmo tipo de bobine, os dados são contabilizados juntos. Somando estes

valores, é possível verificar que estes três totalizam uma perda de 45 949 € o que representa 62% da sucata produzida. Estes valores são consequência do perfil destes tubos pois são bastante altos, finos e de menor espessura, acabando por se danificarem no momento do corte.

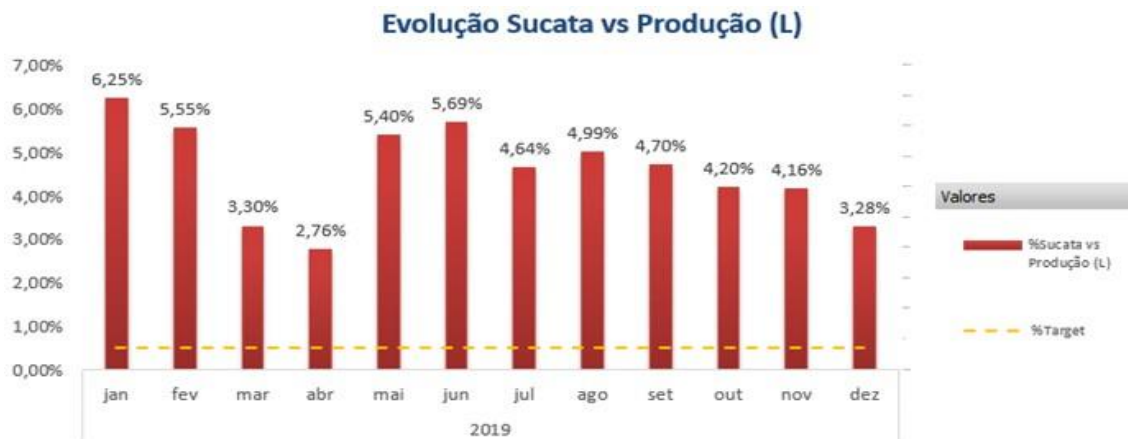


Figura 15 - Valores da sucata em 2019

Relativamente aos motivos de sucata, os operários sempre que produzem sucata registam a quantidade produzida e o motivo numa folha de registos (Anexo 4) que no final do turno entregam ao *Team Leader* (TL). Os motivos da origem da sucata estão divididos da seguinte maneira.

- Controlo de qualidade
- Arranque de máquina
- Má soldadura
- Cotas NOK
- Alinhamento/Torção
- Corte NOK
- Ajustes/Penetração
- Ajustes/Alinhamento
- Outros

Apesar de haver estes registos relativos à causa da sucata por parte da empresa, estes não foram usados com muita relevância por parte do investigador pois, quando abordou os operários, verificou que este processo de preenchimento do registo de sucata não era claro para eles, uma vez que a forma como os operários interpretavam a causa variava entre eles e, inclusive, o mesmo operário umas vezes indicava um motivo e outras vezes indicava outro, tornando estes valores não representativos para o estudo.

No entanto, existem outras causas que estão associadas à sucata e estão apresentadas no Diagrama de *Ishikawa* do anexo 6. Para realizar este diagrama, recorreu-se à estratégia usada para a elaboração do Diagrama de *Ishikawa* do OEE, onde se apelou ao conhecimento e experiência do engenheiro responsável pela máquina e dos operadores.

4.2.3 Análise dos principais problemas

Neste ponto, pretende-se analisar os problemas que levam a que os valores atuais não sejam os desejados.

4.2.3.1 Elevado tempo de troca de referência

Desde o momento em que o projeto foi apresentado ao investigador, estava já identificado que um dos motivos para o indicador disponibilidade estar tão baixo era o elevado tempo de troca de referências.

Deste modo, o investigador começou por assistir a algumas trocas de referências com o objetivo de primeiramente perceber o processo, pois as instruções de troca de referências encontradas pelo mesmo estavam bastante incompletas e desatualizadas e, numa segunda fase, recolher dados sobre a mesma. Antes de se explicar o processo de *Set-Up*, é importante frisar que sempre que se refere a úteis, refere-se a ferramentas que são mudadas na máquina e que diferem de referência para referência.

Todos os úteis desta linha estão distribuídos em carrinhos consoante a referência a utilizar havendo, assim, 7 carros de ferramentas. Este número reduzido de carros, em comparação com o número de referências que são produzidas, deve-se à partilha de úteis entre referências, isto é, cada carro de ferramentas dá para duas referências. No entanto existe exceções, como é o caso da REF 12 que não partilha ferramentas com mais nenhuma e da REF 9 que partilha ferramenta com a REF 10 e REF 11. Deste modo, nos casos em que existe partilha de úteis, o que difere é a matéria prima, parâmetros de soldadura e dimensões do tubo.

Explicando melhor o processo de troca de referência e de forma a facilitar a compreensão, pode-se agrupar este processo em 6 fases. No entanto, é de salientar que a ordem das fases não é obrigatoriamente a ordem que vai ser apresentada de seguida, com a exceção da fase dos Ajustes. Esta fase é obrigatoriamente a última, uma vez que exige que todos os úteis já tenham sido substituídos pelos da nova referência. Outro aspeto a salientar, é que não é necessário acabar uma fase do processo para começar outra, o operário pode alternando entre elas.

- Bobinador: nesta zona, o operário retira o cartão onde vinha enrolada a bobine usada na referência anterior ou no caso de a bobine não ter sido totalmente consumida, retira a bobine e coloca a da nova referência. São medidas as especificações da bobine, para garantir que esta

está dentro dos requisitos, como é o caso da largura, espessura e sabre e, seguidamente, são registados. A validação do sabre consiste em colocar duas bandas de bobine em paralelo e garantir que ao encostar não haja espaço entre as bandas, como é possível ver na Figura 16. Também é visto o lado da rebarba, que é o lado para onde fica o acabamento da bobine de forma a garantir que fique virado para cima no conformado, para que depois, quando o tubo já estiver soldado, o acabamento fique para o interior do tubo.



Figura 16 - Validação do sabre

- Conformado: retiram-se os blocos de conformado (Figura 17) e colocam-se os novos. São estes conformados que irão “conformar”, isto é, dar o perfil oval ao tubo consoante as especificações. Nesta fase, também se substitui a vareta de gás interna, que vai entrar no interior do tubo não permitindo que este oxide.



Figura 17 - Útil do conformado

- Laser: nesta zona, os rodilhos de guiamento e de soldadura são substituídos, e estes são responsáveis por garantir que a bobine passe com a zona que se pretende soldar perfeitamente

alinhada com o laser e à distância correta, para que depois não se tenha problemas com a soldadura. Na Figura 18, estão representados os úteis da zona do laser.



Figura 18 - Úteis laser

- Arrefecimento, Eddy Checker e calibragem: no que diz respeito a tempos de troca de referência, é a zona menos crítica sendo que destas três a mais problemática é a zona de arrefecimento. Começando por esta, apenas são trocadas as borrachas à entrada e saída desta zona, que têm a função de isolar o som deste arrefecimento e garantir que quando o tubo é austenítico, que exige um arrefecimento com ar e água, o tubo não sai molhado e, assim, garanta que entra no Eddy Checker seco. Relativamente a este, apenas são mudados os casquilhos e a sonda que são responsáveis por fazer esse teste. Por fim no calibrado, à semelhança do conformado, substitui-se um bloco que permite alinhar o tubo e também um dispositivo de torção que vai possibilitar ajustar a torção do mesmo. Estes úteis estão representados na Figura 19. Relativamente ao Eddy Checker, este exige que no momento em que se passa a bobine pelo mesmo, o operário tem que medir a altura da entrada e de saída do Eddy Checker para garantir que estas sejam iguais. Tal acontece, porque apesar deste ter um contador para ajustar a sua altura, este está obsoleto, e ao rodar a roldana de ajuste do contador roda em seco, não subindo nem descendo o Eddy checker, fazendo com que o valor do mostrador não esteja certo.

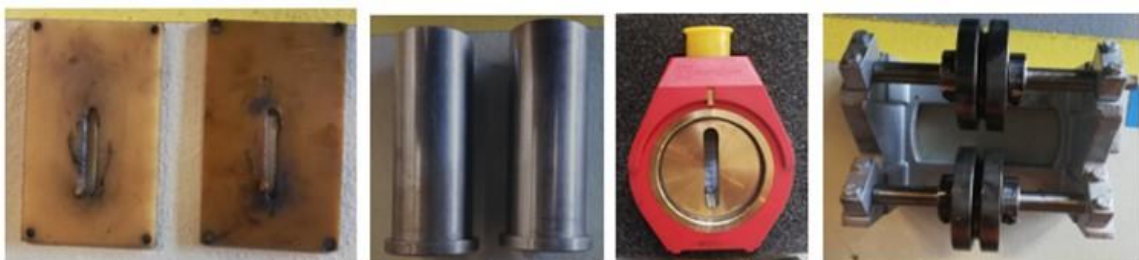


Figura 19 - Úteis de refrigeração, Eddy Checker e torção

- Corte: nesta zona, responsável pelo corte em barras de seis metros, são substituídas as mordças que garantem que a bobine está alinhada com a lâmina, que também é substituída e o pré corte, igualmente substituído. Este último, como o próprio nome diz, faz um pré corte no tubo para que posteriormente a lâmina entre nessa zona e faça um corte limpo sem esmagar o tubo. Esta é uma das zonas mais críticas no que diz respeito à produção de sucata, pois quando este sistema não está afinado, danifica o tubo. A Figura 20, representa os úteis de corte.



Figura 20 - Úteis de corte

- Ajustes: é a fase mais crítica no processo de troca de referência, pois exige uma forte sensibilidade do operário e um elevado conhecimento e experiência por parte do mesmo. Esta fase é a fase dos testes mecânicos e da metalografia, que como foi dito no subcapítulo 4.1, se realizam sempre na troca de referência e de bobine e ao longo da produção.

Esta fase inicia-se quando o operário começa a passar a bobine pela máquina e a soldar manualmente e termina quando sai a primeira peça ok.

O primeiro teste mecânico é o teste do abocardado onde primeiramente o tubo é expandido pela primeira vez e é necessário garantir que a soldadura não ficou em “v”. Seguidamente há uma segunda expansão, e este teste só é validado se a soldadura não rasgar e com o auxílio de um paquímetro é garantido que a expansão tem a largura mínima, consoante a referência. Para terminar os testes mecânicos, tem-se o teste do esmagamento, que como o nome diz, o tubo é esmagado e é verificado a ausência de fissuras no cordão de soldadura após este teste.

Seguidamente é feita a metalografia com o auxílio de um programa informático e de uma lupa específica para o propósito. Com a metalografia, pretende-se medir a espessura do tubo, altura do cordão de soldadura bem como a sua largura, raiz e desalinhamento. Por último, recorre-se a um paquímetro para medir a altura e largura externa do tubo.

Quando as amostras não passam num destes testes, existem várias causas que poderão estar na origem do tubo não estar válido e ser este, juntamente com o corte os responsáveis pela maior parte da sucata. Deste modo e dado que estes ajustes não estão normalizados, o tempo

associado a esta fase pode oscilar bastante, ao ponto de às vezes ser tudo à primeira e demora cerca de 37 minutos, como é o caso da observação que se vai analisar seguidamente, como pode durar um turno todo a tentar fazer ajustes, pois, segundo os operários, os ajustes são feitos por tentativa erro. No anexo 7, são dados exemplos de tubos OK e NOK, consoante o parâmetro medido.

Após analisado o processo anteriormente descrito, foi facilmente constatado que não existia um processo normalizado, isto é, a ordem das operações alterava de operário para operário ou, inclusive, o mesmo operário fazia numa das vezes de uma forma e noutras de outra e chegava a haver operações que eram feitas por uns e por outros não.

Tendo por base os tempos de referência registados entre setembro e janeiro, apresentados no anexo 8, calculou-se o número de observações mínimas necessárias aplicando a Equação 7. Sendo que a média do tempo total de *set-up* desse mesmo intervalo de tempo foi de 179,2 e um desvio padrão de 74,07, e utilizando um intervalo de confiança de 95%, +/- 5% de precisão e 1.96 para o valor do Z, aplicou-se a fórmula abaixo indicada. Deste cálculo obteve-se um número mínimo de observações de 266 observações. No entanto, apenas foram feitas cinco observações, primeiramente porque esse número é bastante elevado juntamente com o tempo de troca de referência e dado que a linha trabalha em três turnos, por vezes foi difícil acompanhar essas trocas. Esta dispersão de resultados que está na origem de um elevado número de observações deve-se ao facto de este processo ser bastante incerto no que diz respeito a operações de ajustes até sair a primeira peça OK, tal como foi explicado anteriormente.

Equação 7 - Cálculo do número mínimo de observações

$$N = \left(\frac{Z*s}{\epsilon*m} \right)^2 ; Z=1.96; \epsilon=0.05; s=74.5; m=179.2$$

Após observar algumas vezes o processo de troca de referência e recorrendo a uma filmagem deste mesmo processo, o investigador contruiu um diagrama de operações como mostra o anexo 9 e mediu o tempo de cada para posteriormente analisar. Posto isto, estas operações foram agrupadas em 5 grupos, segundo os critérios seguintes:

- Operação: todas as atividades que envolvam retirar e colocar úteis, matéria prima, apertos e proteções. Também neste leque está a limpeza de úteis, pedir ajuda a outro operário, colocar EPI's e fazer ajustes na máquina.
- Transporte: atividades associadas a transporte de matéria prima, produto final, ou transporte de úteis e ferramentas.

- Controlo: são as atividades que garantem que a matéria prima e os úteis estão em condições para que a troca de referência e a posterior produção ocorra dentro dos conformes, bem como os testes associados ao produto para verificar se os ajustes estão como os desejados e o produto final também.
- Espera: todo o tempo que o operário aguarda por outro colaborador, quer seja operário, técnico de manutenção ou *Team Leader*, para poder depois seguir com o processo de troca de referência.
- Armazenagem: atividade que envolve guardar úteis e ferramentas. Algumas destas atividades incluem também a limpeza, como é o caso dos úteis, pois dado os tempos curtos no momento da medição, facultou juntar as operações de limpar e guardar. Por sua vez, tempos de retirar sucata também estão aqui contabilizados. No entanto, não existe armazenagem de produto final porque é feita automaticamente pela máquina.

Com esta divisão, verifica-se que existem 101 atividades que são consideradas operações, 21 transporte, 30 controlo, 4 espera e 10 de armazém. Usando os tempos de uma troca de referência observada e agrupando esses tempos nos 5 grupos acima referidos, obteve-se o gráfico representado da Figura 21 que mostra a percentagem em termos de tempo de cada atividade nessa troca.

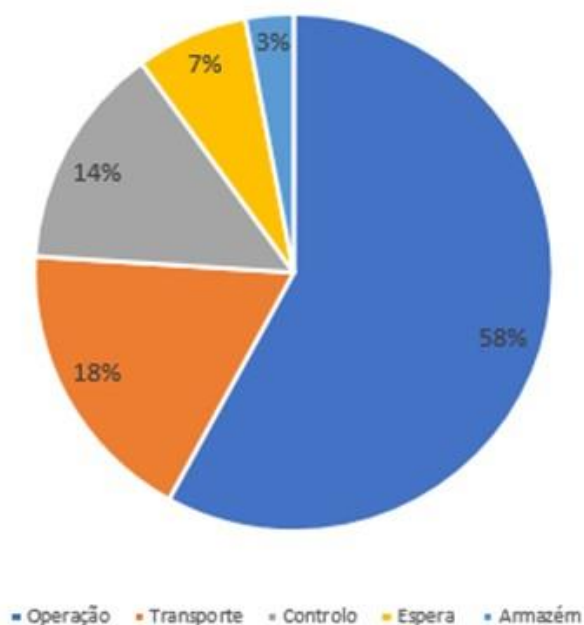


Figura 21 - Percentagem de cada tipo de atividade

Com este gráfico, facilmente verificamos que as operações são as que ocupam maior parte do tempo, cerca de 58% que corresponde a 101 minutos. Seguidamente e com percentagens ainda consideráveis o transporte com 18% e as atividades de controlo com 14% que correspondem a 31 e 23 minutos, respetivamente. Por fim, a espera com 12 minutos que se reflete no gráfico com 7% e as atividades de armazenagem com 3% derivado dos 6 minutos.

A troca acima retratada, é uma troca de REF 3 para REF 2 e foi realizada por um operário experiente, sendo que este é um fator importante neste processo. Este mesmo operário, realizou a troca de referência sozinho, tendo apenas ajuda nas operações de transporte de carrinhos dos úteis e no retirar e colocar os blocos de calibragem e conformado. Estas operações, por questões ergonómicas e de segurança, são exigidas pela empresa que sejam realizadas por dois operadores dado o elevado peso dos úteis.

No momento do preenchimento da folha de cálculo do OEE, que os *Team Leaders* preenchem diariamente, este tempo total aparece dividido em dois, sendo o primeiro denominado de “tempo de troca de referência” que corresponde às operações de tirar e colocar úteis até ao momento que a chapa de bobine atravessa a máquina e se dá início do processo de soldadura. O segundo, é o “tempo de *set-up*”, que é o tempo de ajuste, anteriormente mencionado, tempo desde do início da soldadura até ao momento em que sai a primeira peça OK incluído. Assim sendo, aplicando esta divisão, o tempo de troca de referência é de 2 horas e 18 min e o de *set up* de 34 min.

Contudo, como foi mencionado na secção 2.5.7, “tempo de troca de referência” e “tempo de *set-up*” representam, ambos, o intervalo de tempo desde do momento em que é interrompida a produção da referência que estava a ser produzida, até ao momento em que sai a primeira peça OK da nova referência. Deste modo, ao longo da dissertação, o investigador optou por usar a divisão de tempos da empresa, mas ao primeiro tempo denomina “tempo antes dos ajustes” e ao segundo “tempo de ajustes”. Assim sendo, sempre que é referido “tempo de troca de referência” e “tempo de *set-up*” está a ser mencionado o somatório do “tempo antes dos ajustes” com o “tempo de ajustes”.

Seguidamente, o investigador, tendo em conta as observações feitas, identificou as operações mais críticas no que diz respeito ao tempo despendido, estando na Tabela 2 representados os tempos médios medido nas trocas observadas dessas mesmas operações mais críticas.

Tabela 2 - Operações mais críticas

Atividade	Tempo médio
Tirar e colocar batentes do desbobinador	4min 07seg
Tirar parafusos do conformado e calibrado	3min 27seg
Colocar e apertar conformado e calibrado	5min 36seg
Tirar os 4 batentes e 4 rodilhos de soldadura	5min 22seg
Aspirar câmara do laser	2min 46seg
Levar carros de referência antiga, tapar e trazer os novos	6min 39seg
Colocar borrachas	2min 53seg
Colocar rodilhos de soldadura	2min 50 seg
Colocar 4 batentes do laser	7min 43 seg
Arrumar carros vazios	2min 29seg
Ajustar rodilhos e altura do cabeçal do laser	4min 56seg
Polir antes do ácido	3min 30seg
Esperar que o ácido atue	4min 33seg

Outra operação que, apesar de não se manifestar em termos de tempos como uma operação crítica mas que é penosa para os operários, é a verificação dos *cardans*, pois o local de encaixe de cada *cardan* no conformado varia de referência para referência. O que acontece, é que só é possível saber quais os que vão ser usados e os que não vão quando o conformado já está colocado na máquina. Deste modo, e como mostra a Figura 22 os operários têm que retirar e colocá-los na máquina com o conformado entre eles, tornado a operação mais difícil.



Figura 22 - Operação de retirar e colocar cardans na máquina

Posto isto também foi calculado o tempo médio despendido em limpezas, esperas e procura/buscar/arrumar de ferramentas/úteis das observações feitas.

- Tempo médio em limpezas – 13 minutos
- Tempo médio de esperas – 10 min
- Tempo médio de procura/buscar/arrumar de ferramentas/úteis – 15 min

Relativamente a movimentações, com o auxílio de um telemóvel foi monitorizada a distância percorrida pelo operário numa das trocas de referência, tendo este percorrido 4.29 quilómetros durante o *Set-Up*. Elaborou-se, também, um diagrama de *spaghetti* como mostra o anexo 10, onde está representado a traço azul, vermelho, verde e cinzento, movimentações de operações, trazer e arrumar carros de úteis, ir buscar ferramentas e ir pedir ajuda, respetivamente.

No mesmo diagrama, é possível verificar o excesso de movimentos para ir buscar úteis quando estes faltam nos carros ou ferramentas. Relativamente às ferramentas, estudando a situação que o operário está mais longe do local onde são guardadas, este gasta cerca de 30 segundos para se deslocar da zona do desbobinador ao pilar, local onde estavam armazenadas as ferramentas e voltar ao local onde estava a realizar as operações. Outro tipo de deslocações deve-se ao facto de este por vezes deixar as ferramentas numa zona da máquina, entretanto, vai fazer a troca de úteis para outra e tem que ir a essa zona para ir buscar as ferramentas que necessita. Deste modo, pretende-se reduzir os movimentos existentes, principalmente aqueles que não estão associados a operações.

Os movimentos que estão associados a ir buscar úteis deve-se ao facto de haver partilha destes. Acontecia por vezes com as lâminas, em que os operários, quando a lâmina já não estava em condições de ser utilizada, iam buscar a outro carro de ferramentas uma semelhante. Esta era a estratégia usada para evitar perdas de tempo em ir aos *spares*, nome dado ao armazém onde se encontravam todo o tipo de ferramentas e úteis associados à produção. Por outro lado, mais tarde, quando se fosse usar a referência onde se foi buscar a lâmina, esta não estava lá e o operário teria que ir procurar nos restantes carrinhos. Nos piores cenários, e consequência desta partilha de úteis, por vezes, já não havia na linha lâminas semelhantes e, para agravar este tempo de ir buscar lâminas, o operário teria que chamar a manutenção para ir aos *spares* pedir uma lâmina. Este último caso, foi registado em duas observações, em que se assinalou um tempo de 9 minutos e noutra 7 até a lâmina chegar à linha. É essencial realçar que a operação de ir pedir a um técnico para ir buscar uma lâmina aos *spares* terá que existir sempre, pois só estes é que estão autorizados a fazer o levantamento de úteis e ferramentas nos *spares*.

Este mesmo problema ocorre com as borrachas. Contrariamente ao caso das lâminas em que havia stock de lâminas na fábrica, o mesmo não acontece com as borrachas. Deste modo, à medida que as

borrachhas se tornam obsoletas e sem condições de serem utilizadas, são colocadas no lixo e não substituídas. Com isto, começou a haver partilha de borrachas entre referências semelhantes, originando o problema de não se saber em que carro estão, obrigando o operário a procurar as borrachas.

Outra operação que também se revelou por vezes crítica foi a passagem dos blocos de conformados e calibrados para a máquina e vice-versa. Estes são arrastados para a máquina ou carrinho e o único auxílio para ajudar nesta operação é a lubrificação da mesa da máquina e os rolos que se encontram no carro, como mostra a Figura 23. Acontece que por vezes os blocos não entram na máquina, com um movimento de empurrar para a frente ou já dentro dos carros têm que ser movidos lateralmente para haver espaço para outro bloco.



Figura 23 - Rolos dos carros de úteis

4.2.3.2 Desorganização e falta de gestão visual

Começando pela organização, era visível a falta da mesma, não na linha em si, mas nos carros dos úteis. Nestes facilmente foram encontrados úteis em mau estado e, em alguns casos, havia falta dos mesmos. Relativamente aos úteis obsoletos, os operários mais experientes conseguiam facilmente distinguir se um útil estava em boas condições ou não. No entanto, para os operários menos experientes por vezes era mais duvidoso, acabando por utilizar o útil e depois terem que substituir. Esta situação deve-se à falta de normalização e informação para distinguir um útil em bom estado de um em mau estado e, nos casos em que estes estavam em mau estado, os que podem ser reparados dos que não. Outra lacuna encontrada foi o facto de não existir um processo definido, de como o colaborador agiria nestas situações em que o útil estava obsoleto, originando o acumular desses mesmos úteis.

A falta de úteis explica-se por estes, como foi dito anteriormente, ficarem obsoletos e como não eram reparados ou substituídos por novos, quando era necessário, usavam-se os úteis de outras referências. Consequência desta situação, é que os úteis deixavam de estar no seu carro de origem e quando

necessário os operários tinham que procurar nos outros carros. Sempre que esta situação ocorria, o operário teria que percorrer em média mais 96 metros o que se refletia, em média, em mais 1 minuto e 26 segundos no tempo de troca de referência. Havia situações em que úteis eram comuns a várias referências, originando movimentos de procura desnecessários.

Outro aspeto negativo que esta partilha encadeava, era que os úteis apesar de semelhantes não eram iguais sendo uma das causas para a produção de sucata.

Por fim, também associado à desorganização, podia-se encontrar lixo nos carros, não havia um local concreto para a colocação dos úteis, especialmente dos mais pequenos (Figura 24) e os úteis não estavam limpos.



Figura 24 - Caixa de úteis

No que diz respeito à gestão visual, e relacionado com a não existência de um lugar específico e apropriado para os úteis mais pequenos, estes ao serem armazenados numa caixa, não era de percepção rápida e fácil a falta de algum, levando a que só na altura em que esse fosse necessário é que se dava pela falta dele. Por outro lado, este modo de armazenar os úteis, também facilitava o acumular dos mesmos.

Em relação à identificação dos carros, havia carros identificados e outros não, bem como os toldos usados para proteger os úteis quando estão armazenados. No entanto, no ponto de vista do investigador, a identificação dos toldos falha no aspeto da gestão visual, pois a cada referência está associada uma cor e estas não são respeitadas na identificação dos carros. Outro aspeto importante, é que cada referência possui dois carros de dimensões diferentes e consequentemente dois toldos diferentes, sendo cada toldo específico de cada carro dentro da mesma referência. No entanto, estes não estão identificados originando a que, por vezes, durante a troca de referência se perca tempo a por o toldo no carro errado, sendo que quando é o toldo grande no carro pequeno em primeiro lugar, os operários só percebem quando forem colocar o toldo pequeno no carro grande. Estas trocas, em média, geram uma

perda de 58 segundos no processo. Na Figura 25 é possível ver a identificação que existe em alguns carros.



Figura 25 - Identificação dos carros de úteis

Nos úteis dos testes mecânicos, existem 12 úteis que não são usados atualmente por nenhuma referência e, como é possível ver na Figura 26, apesar de rasurado a vermelho para que não se veja o nome dos clientes em questão, os operários, por iniciativa própria, já começaram a identificar o local de cada útil, sendo um sinal visível de que falta essa identificação para os restantes úteis.

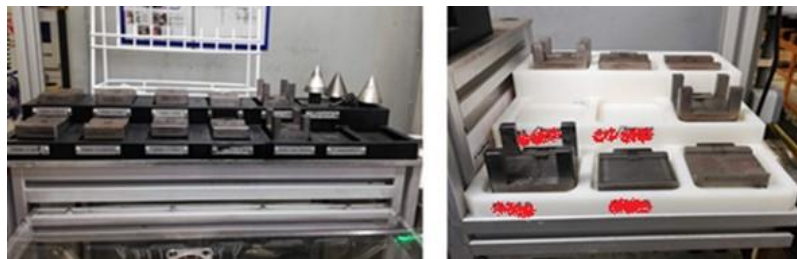


Figura 26 - Úteis de testes mecânicos

Na Figura 27 estão, por sua vez, representados os úteis usados na máquina de corte de amostras, que não estão identificados, levando a que por vezes o operário coloque o útil errado na máquina e só repare no momento de cortar a amostra, provocando um atraso de cerca de 1 minuto, uma vez que tem que trocar 3 úteis.



Figura 27 - Úteis da máquina de corte de amostras

Esta auditoria consiste em preencher uma folha em Excel como mostra o anexo 11. Este documento, está dividido nos 5 “S’s” e para cada um apresenta um critério de avaliação. Perante isso, o auditor à medida que vai lendo o critério, coloca o número de não conformidades encontradas e consoante esse critério, automaticamente surge uma escala de péssimo a excelente, como mostra Tabela 3 e posteriormente um gráfico com o resumo de cada “S”.

Tabela 3 - Critério de classificação

Nº de não conformes	Avaliação
0	Excelente
1	Bom
2-3	Razoável
4-5	Mau
+5	Péssimo

Após a realização desta auditoria obteve-se uma avaliação de 53%. Este resultado, reflete um pouco os problemas mencionados anteriormente, como falta de locais específicos para armazenar as ferramentas, que permita de uma forma fácil perceber se falta algum útil, o excesso de úteis e de lixo e por vezes a falta de identificação. No gráfico de barras (Figura 28), é possível concluir que a Triagem e Arrumação são os mais críticos, tendo, respetivamente, uma avaliação de 2 e 8, sendo que o máxima para cada “S” é 20.

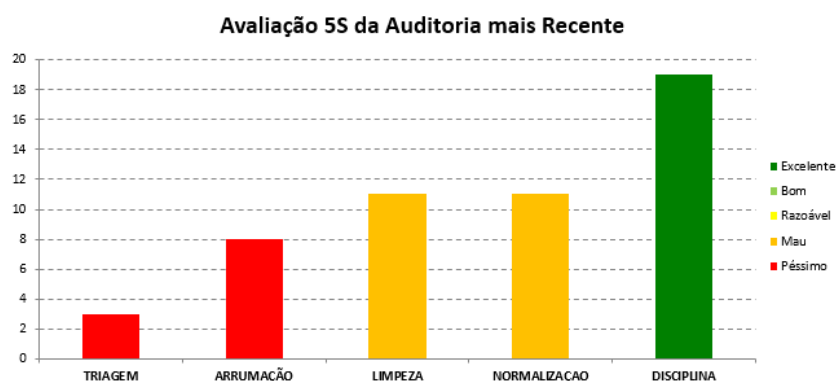


Figura 28 - Resultados da primeira auditoria 5S

Contudo, comparando a “Disciplina” com os restantes 4S, verifica-se uma grande disparidade de valores, podendo ser um indicio de uma lacuna neste modelo de auditoria 5S.

Finalmente, e com intuito de medir toda esta situação, e para no futuro se ter um termo de comparação do antes e do depois, foi realizada uma auditoria 5’s, usada pela empresa para avaliar as linhas no que

diz respeito à sua limpeza e organização. Apesar da empresa realizar auditorias 5S mensalmente, dado que os carros dos úteis não estavam guardados na linha, estes eram esquecidos, refletindo-se nesta avaliação atual.

Outro aspecto importante relacionado com este tema, foi o número de parâmetros encontrados no computador da máquina. Quando o operário acaba a troca de referência, este tem que ir ao computador do Eddy Checker e mudar também os parâmetros da referência. No entanto lá encontram-se referências que já não são produzidas. Quando os operários mudam o parâmetro no computador, o que este faz é programar automaticamente a potência do laser para a que foi aplicada da última vez que se produziu a referência em questão, bem como, se a refrigeração será apenas com ar ou se também envolverá água, dependendo se é ferrítica ou austenítica, tal como foi explicado no subcapítulo 4.1. No entanto, nesta lista de referências existem 17 que já não são produzidas. Outro aspecto é que esta lista não tem o nome das referências, mas sim as dimensões como mostra a Figura 29, que se refere à REF 9, o que obriga os operários a irem consultar uma tabela que existe na linha, onde está associado ao nome da referência a sua dimensão.

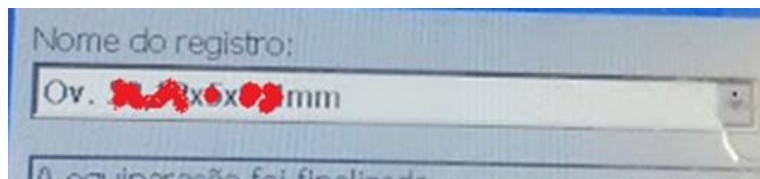


Figura 29 - Identificação da REF 9 no computador dos parâmetro

4.2.3.3 Falha de comunicação

Apesar de se realizarem reuniões antes do início de turno, onde é passada a informação de turno para turno dos TL's para a restante equipa, a informação referente à referência que estava a ser produzida, a futura e as suas quantidades, na visão da equipa envolvida neste projeto, tem que ser mais clara, pois não há na zona de trabalho um local com essa informação.

Deste modo, esta informação por vezes só é passada aos colaboradores momentos antes da troca, sendo este um dos motivos por não haver uma preparação e verificação por parte dos operários aos úteis que vão ser usados.

Outra falha de comunicação encontrada foi entre os operários e a equipa de manutenção. Há certas tarefas que as equipas de manutenção destacadas para as linhas não estão destinadas a fazer, mas sim uma equipa de manutenção que se encontra na oficina, sendo com estes últimos que a comunicação acaba por falhar. Esta falta de comunicação é denotada essencialmente com a quantidade de úteis obsoletos que se encontrou nos carros de manutenção, pois aliado à falta de informação/conhecimento

por vezes de alguns operários, não está definida uma estratégia de comunicação entre as duas equipas. Esta falha de comunicação leva a que os operários deixem os úteis nos carros, sem comunicar à manutenção, originando a sua acumulação. Isto, conjugado com uma falta de processo de verificação de úteis, leva a que os úteis não sejam reparados e sejam enviados de imediato para o lixo ou deixados nos carros. A Tabela 4 mostra o histórico dos gastos, em 2019, de lâminas e mordças, úteis estes que podem ser reparados.

Tabela 4 - Consumo de lâminas e mordças em 2019

	Referência	Quantidade gasta	€
Lâminas	RA	95	15 585 €
	RB	4	1 680 €
	RC	6	2 520 €
	RD	1	420 €
	RE	3	1 260 €
	Total	109	21 465 €
Mordças	RF	2	1 700 €
	RG	3	2 500 €
	RH	2	1 700 €
	RI	2	1 700 €
	RJ	1	850 €
	RK	1	850 €
	RL	1	850 €
	RM	1	850 €
	RN	1	820 €
	RO	1	850 €
	RP	1	820 €
	RQ	1	850 €
	Total	17	14 390 €

4.2.3.4 Abastecimento de água na zona de refrigeração

Na zona de refrigeração, existe um reservatório de água onde é armazenada a água utilizada para refrigerar o tubo, ajudando o mesmo a adquirir a camada passivante mais cedo, camada esta responsável por dar a característica inoxidável ao tubo. No entanto, acontece que este reservatório tem que ser abastecido manualmente pelos operários, mas dado que não existe nenhum indicador/alerta nem abastecimento automático esta operação é esquecida e, quando o reservatório fica vazio, a máquina para automaticamente a produção. Em relação ao tempo perdido, desde a interrupção da máquina até que se inicie a produção novamente, demora, em média, cerca de dois minutos e meio. No entanto, se se abordar o tema sucata, o valor é bem mais crítico. Considerando que esta linha trabalha 5 dias por semana e os dados que são apresentados de seguida, obtém-se um custo anual de sucata a rondar o 9 690€.

- Sucata: 3 metros (comprimento médio do que estava a produzir) mais 6,5 metros de arranque;
- Turnos: 3;
- Nº vezes por turno: 1;
- Metros total anual: 6 840 metros (1 140 barras);
- Preço da barra já soldada: 8,50€;
- Custo anual estimado: 9 690€.

4.2.3.5 Zona de corte

O setor de corte, representado na Figura 30, é constituído por mordanças que são responsáveis por garantir o posicionamento do tubo, pré-corte que abre um orifício no tubo para depois a lâmina num movimento descendente e ascendente cortar o tubo.

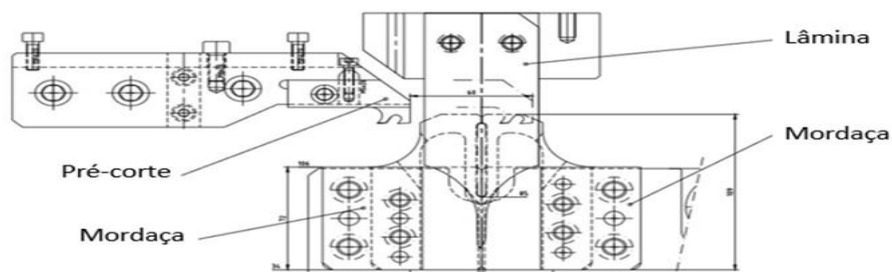


Figura 30 - Sistema de corte

Acontece que dado à velocidade que a lâmina passa no tubo, esta acaba por ganhar temperatura e algumas limalhas provenientes de cortes anteriores vão ficando soldadas à lamina, acompanhando assim o movimento da lâmina à posição inicial.

Isto leva a que por vezes estas limalhas se acumulem entre as mordças e, o tubo ao entrar nas mordças encontra as limalhas e não passa. Consequentemente, como a máquina não interrompe automaticamente a produção, o tubo vai acumulando nessa zona criando "concertinas". Juntamente a isto tem-se a distância das mordças, que não estão perfeitamente ajustadas ao tubo e à lamina permitindo assim que as limalhas subam com a lâmina.

Entre 14 de fevereiro e 10 de março do presente ano, registaram-se 28 concertinas com um total de 95 metros de tubo soldado para sucata. Se a este valor se somar o valor de 6,5 metros associado ao arranque de máquina obtêm-se um total a rondar os 277 metros, que representa 46 barras. Tendo em conta que cada barra de 6 metros, após soldada, sai com um custo médio de 8,50 € obtêm-se um valor de sucata de 391€ só neste curto intervalo de tempo, que no final do ano representa cerca de 4 692 €. Na Figura 31, está representado o exemplo de uma concertina.



Figura 31 - Exemplo de uma "concertina"

Outros problemas associados ao corte é a altura do pré-corte, pois quando não está na altura exata, altura esta não normalizada, danifica o tubo. O uso de lâminas obsoletas danifica igualmente o tubo, quando utilizadas e, por fim, quando as mordças não estão à distância correta, o tubo não entra alinhado com a lâmina e ao cortar não faz um corte limpo. Estes problemas, no mesmo espaço de tempo anteriormente referido, resultaram em 219 metros de sucata que se traduz em 306€ que ao fim do ano pode rondar os 3 672€, não estando contabilizados nestes valores o arranque da máquina.

Outro problema que se encontrou, foi que quando o comprimento do tubo de sucata era inferior a cerca de 1,5 metros, este cai entre o espaçamento que existe no tapete (Figura 32) ficando na vertical, e por

vezes ultrapassa a barreira de segurança o que provocava a interrupção da produção. Nestes casos, o tipo de sucata que está associado é a de arranque de máquina. Usando como datas de estudo, mais uma vez, os dias entre 14 de fevereiro e 10 de março, este acontecimento registou-se 13 vezes o que resulta em 84,5 metros de arranque que no final do ano significa uma perda em sucata no valor de 1428€.



Figura 32 - Tapete atual

Por fim, é notório que no momento de se realizarem os testes mecânicos, o tamanho da amostra de tubo, 1,5 metros, é excessivamente grande. Tendo como exemplo o ano de 2019, ano este em que se realizaram 2 578 metalografias, significa que foram para a sucata 3 867 metros o que em barras representa 644 unidades. Sendo que esta barra sai com um preço de 8,50€, em 2019 produziu-se 5 474€ de sucata só para fazer os testes mecânicos e metalografias.

4.2.3.6 Ergonomia e segurança

Relativamente ao transporte manual de cargas, a operação de retirar e colocar a grade de proteção da zona de refrigeração e calibrado (Figura 33) revelou-se crítica nesse aspeto, após aplicada aos dois momentos a equação de *NIOSH'91*, mencionada no capítulo 2, como mostram os anexos 12 e 13, respetivamente. Deste modo, obteve-se que o PLR para retirar e colocar a rede seria de 9,32 Kg e 10,64 Kg, respetivamente. Sendo que o peso das proteções é de 13 Kg, este é um fator de risco para os operários pois dividindo o peso atual pelo PLR de cada momento obtemos um IE de 1,4 e 1,2.



Figura 33 - Momento de retirar grade de proteção

No que reporta à segurança foram identificados dois problemas, os dois relativos à bobine. O primeiro deve-se ao facto de esta ser colocada numa palete na zona destinada à passagem de operários (Figura 34) havendo o risco dos colaboradores baterem com a zona da canela na bobine ou na palete. O segundo deve-se ao facto de a bobine não poder ser colocada na cinta da grua antes de se parar a máquina, uma vez que por questões de segurança não pode ficar suspensa em zona de passagem de pessoal.

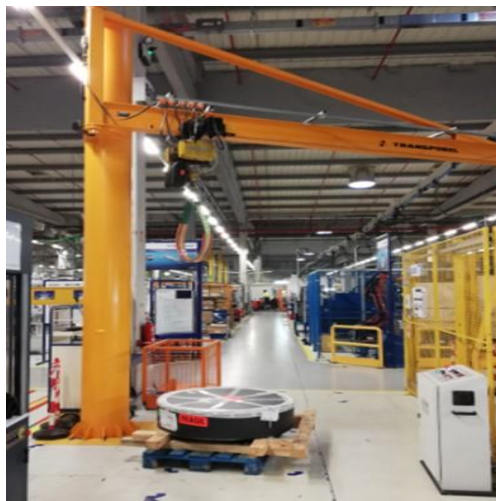


Figura 34 - Bobine colocada na zona de passagem de pessoal

4.2.4 Síntese de problemas identificados

Neste campo, pretende-se reunir os problemas encontrados de uma forma sintetizada, bem como os impactos que estes podem ter.

Tabela 5 - Síntese de problemas identificados

Problema	Causa	Consequência
Preenchimento da folha de sucata não normalizado.	Processo não normalizado.	Os dados não correspondem à realidade sendo difícil tirar conclusões válidas a partir deles.
	Falta de formação.	
Tempo de troca de referência elevado.	Processo não normalizado.	Redução da disponibilidade do equipamento.
	Falta de apertos rápidos.	
	Existência de operações que são realizadas com a máquina parada e que podem ser feitas com a mesma a trabalhar.	
	Falta de organização e gestão visual.	
Elevada sucata.	Falha de comunicação entre operários e equipa de manutenção ou equipa de planeamento de produção.	Elevada produção de sucata e redução da disponibilidade do equipamento.
	Úteis obsoletos.	
	Processo de ajustes não normalizado.	
	Falta de um processo normalizado na verificação de úteis.	
Falta de organização e de gestão visual.	Falta de automatização e <i>poka-yoke</i> .	Perda de tempo na procura/arrumação dos úteis.
	Auditoria 5S não abrangia a linha toda.	
	Falta de locais apropriados para arrumação de úteis.	
	Falta de identificações.	
Falta de comunicação com equipa de manutenção.	Falta de comunicação com equipa de manutenção.	Acumular de úteis NOK e gastos desnecessários.
Ergonomia	Material com excesso de peso.	Possíveis lesões musculoesqueléticas.
Segurança	Falta de sinalização/proteção de zona de perigo	Lesão ou acidente

5 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo, serão abordadas as propostas de melhoria estudadas e aplicadas, com o objetivo de combater os problemas encontrados.

Nesta fase do projeto e até ao final, foi aplicada a metodologia PDCA, onde semanalmente o investigador se reunia com a restante equipa, eram apresentadas propostas de melhoria bem como, as tarefas que cada membro da equipa iria fazer durante essa mesma semana, e era avaliado o estado das tarefas das semanas anteriores, o resultado e, caso necessário, estudado novas propostas.

Antes de se dar início a este capítulo, apresenta-se na Tabela 6 o mapa 5W2H onde estão resumidas as propostas de melhoria estudadas.

Tabela 6 - 5W2H das propostas de melhoria

What?	Why?	How?	Who?	Where?	When?	How much?
Aplicação 5S e Gestão Visual	Desorganização	Organizar úteis em caixas com os perfis dos mesmos. Limpeza e remoção de lixo e úteis não ok. Identificação com nomes e cores	João Novais / Equipa de melhoria contínua/ operários/ manutenção	Linha 7Y04 (Laser)	Novembro 2019 – Dezembro 2019	-
	Existência de úteis NOK e lixo					
	Falta de identificações					
SMED	Elevado tempo de troca de referência	Passagem de operações internas para externas. Normalização de processos. Racionalização de operações	João Novais / Equipa de melhoria contínua/ operários/ manutenção	Linha 7Y04 (Laser)	Novembro 2019 – Junho 2020	2 431,92 € + aguardar orçamentos dos fornecedores
Medidas para a redução da sucata produzida	Percentagem de sucata produzida superior ao desejado	Automatização. <i>Poka-Yokes.</i> Redução das barras de testes.	João Novais / Equipa de melhoria contínua/ operários/ manutenção	Linha 7Y04 (Laser)	Janeiro 2019 – Junho 2020	aguardar orçamentos dos fornecedores
Ergonomia	Risco de lesões músculo-esqueléticas	Excesso de peso	João Novais / Equipa de melhoria contínua	Linha 7Y04 (Laser)	Janeiro 2019 – Junho 2020	aguardar orçamentos dos fornecedores

5.1 Implementação de 5S e gestão visual

Como foi mencionado no capítulo 4, um dos problemas que mais se sobressaiu no primeiro momento de contacto com a linha foi a falta de organização presente nos carros de úteis. Deste modo, e de forma a resolver esta situação aplicou-se a metodologia 5S e em simultâneo a técnica da gestão visual.

5.1.1 Separação dos úteis

Para dar início à primeira fase dos 5S, começou-se por reunir, com o auxílio de um operário e um técnico de manutenção, todos os úteis e ferramentas em excesso na linha (Figura 35a) e procedeu-se à separação dos úteis em sucata (Figura 35b) para reparação (Figura 35c) e novos (Figura 35d).

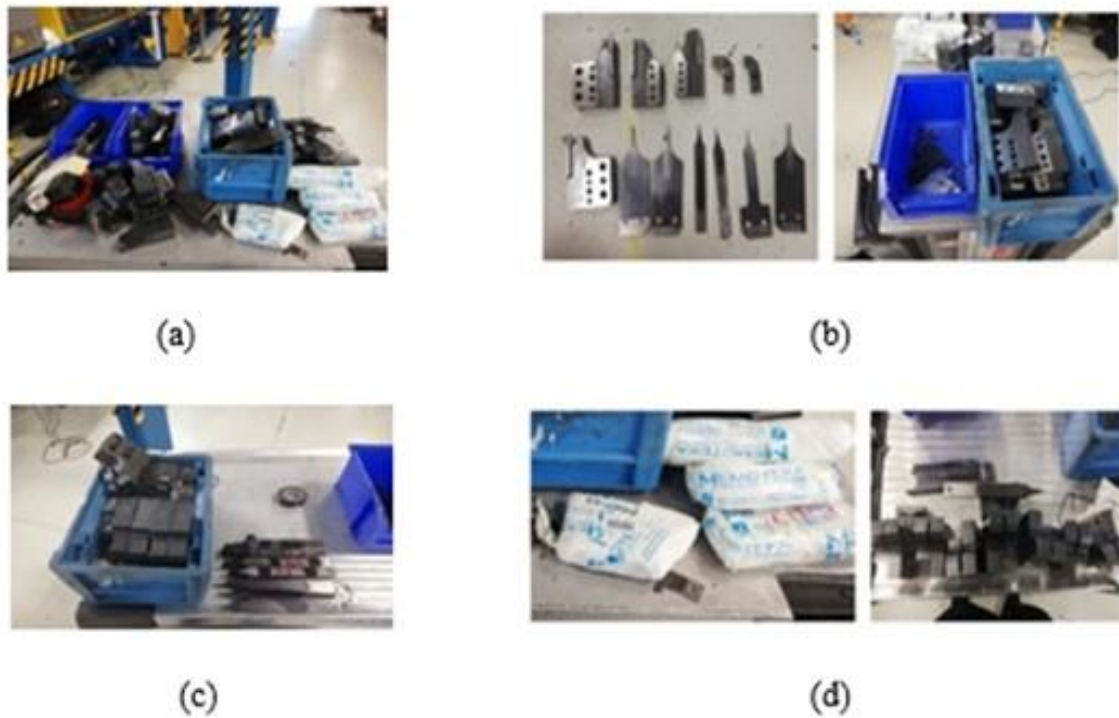


Figura 35 - (a) Úteis encontrados, (b) Úteis para sucata, (c) Úteis para reparação, (d) Úteis novos

Posto isto, foram enviados para reparar 4 conjuntos de mordças. Sete novos conjuntos de mordças, juntamente com 2 pré-cortes novos, foram colocados numa zona destinada sem ser nos carros, e os restantes foram para o lixo. Relativamente às lâminas, estas pertenciam a outra linha e foram enviadas para lá. Também foi removido do carrinho todo o lixo encontrado.

5.1.2 Arrumação e gestão visual

Nesta fase, a segunda dos 5S, foram criados espaços próprios para arrumar os úteis mais pequenos de forma mais organizada e ao mesmo tempo que permitisse de uma forma mais visual identificar se falta ou não algum útil. Com isto, evita-se que se acumulem úteis nos carros, dado que cada espaço só tem capacidade para um útil. Na Figura 36 está representado a arrumação dos úteis após aplicado os 5S.



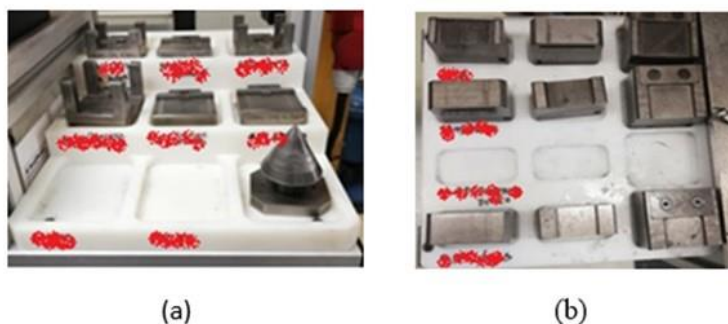
Figura 36 - Método de arrumação depois dos 5S

O mesmo foi aplicado nas ferramentas que se encontravam num pilar que, apesar de ter as sombras para marcar a zona de cada uma, estas não eram por vezes respeitadas. Deste modo, as ferramentas passaram para um carro próprio, que permite que cada ferramenta seja arrumada no sítio adequado como mostra a Figura 37. Esta ação também nos levará a ter mais benefícios que serão apresentados na subsecção 5.2.3.2.



Figura 37 - Aplicação 5S no carro de ferramentas

Nos úteis dos testes mecânicos retirou-se da linha os 12 úteis que não se usavam e identificou-se o local de cada útil (Figura 38a) bem como os da máquina de corte de amostras (Figura 38b).



(a)

(b)

Figura 38 - (a) Identificação dos úteis dos testes mecânicos, (b) Identificação dos úteis da máquina de corte

Outra ação implementada foi a identificação de todos os carros e capas de proteção, onde cada carro foi identificado com o nome do projeto, código de referência e dimensão. Foi aplicada também a cor associada a cada referência de forma a que a identificação seja mais visual. Outro aspeto que foi tido em atenção foi identificar os carros com o número 1 e 2 e o mesmo com os toldos, fazendo com que os operários não se enganem a colocar as capas nos carros. Na Figura 39 é possível ver o novo modelo de identificação de carros, onde as referências já têm a sua cor, e já é possível identificar que esse cartão pertence ao carro dois dessa referência. Esse mesmo carro terá esta mesma etiqueta.

Carrinho	2
Útil do conformado tubo oval:	44,73x6,4x0,4mm
Projetos:	REF 4
	REF 5
	REF 6
Ferramentas:	RC1234

Figura 39 - Novo modo de identificação dos carros

5.1.3 Limpeza dos úteis

Relativamente à questão de limpeza do espaço de trabalho, não foram efetuadas grandes operações, dado que esta situação já era controlada pela empresa com auditorias. No entanto, não havia o controlo se os úteis eram armazenados sujos ou limpos, acontecendo as duas situações. Deste modo e para garantir que estes eram arrumados sempre limpos, foi criado um método que só podiam ser arrumados quando validados pelo TL. Este tema vai ser mais especificado na subsecção 5.2.3.1, quando se abordar as *check-lists* de trocas de referências.

5.1.4 Normalização

De forma a normalizar este processo, pretende-se dois úteis de verificação de lâminas idênticos aos da Figura 40a e Figura 40b. No primeiro útil é verificada a altura da lâmina, em que se esta não estiver na zona verde é considerada sucata, se estiver é verificada a geometria.

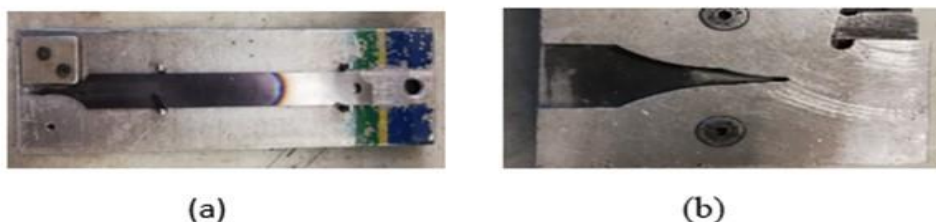


Figura 40 - (a) Exemplo de útil de verificação da altura da lâmina, (b) Exemplo de útil de verificação da geometria da lâmina

Caso a geometria das lâminas não esteja dentro do definido estas são colocadas numa zona destinada a úteis que precisam de reparação. Deste modo, a manutenção ao passar por aquela zona, verifica que tem material para levar para a oficina para reparar, evitando assim que estes se acumulem como no passado. O mesmo procedimento foi feito com as mordaças da zona de corte.

5.1.5 Disciplina e formação

A formação que se pretende facultar aos operários tem como objetivo sensibilizar para a importância de um local de trabalho organizado e limpo, bem como, explicar como proceder caso os úteis não estejam operacionais.

Foi realizada, também, uma nova auditoria 5S e os auditores responsáveis por esta linha foram sensibilizados para o estado em que estava a linha de forma a começarem a ter mais atenção aos carros dos úteis, pois como estes se encontram guardados numa zona mais distante da linha, por vezes a auditoria não os abrangia.

5.2 Implementação do SMED

Tendo em consideração os problemas levantados na secção 4.2.3 mais concretamente o elevado tempo de *Set-Up*, e após se dar como concluído o estado preliminar, implementaram-se as 3 fases do SMED, usando o conhecimento apresentado na secção 2.5.7, com o objetivo de reduzir este mesmo tempo, disponibilizando assim, maior tempo para a produção bem como agilidade no planeamento da mesma.

5.2.1 Separação de operações de preparação em operações externas e internas

Nesta fase, e tendo por base a observação mencionada na subsecção 4.2.3.1, deu-se início à primeira fase do SMED, que consiste em dividir as operações internas em externas. Deste modo, tendo por base as operações do anexo 9, e após a divisão de operações que caracteriza esta primeira etapa, verifica-se que apenas a primeira operação, solicitar bobine, é realizada como operação externa sendo as restantes com a máquina já parada.

Posto isto, foi definido que todas as operações de limpeza, verificação, transporte e armazenamento de úteis iriam passar para externas.

Por fim, passou-se as operações de desembalar e colocar a bobine na grua para externas.

5.2.2 Conversão de operações internas em externas

Na segunda etapa do SMED, é o momento onde ocorre a transformação de operações internas em externas. Após a identificação e separação das operações internas e externas, o investigador com o auxílio de engenheiros e operadores, começou a fazer a conversão das operações.

Deste modo, dado o elevado tempo associado à troca de bobine e sendo estas operações feitas sempre que durante a produção de uma referência se coloca uma nova bobine, para além das trocas de referências, uma das estratégias estudada foi implementar um desbobinador duplo do género que é usado atualmente (Figura 41) mas do outro lado teria outra bobine e sempre que a bobine em consumo acabasse é só introduzir a nova no conformado.



Figura 41 - Desbobinador

Com esta medida, pretende-se passar todas as operações associadas a este processo de troca de bobine, com a exceção da validação do sabre e da bobine. Estas, por razões de segurança, só se podem fazer no momento em que se vai colocar no conformado. Deste modo, seria possível passar as restantes operações para externas, ganhando assim cerca de 17 minutos.

Para finalizar a fase de transformação de operações internas em externas, vai-se abordar a questão de montagem e desmontagem do pré-corte no seu suporte. Dado que o suporte do pré-corte, apresentado na Figura 42, é comum a todas as referências, planeou-se adquirir outro suporte permitindo, deste modo, que antes de se parar a máquina para a troca de referência, o operário tenha a possibilidade de montar o pré-corte no novo suporte.



Figura 42 - Suporte do pré-corte

5.2.3 Racionalização de operações internas e externas

A última etapa do SMED caracteriza-se por simplificar as operações internas e externas de forma a que o tempo destas seja o menor possível. Com isto, esta etapa está dividida em vários pontos, de forma a facilitar a organização da presente dissertação.

5.2.3.1 *Check Lists*

Com o intuito garantir que todas as ações externas são realizadas, foram criadas duas *check lists* de operações externas. A primeira (Anexo 14) são todas as operações que o operário tem que fazer para dar início à troca de referência. A segunda (Anexo 15) são todas as operações que se faz depois dessa mesma troca. Ambas, depois de preenchidas pelo operário são assinadas pelo mesmo e pelo TL, e só depois disto é que se dá início à troca de referência ou se dá como finalizada a mesma.

5.2.3.2 *Cartões Kanban*

Para por em prática a *Check list* de verificação antes da troca de referência, é necessário garantir que a informação da quantidade do que se está a produzir na referência atual e qual a referência que vai ser produzida a seguir esteja clara na linha, e que o operário saiba com o tempo suficiente, que lhe permita garantir que estejam reunidas todas as condições para realizar o *Set-Up*. Deste modo, colocou-se na linha cartões *Kanban* como mostra Figura 43, permitindo de forma clara que os operários saibam qual a referência que está a ser produzida e qual a que vai entrar. Estes cartões *Kanban* são atualizados pelos TLs, quando recebem a informação da referência que vai ser posteriormente produzida. Relativamente à quantidade, esta é representada em lotes, sendo que cada lote pode ter duas ou três bobines, consoante a referência. Com isto, os operários, sabendo dos lotes que já produziram e os que faltam podem garantir antecipadamente que estão reunidas as condições para dar início à troca de referência.



Figura 43 - Cartões Kanban

Para que seja possível desembalar a bobine e colocar a cinta da grua na mesma, sejam operações realizadas externamente, ficando assim prontas para colocar no desbobinador, implementaram-se

algumas medidas de segurança. Primeiramente, sempre que se manuseia as bobines com a grua, é necessário fechar o acesso do corredor para a linha colocando a fita de segurança e as bobines passam a ser colocadas em suportes desenhados para tal efeito. Estas medidas de segurança estão representadas na Figura 44.



Figura 44 - Fita de segurança

5.2.3.3 Zona de preparação

Dado o curto espaço existente na linha em comparação com a dimensão dos carros dos úteis, sentiu-se a necessidade de criar uma zona de preparação de troca de referência, onde os carros com os úteis que vão ser utilizados na nova se encontram, prontos a utilizar, juntamente com os carros das referências que estão a ser utilizadas. Esta operação de transporte de úteis não se torna completamente uma operação externa, dado que existe na mesma esse transporte com a máquina parada, mas é percorrida uma menor distância, logo o tempo é mais reduzido.

Pretende-se também implementar uma pequena bancada de trabalho na zona de preparação, estando esta destinada à colocação dos úteis, da última referência produzida, para estes serem verificados e limpos antes de arrumados nos carros. Posteriormente, os carros serão colocados no seu local.

5.2.3.4 Apertos rápidos

Quando o investigador fez as primeiras observações dos tempos de referência, verificou algumas zonas críticas no que diz respeito a apertos.

Começando pela zona de refrigeração, nas trocas de referências, como foi explicado em “Descrição do processo de troca de referência”, existe uma operação que é a troca de borrachas, sendo esta a que demora mais tempo nesta zona de processo, demorando cerca de 1 minuto e 30 segundos a retirar e 2 minutos e 30 segundos a colocar as novas.

Posto isto, em conjunto com a equipa de engenheiros, operários, manutenção e um fornecedor foi estudada uma solução para reduzir esses tempos, mas que em simultâneo, garantisse que os recortes destas borrachas ficassem alinhados com a entrada e saída da refrigeração. Ao mesmo tempo, era

necessário garantir que a folga entre elas e essa câmara de refrigeração fosse a suficiente para que não criasse atrito nem a mais nem a menos que o desejado, não danificando assim o tubo.

Outro sistema de apertos que se deseja usar é no conformado e calibrado. Para tal, optou por se recorrer a um fornecedor para desenvolver um sistema, que ao mesmo tempo garantisse que os apertos eram rápidos, tinha que garantir que conseguissem segurar o conformado e o calibrado uma vez que estes dois blocos sofrem bastantes tensões.

5.2.3.5 Redução de movimentos

Com o intuito de reduzir as movimentações associadas a ir buscar ferramentas, implementou-se, como já foi mencionado anteriormente, um carro de ferramentas (Figura 45).



Figura 45 - Carro de ferramentas

Com este carro pretende-se que sempre que o operário se desloca de uma zona de operações para outra, leve consigo o carro de ferramentas evitando assim deixar ferramentas para trás. Outro benefício inerente a este carro, é que sempre que é removido um útil, o operário pode colocá-lo em cima do carro e no final levar para a bancada de trabalho de limpeza, fazendo assim um só movimento. O mesmo se aplica às operações de colocar úteis, onde o operário os pode colocar na parte de cima do carro.

Relativamente ao movimento de ir buscar úteis a outros carros, na tentativa de eliminar estes movimentos, começou-se por identificar quais os úteis comuns de referência para referência. Deste modo, os úteis que podem ser partilhados são a vareta interna e os suportes dos rodilhos de soldadura. Posto isto, pretende-se criar uma zona para guardar estes dois úteis, onde esteja identificado para que tipo de referência é usado cada útil. Com esta medida, sempre que for necessário substituir os úteis na troca de referência, é eliminada a operação de ir procurar nos outros carros.

Outra intervenção levada a cabo pela equipa que dirigiu este projeto, foi acabar com a partilha de úteis quando estes eram semelhantes entre referências como é o caso das lâminas e borrachas. No que diz respeito às lâminas, definiu-se que cada referência teria a sua própria lâmina e sempre que esta não

estivesse em bom estado, não se usava a de outra referência, mas ia-se buscar aos *spares*. Esta operação é realizada como externa, garantida pela *check-list*, para não se verificarem situações de espera como já foi mencionado no capítulo 4.

Para solucionar o problema da partilha das borrachas de refrigeração, procurou-se um fornecedor dessas mesmas borrachas, pois as que haviam eram de origem, não havendo ainda, na altura, um fornecedor para tal. Posto isto, foram recortadas por um técnico de manutenção com o perfil do tubo para uma referência para se testar. Com este teste teria que ser garantido que estas borrachas asseguravam um bom isolamento da câmara de refrigeração, no entanto, estas não poderiam ser demasiado rígidas, ao ponto de criar atrito excessivo. Seguidamente, após garantir que as borrachas adquiridas cumpriam todos os requisitos, foram aplicadas as mesmas para todas as referências, criando também um stock, para quando se degradarem.

Outra medida, que já foi mencionada quando foi abordada a implementação dos 5S, e que também vem combater esta partilha de úteis é a zona destinada a úteis obsoletos. Estes aos serem postos nesse local, a equipa de manutenção já sabe que é necessário reparar ou substituir.

Relativamente ao movimento de ir buscar e levar os carros de úteis vazios e novos, como foi já mencionado, esta operação foi passada para externa e criada a zona de preparação.

Focando agora em eliminar os movimentos de ir pedir ajuda a outro operário para as operações que não são possíveis de realizar por apenas um operador, estas foram eliminadas totalmente, dado que uma das medidas implementadas, e que vai ser explicada com maior detalhe à frente, foi a colocação de um segundo colaborador a realizar a troca de referência.

Por fim, as movimentações representadas a azul no diagrama apresentado no anexo 10 são as operações principais do *set-up*, sendo, deste modo impossível eliminar. No entanto, é possível verificar que existem demasiados movimentos, não havendo um movimento em que o operador começa no desbobinador e acaba no corte ou vice-versa. Com o objetivo de se criar esse movimento, estudou-se a possibilidade de começar numa dessas zonas e à medida que se tirava o útil da antiga referência colocava-se o novo útil criando assim um único movimento ao longo da máquina. Contudo, devido à quantidade de úteis, chegou-se à conclusão que a área de trabalho iria ficar demasiado confusa, correndo o risco de se colocar um útil errado na máquina e, conseqüentemente, quando fosse iniciada a produção, poderia originar problemas na produção e iria ser perdido o tempo de deteção do problema, o tempo de troca de útil e a sucata inerente a isto.

Continuando na linha de diminuir as movimentações, associadas ao movimento das operações principais, uma segunda opção estudada foi criar esse movimento de começar numa extremidade da

máquina e acabar noutra. Contudo, desta vez, num primeiro momento o operário faria esse movimento onde só tirava os úteis e no segundo colocaria os úteis evitando assim desorganização e confusão no posto de trabalho. No entanto, como foi já mencionado, uma das soluções para reduzir o tempo de troca de referência passa por esta ser feita por dois operários, acabando por esta solução não se aplicar.

5.2.3.6 Redução dos tempos de ajustes

Um dos objetivos da terceira fase do SMED passa pela redução dos tempos de ajustes ou, se possível, a eliminação. Relativamente ao ajuste do Eddy Checker, a sua substituição já tinha sido planeada, pelo engenheiro responsável pela máquina, antes do início deste projeto, estando esta peça, inclusive, já comprada e apenas se aguardava a sua chegada. No entanto, esta ação de melhoria é aqui mencionada uma vez que elimina as operações de medir a altura de entrada e saída do tubo no Eddy Checker ficando agora um valor tabelado.

Outro tempo que se deseja reduzir é o tempo de ajustes no calibrado, pois o que acontece nesta zona é que este valor nunca é constante pois varia consoante a bobine e as tensões que esta traz já do conformado. No entanto, a *check list* tem um espaço para registar os valores com que se acabou a última vez que se usou esta referência como mostra a Figura 46. Assim, os operários, no momento de fazer estes ajustes já tem valores de referência, coisa que não acontecia antes.

	1	2	3
Dados da torção no fim da referência			



Figura 46 - Registo dos ajustes na zona do calibrado

Por fim, para reduzir o tempo de ajustes dos rodilhos da câmara de laser, pretende-se adquirir um tubo com o perfil das referências, que permite ao operário, no fim da troca e antes de passar a bobine por essa zona, colocar o útil e fazer os ajustes dos rodilhos.

5.2.3.7 Simplificação de operações

De forma a tornar mais prática e eficiente a troca de *cardans* deseja-se antecipar esta operação para antes de colocar os blocos de conformado. Para que isto seja possível, pretende-se identificar na

máquina, na zona onde os *cardans* são ligados quais os que são utilizados em cada referência. Para tal, uma das estratégias estudadas passava por identificar cada entrada do *cardan* com o nome de todas as referências que o irão usar. Contudo, o espaço é reduzido e como tal optou-se por usar as cores atribuídas a cada referência, reduzindo assim bastante espaço e ficando menos confuso. Na Figura 47, é possível observar um exemplo de um autocolante que foi feito para identificar os *cardans*.



Figura 47 - Exemplo de identificação de um *cardan*

Com isto, o operário pode colocar/tirar os *cardans* necessários na máquina antes de colocar o bloco de conformado tornando a operação mais prática e simples.

Como também foi mencionado, no computador da máquina existia uma lista com referências que já não eram produzidas pretendendo-se eliminar todas as que estão em excesso. Outro aspeto a mudar é a forma como estão apresentadas as referências nesse mesmo computador, deixando de estar as dimensões do tubo dessa referência e passar a estar o nome da mesma, evitando assim que os operários tenham que consultar a tabela onde tem o nome das referências associado a cada dimensão.

Por fim, é desejado alterar-se os carros de úteis, substituindo os rolos que auxiliam a passagem dos blocos de conformado e calibrado para a máquina por esferas rolantes permitindo que estes sejam manuseados em todas as direções.

5.2.3.8 Normalização e criação de operações paralelas

Para finalizar, criou-se uma instrução de troca de referência (Anexo 16), com o intuito de normalizar o processo de *Set-Up* e reduzir a variabilidade. Para a realização desta instrução, foi necessária a colaboração da equipa de engenheiros responsáveis pela área produtiva em questão, mas também dos operários, permitindo aproveitar o conhecimento de todos e fomentar o espírito do trabalho em equipa, tornando mais fácil a implementação desta mudança, tentando assim, de forma mais fácil colmatar as dificuldades que outros investigadores sentiram em projetos semelhantes, tal como referido no subcapítulo 2.7. Outro aspeto importante a realçar é que este processo de criação da instrução foi um processo gradual, em que foi feito a primeira vez e depois foi sofrendo alterações de melhoria de acordo

com as dificuldades observadas pelo investigador, bem como, a opinião dos colaboradores responsáveis pela troca de referência nesse mesmo momento.

Aprofundando um pouco mais, umas das premissas para a realização desta instrução é que esta fosse feita de forma a que a troca seja realizada por dois colaboradores. Assim sendo, do lado esquerdo da instrução, pode-se observar que existe uma barra azul ou verde que identifica as ações a fazer por cada operário sendo que, quando não tem essa barra são atividades que são realizadas em conjunto. Relativamente à numeração, o primeiro número representa o número do conjunto de operações que o operário vai fazer naquele momento sozinho e o segundo número é o da operação dentro desse conjunto. Por fim, temos as letras “A” ou “B” que indicam o operário responsável.

Posto isto, foi feito o balanceamento de forma a que os tempos entre operadores ficassem equilibrados, procurando que o tempo de espera fosse mínimo. Na Tabela 7 são apresentados os resultados obtidos com o balanceamento. Após este balanceamento, a instrução de trabalho foi organizada de modo a que quando um operário acabasse as operações mais cedo, realizasse outras operações que possam ser feitas por uma pessoa, como é o caso de apertar parafusos ou limpar zonas da máquina que só podiam ser feitas com esta parada.

Tabela 7 - Resultados dos balanceamentos

Operador	Tempo
A	1min 5seg
B	2 min
A	8min 40seg
B	9 min 32seg
A	16 min 12seg
B	17 min 38seg
A	5min 58seg
B	5min 29seg

Outra ideia que foi aplicada e já foi referida anteriormente, é que inicialmente fossem retirados todos os úteis da referência a sair e só depois é que se colocavam os novos, evitando desta forma trocas de úteis entre referência e mantendo a área de trabalho mais organizada.

Foi também definido que quem iria realizar a troca seria o operário e, sempre que possível um técnico de manutenção, com o objetivo de os envolver neste processo e tirar o máximo proveito do conhecimento

do operário relativamente à máquina e o conhecimento mais técnico do responsável de manutenção. Com esta medida, não se iria retirar um operário de outro posto de trabalho. No entanto, sempre que o técnico não estivesse disponível, esta troca seria feita por dois operários.

Para além da instrução de troca de referência, também foram atualizadas/criadas instruções para:

- Ajustar parâmetros da máquina;
- Ajustar rolos de soldadura;
- Controlo do Eddy Checker;
- Controlo geométrico;
- Testes mecânicos;
- Controlo de linearidade e torção;
- Desligar máquina;
- Parar máquina;
- Cortar amostra para controlo;
- Retirar amostra para controlo.

No anexo 17 é possível observar um excerto da instrução de trabalho dos testes mecânicos.

5.3 Implementação de medidas para reduzir a sucata

Seguidamente, serão abordadas algumas medidas que foram estudadas/implementadas, com o intuito de aproximar a empresa dos números desejados relativamente à sucata.

5.3.1 Redução do comprimento da barra de testes

Como já foi mencionado anteriormente, sempre que se fazia um teste e metalografia era cortado uma barra de 1,5 metros para esse fim e havia um excesso de sucata.

Como tal, optou-se por definir que a medida do tubo a cortar passaria a ser de 1 metro permitindo assim, fazer todos os testes e reduzir o volume de sucata associado este processo. Para tal, pretende-se, justamente com o fornecedor, criar um comando no computador da máquina que sempre que ativado faz esse mesmo corte.

5.3.2 Melhoria no tapete

Para combater o problema encontrado no momento em que a barra era cortada em comprimentos mais pequenos, pretende-se instalar um acrílico entre os três primeiros espaços do tapete. Este acrílico impede a queda da barra nos espaçamentos existentes no tapete e desta forma não atravessa a barreira de

segurança, não interrompendo a produção. Com isto, é garantido que barras de sucata mais pequenas caíam na horizontal, não havendo, deste modo, mais 6,5 metros de sucata associada ao arranque da máquina.

Esta barreira tem a característica de ser fixada por íman permitindo que o operário remova a mesma, podendo deste modo ter acesso ao contentor da sucata para o esvaziar.

5.3.3 Implementação de um sistema de deteção de concertinas

Com o intuito de reduzir os metros de sucata produzidos, derivados da produção de concertina, deseja-se colocar um sistema com células fotoelétricas, em que duas células vão ser colocadas à saída da zona de calibragem e outras duas na entrada da zona de corte, funcionando como um *poka-yoke* de controlo. Deste modo, sempre que se inicia a formação de concertinas, esta irá interromper o sinal emitido pelas células e automaticamente a produção é interrompida sendo que o valor máximo pretendido para as concertinas é 1 metro.

Outra característica que se pretende com este sistema para além de *poka-yoke* de controlo, é que este funcione também como *poka-yoke* de advertência, permitindo com estas duas funcionalidades o operário estar mais disponível para outras operações, sem ter a necessidade de estar tão focado na máquina, pois sempre que o motivo da anomalia for a produção de concertinas, a máquina irá automaticamente interromper a sua produção e emite simultaneamente um sinal sonoro que irá alertar o operário da ocorrência de uma anomalia.

5.3.4 Automatização do sistema de abastecimento de água

Esta ação de melhoria passou por colocar uma boia no depósito de água que faz a refrigeração após a saída do laser e, sempre que o nível da água atinge o nível mínimo, ocorreria o abastecimento automático. Com esta ação, foi eliminada por completo do encargo do operário o abastecimento de água bem como foi reduzida a sucata produzida quando o depósito ficava sem água.

5.4 Melhoria ergonómica

Para combater o problema ergonómico que existia relativamente ao movimento de retirar e colocar as proteções do calibrado, estas serão substituídas por proteções com um peso inferior a 9 quilos.

6 RESUMO DE RESULTADOS

Neste capítulo apresenta-se os resultados das melhorias implementadas. Note-se que de todas as propostas de melhorias equacionadas apenas a do desbobinador duplo não foi nem será implementada. No entanto, existem ações de melhoria que ainda não foram completadas, pois algumas estão aguardando orçamento por parte do fornecedor ou já estão em andamento, mas dependem de terceiros. Também existem ações que ficaram suspensas, pois dado a situação pandémica que se vive no momento da realização deste projeto e o clima de incertezas, são ações que não são consideradas urgentes para a empresa.

Considera-se ainda que o custo da máquina e do operador por hora é de 40€ no total.

6.1 Resultados da implementação dos 5S e gestão visual

Agregado aos 5S, aplicou-se a técnica de gestão visual. Deste modo, foi possível criar espaços próprios para os úteis nos carros tornando assim de fácil perceção quando um útil está em falta ou quando se começa a acumular úteis nos carros. Na Figura 48a e na Figura 48b estão representados os úteis arrumados antes e depois da aplicação dos 5S, respetivamente.



Figura 48 - (a) Arrumação dos úteis antes dos 5S, (b) Arrumação dos úteis depois dos 5S

Relativamente às ferramentas, também se optou pela mesma estratégia, passando estas do pilar, onde estavam arrumadas, para um carro próprio, não havendo assim possibilidade de ficarem no lugar que não lhes pertence. Na Figura 49, é mostrado o antes e depois desta melhoria.



Figura 49 - (a)(b) Antes dos 5S, (c)(d)(e) Depois dos 5S

Por sua vez, na Figura 50a, está representado o antes, onde duas referências estão associadas à mesma cor, sendo que essa mesma cor não correspondia a nenhuma referência. Também é possível verificar que este cartão não tem a informação se pertence ao carro mais comprido ou mais curto. Na Figura 50b, a nova identificação tem uma cor associada a cada referência, e já é possível saber a que carro pertence a capa com esta identificação, uma vez que o respectivo carro tem uma identificação igual. Com esta medida, os operários já sabem a que carro pertence cada capa, eliminando as situações em que estes se enganavam havendo, deste modo um ganho de 58 segundos.



Figura 50 - (a) Identificação antes dos 5S, (b) Identificação depois dos 5S

Na Figura 51a e na Figura 51b é possível ver o antes dos 5S nos úteis dos testes mecânicos onde havia 21 diferentes e nem todos tinham o seu local identificado. Por sua vez, na Figura 51c está representado o depois dos 5S, onde houve uma redução para apenas 9 úteis e cada útil tem o seu local específico e identificado de forma clara.

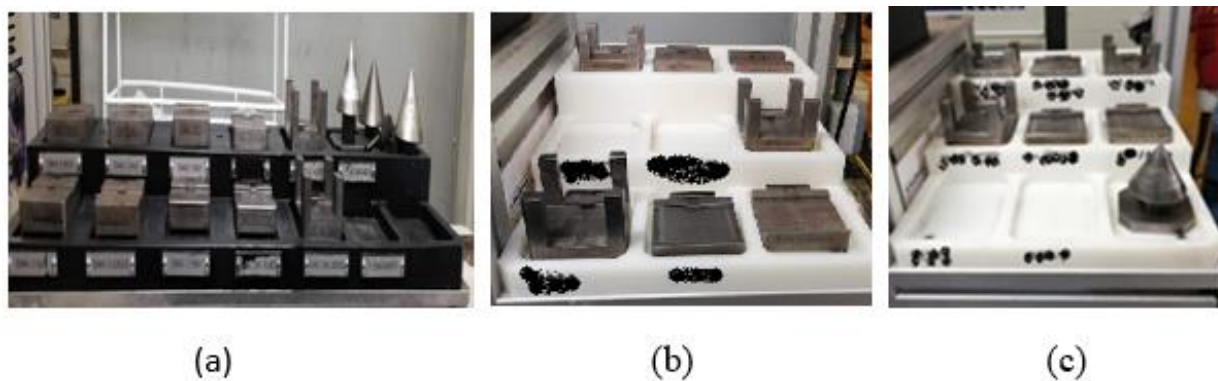


Figura 51 - (a)(b) Úteis dos testes mecânicos antes dos 5S, (b)Úteis dos testes mecânicos depois dos 5S

Relativamente aos úteis da máquina de corte de amostras, na Figura 52a e na Figura 52b é apresentado o antes e o depois da aplicação 5S. À semelhança, dos úteis dos testes mecânicos, também foram identificados os locais de cada referência.

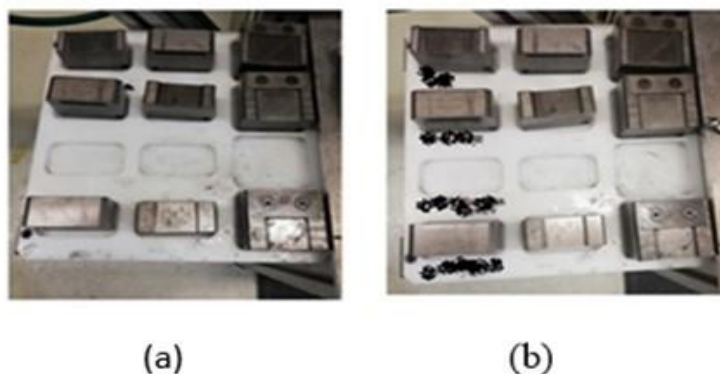


Figura 52 - (a) Úteis da máquina de corte antes dos 5S, (b) Úteis da máquina de corte depois dos 5S

Com a aplicação dos 5S e após cumprida a primeira fase foi possível encontrar 4 conjuntos de mordças para reparar e 7 que ainda estavam por utilizar. Sendo que cada conjunto é constituído por 4 mordças, e estas foram adquiridas por um valor de 850€, perfaz um total de 37 400€ em mordças que andavam perdidas nos carros, juntamente com os dois pré cortes no valor de 535€ cada um.

No que diz respeito à normalização de processos, com a criação da prateleira e a reparação das lâminas e das mordças é possível obter uma poupança a rondar 10 942,5€ e 4 250€, respetivamente, considerando que estas podem ser reparadas uma vez. Na Tabela 8 é possível ver o histórico dos gastos destes dois tipos de úteis em 2019 e a sua poupança caso estes fossem reparados.

Tabela 8 - Ganhos com a reparação de lâminas e mordças

	Referência	Quantidade gasta	€	Reparando
Lâminas	RA	95	15 585 €	7 792,5 €
	RB	4	1 680 €	840 €
	RC	6	2 520 €	1 260 €
	RD	1	420 €	420 €
	RE	3	1 260 €	630 €
	Total	109	21 465 €	10 942,5 €
	Diferença	-	10 942,5 €	
Mordças	RF	2	1 700 €	850 €
	RG	3	2 500 €	850 €
	RH	2	1 700 €	850 €
	RI	2	1 700 €	850 €
	RJ	1	850 €	850 €
	RK	1	850 €	850 €
	RL	1	850 €	850 €
	RM	1	850 €	850 €
	RN	1	820 €	820 €
	RO	1	850 €	850 €
	RP	1	820 €	820 €
	RQ	1	850 €	850 €
	Total	17	14 390 €	10 140 €
	Diferença	-	4 250 €	

Por fim, ao longo do projeto foram feitas algumas auditorias 5S com o objetivo de acompanhar a evolução, sendo que na última auditoria (Anexo 18) obteve-se um valor de 89%, em contraste com os 53% obtidos anteriormente. Na Figura 53a e na Figura 53b é possível ver os resultados da primeira e da última auditoria, respetivamente, e concluir que todos os “S’s” sofreram uma melhoria. No entanto

verificamos que o “S” da triagem continua a ser o pior, pois mantém alguma tendência em não lançar os úteis antigos para o lixo.

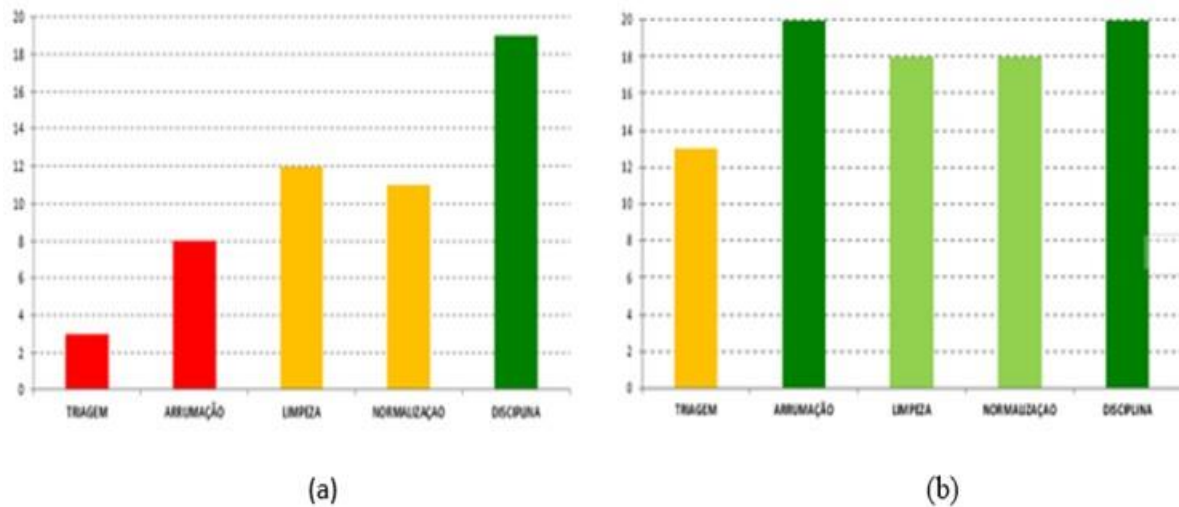


Figura 53 - (a) Primeira auditoria 5S, (b) Última auditoria 5S

6.2 Resultados da implementação da ferramenta SMED

Após definidas as estratégias a adotar para uma maior eficiência da ferramenta SMED, como mostra o subcapítulo 5.2, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 9 referentes ao número de operações que foram separadas ou convertidas de internas para externas, bem como algumas que foram eliminadas.

Tabela 9 - Número de operações

	Antes	Depois
Total de operações	166	160
Operações internas	165	138
Operações externas	1	22
Operações eliminadas	-	6

Já com as operações internas transformadas em externas, é possível verificar na Tabela 10 a redução das operações (atividades que acrescentam valor) mas principalmente das que não acrescentam.

Tabela 10 - Tipo de operações internas

Tipo de operação	Antes		Depois	
	Quantidade	Tempo médio (min)	Quantidade	Tempo médio (min)
Operação	100	101	91	92
Transporte	21	31	14	12
Controlo	30	23	27	21
Espera	4	12	2	7
Armazém	10	6	4	2

Posto isto, na Figura 54 são apresentados os resultados da tabela anterior em percentagem, onde é evidente o aumento da percentagem de tempo utilizados nas operações face ao tempo total.

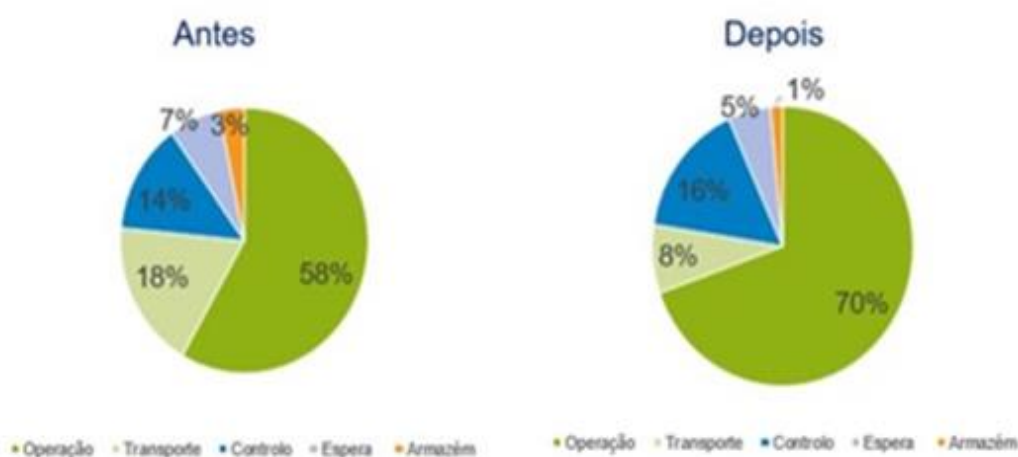


Figura 54 - Percentagem de cada tipo de operações internas

Relativamente a movimentações, foi possível passar de 4,29 km para um total de 3,76 km. Na Figura 55a e na Figura 55b estão apresentadas as movimentações, realizadas pelo o operário, antes e depois de aplicada a ferramenta SMED, respetivamente. Nesta é possível ver a redução de movimentações, onde movimentos de pedir ajuda a outro operário foram eliminados. Relativamente ao movimento de ir

buscar carros de úteis sofreram uma redução de cerca de 90 metros, para cerca de 20 metros. Por fim, as deslocações de ir buscar úteis a carros de outras referências também foram eliminadas uma vez que estes já estão prontos antes do início da troca no local de trabalho.

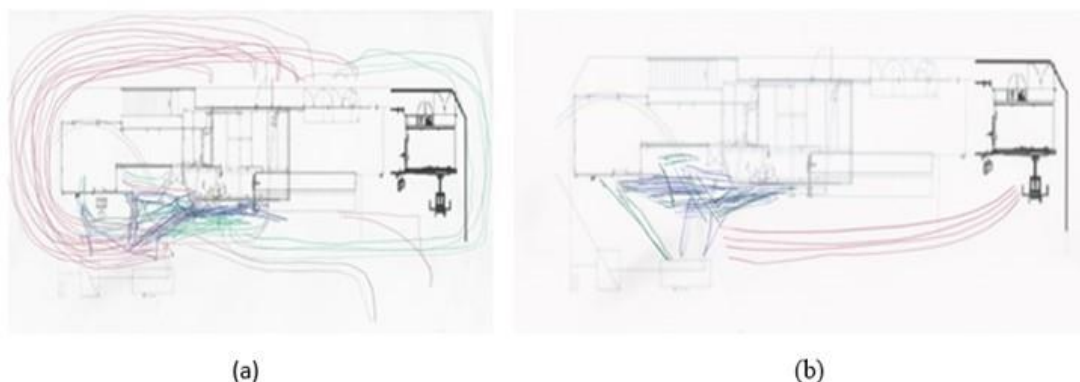


Figura 55 - (a) Movimentações antes, (b) Movimentações depois

Concluindo, pela análise da Tabela 11 no que reporta aos resultados da implementação do SMED, é possível verificar os ganhos de tempo da troca de referência, bem como, o preço de cada troca de referência e o aumento relativamente a quantidades produzidas.

Tabela 11 - Resultados SMED

	Troca de REF 3 para REF 2 (Antes)	Troca de REF 3 para REF 11 (Depois)	Redução	Redução (%)
Tempo antes dos ajustes	2h 18min	57min	1h 21m	58,70%
Tempo de ajustes	37min	32min	5min	13,51%
Total	2h 55min	1h 29min	1h 26min	49,14%
Preço do Set-up	116,67 €	59,33 €	57,34 €	-
Produção	291	148	+143 barras	-
€	2 473 €	1 258 €	+1 215,5 €	-

6.3 Resultados com as medidas de redução de sucata

Nesta secção serão apresentados os resultados/estimativas das melhorias com o fim de reduzir a sucata produzida.

6.3.1 Redução das barras de testes

Como foi referido anteriormente, para a redução das barras dos testes mecânicos, pretende-se criar um comando na máquina que permita ao operário cortar barras com cerca de um metro reduzindo assim cerca de meio metro. No momento em que o projeto foi terminado, esta é uma medida que ainda não tinha sido implementada, uma vez que se aguarda o orçamento do fornecedor da máquina e uma vinda deste a Portugal. No entanto, tendo em consideração o ano de 2019, onde se fizeram cerca de 2578 metalografias, foi estimado o ganho desta melhoria caso esta fosse aplicada em 2019, tal como mostra a Tabela 12.

Tabela 12 - Resultados estimados da redução da barra de testes

	1,5m (2019)	1m (2019)	Diferença
Nº Metalografias	2 578	2 578	-
Metros	3 867	2 578	1 289
Barras (6m)	644	429	215
€	5 474 €	3 646,5 €	1 827,5 €

6.3.2 Melhoria no tapete

Após a implementação desta melhoria, eliminou-se a sucata produzida associada ao arranque de máquina sempre que a produção era interrompida por as barras de sucata mais pequenas passarem a barreira de segurança. Deste modo, e tendo em consideração que entre o dia 14 de fevereiro e 10 de março se registaram cerca 13 interrupções nos 3 turnos e, como sempre que se arranca a máquina, esta produz 6,5 metros de sucata obteve-se um total de 84,5 metros, o equivalente a 14 barras. Deste

modo, multiplicando este valor pelo valor das barras, 8,50 €, representa cerca de 119 € neste intervalo, ao fim de um ano, pode rondar as 1 428 €, valor este poupado, com esta melhoria.

6.3.3 Implementação de um sistema de deteção de concertinas

Como já foi referido no capítulo 5, para combater a sucata produzida quando se criam concertinas, estudou-se a possibilidade de implementar um dispositivo *poka-yoke* de controlo. No entanto à semelhança do comando para reduzir o comprimento das barras de testes, no fim do projeto ainda se aguardava pelo orçamento do fornecedor.

Contudo, com este sistema pretende-se passar para uma concertina com um máximo de 1 metro, o que equivale a uma redução de 70%, em relação ao comprimento médio de 3,40 metros registados entre o dia 14 de fevereiro e 10 de março de 2020. Relativamente ao comprimento máximo da concertina, é considerado 1 metro um valor aceitável, pois dado o espaço e as condições que existem para instalar as células fotoelétricas, estima-se que a concertina terá sempre um valor próximo de 1 metro. Considerando o intervalo de tempo anteriormente mencionado, a Tabela 13 apresenta os possíveis ganhos anuais com esta medida.

Tabela 13 - Ganhos com o sistema Poka-Yoke

	Concertinas com 3,40 metros	Concertinas com 1 metro
Número de concertinas registadas	28	-
Total de metros	95 m	28 m
Metros de arranque	182 m	182 m
Total de metros	277 m	210
Barras	46	35
€	391 €	297,5 €
UM/Ano	4 692 €/Ano	3 570 €/Ano
Diferença	-1 122 €/Ano	

6.3.4 Automatização do sistema de abastecimento de água na zona de refrigeração

Com implementação deste sistema, é eliminado por completo do encargo do operário a operação de abastecer o depósito de água responsável pela refrigeração, operação esta que ocupava cerca de 2 minutos e meio.

Relativamente à sucata produzida, esta é eliminada por completo, representando assim um ganho anual de 9 690 €.

6.4 Melhoria ergonómica e de segurança

Relativamente à redução do peso das redes de proteção do calibrado, também aguardava orçamento do fornecedor que está responsável pelo comando de corte das barras de testes mecânicos e pelo sistema *Poka-Yoke*. No entanto, com esta medida vai-se reduzir o risco de lesão para o operário, tornando o IE inferior a 1.

No que diz respeito ao problema de segurança encontrado, pode-se ver na Figura 56 que se colocou na linha uma fita que limita a entrada na linha bem como um suporte para as bobines eliminando as paletes que se encontravam na linha. Deste modo, sempre que houver manuseamento da bobine, coloca-se esta fita, tornando assim possível colocar a cinta da bobine na grua antes do início de troca de referência, havendo um ganho de 3 minutos e 10 segundos de desembalar bobine e colocar na grua.

Com a colocação do suporte de bobines eliminou-se o risco de bater com a perna na paleta, uma vez que esta foi removida, pois sempre que as bobines chegam do armazém são colocadas logo no suporte. No futuro pretende-se que este suporte seja enviado para o fornecedor e este envie as bobines já neste suporte.



Figura 56 - Fita de segurança e suporte de bobine

Posto isto, tendo em consideração todas as medidas implementadas e propostas que ainda irão ser implementadas, fez-se uma estimativa do novo OEE, tendo por base os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2019 bem como o primeiro mês de 2020. Deste modo, e utilizando as folhas de cálculo usadas para calcular o OEE e tendo em conta os tempos ganhos, bem como as quantidades produzidas e a redução de sucata, obteve-se um ganho de 1 ponto percentual em cada mês, como mostra o gráfico da Figura 57.

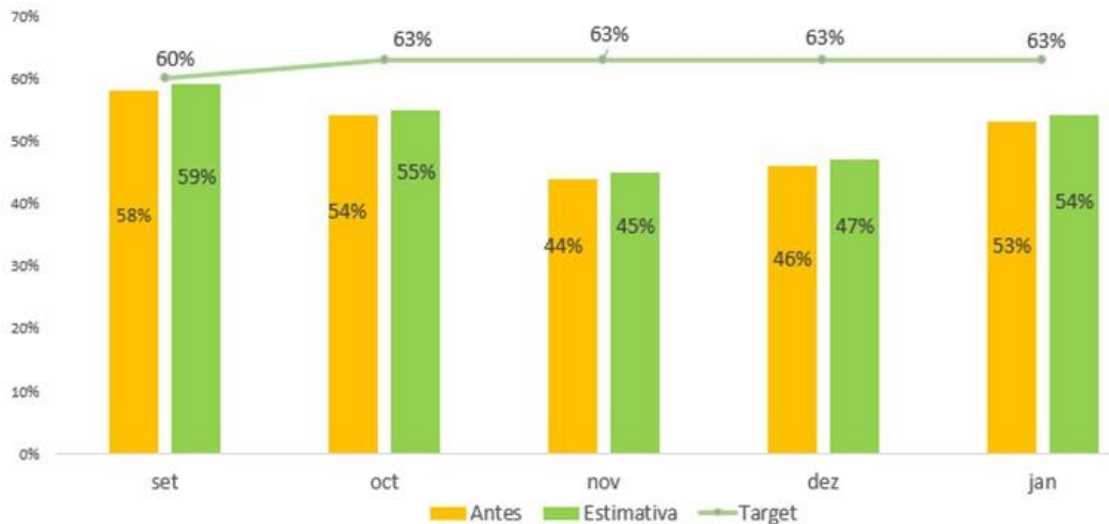


Figura 57 - Estimativa do novo OEE

6.5 Sugestões de melhorias não implementadas

Apesar de estudada a implementação do desbobinador duplo e reconhecidos os possíveis ganhos, quer no momento da troca de referência, quer quando se troca de bobine, esta sugestão de melhoria não vai ser implementada porque, por questões de segurança interna, não é permitido realizar operações diretamente nas máquinas quando estas estão em funcionamento.

Usando o ano de 2019 como referência para o estudo dos possíveis ganhos, ano este em que foram consumidas cerca de 750 bobines e, como já foi dito anteriormente, cada bobine demora em média cerca de 17 minutos a trocar, ao fim do ano, este tempo somado resulta em cerca de 12 750 minutos, tempo este que seria usado para produzir 21 250 barras, cerca de 180 625 € por ano.

7 CONCLUSÃO

7.1 Considerações finais

Terminado o projeto, importa referir que os objetivos principais do projeto foram atingidos, faltando agora consolidar algumas ideias, dado que isto não foi possível devido à situação pandémica vivida durante a sua realização.

Começando pela metodologia 5S, esta foi uma ferramenta essencial no início do projeto pois permitiu eliminar alguns objetos que não eram necessários ou que já estavam obsoletos e ao mesmo tempo identificar os úteis de cada referência de forma clara e rápida. Esta metodologia, revelou-se bastante importante, uma vez que se desenvolveram estratégias que permitem garantir a organização do posto de trabalho. Consequência ainda desta metodologia, foi a criação de um processo para evitar a acumulação de úteis na linha e por consequência, estima-se que num espaço de um ano, traga à empresa uma redução de custos a rondar os 15 192€.

Em paralelo à metodologia 5S, utilizou-se a ferramenta SMED, com o objetivo de reduzir o tempo de troca de referência, tempo este que era bastante elevado. Deste modo, acompanhou-se várias trocas de referência, recorrendo-se, inclusive, a vídeos de uma troca, e juntamente com a equipa estudou-se as várias possibilidades de melhoria. Com isto foi possível normalizar o processo de *set-up* e reduzir o tempo do mesmo em cerca de 49,14%, através da eliminação de operações e passagem de operações internas para externas bem como a redução de 12,35% dos movimentos e a criação de operações paralelas realizadas por dois colaboradores.

Considerando que se realizam em média cerca de 5 trocas de referência por mês, e dado o custo da máquina e do operador por hora, esta diminuição de tempo traduz-se numa redução anual de custos de *set-up* de cerca de 3 440€. Relativamente à quantidade de barras produzidas anualmente, haverá um aumento de 8 580 barras que representa uma quantia de 72 930€ anuais.

Ainda ligado à aplicação da metodologia SMED, os problemas de espera pela equipa de manutenção foram ultrapassados. Isto foi possível uma vez que estes passaram a realizar as trocas de referência com o operador, estando, deste modo, já no local quando fosse necessário. Outras ferramentas que contribuíram para tal foi os cartões *Kanbans* e as *check-lists*, uma vez que permitiu antecipar ao operário o momento em que este percebia que existia úteis não ok ou a falta destes. Deste modo, este poderá avisar a manutenção e continuar outras operações, não ficando dependente desse útil.

No que diz respeito às melhorias estudadas para a redução da sucata, e apesar de algumas destas ainda não estarem implementadas estima-se, que por ano, já com todas as medidas em funcionamento, haja

uma redução de 14 067€ em sucata, cerca de 18,79% menos que no ano 2019, traduzindo-se numa percentagem de sucata anual de 3,71%.

O mesmo foi feito para os valores do OEE, onde se antevê uma subida mensal do OEE de 1 ponto percentual.

O investigador considera que o projeto desenvolvido foi benéfico para si e para a empresa, pois permitiu ao investigador aplicar conceitos lecionados ao longo do curso e permitiu à empresa os resultados referidos anteriormente, aproximando o OEE e os valores de sucata dos pretendidos pela mesma.

Relativamente a dificuldades sentidas por parte do investigador, apesar de este numa fase inicial ter sentido um pouco de resistência à mudança, tal como outros investigadores, como foi referido no capítulo 2, esta acabou por ser ultrapassada uma vez que todos os intervenientes acabaram por se envolver de uma forma natural no projeto. Contudo, e como já foi referido anteriormente, a maior dificuldade sentida acabou por ser a situação pandémica, pois obrigou a suspender/atrasar algumas melhorias bem como, não permitiu cimentar o novo processo de troca de referência.

7.2 Trabalho futuro

Relativamente a ações que ficaram pendentes, o investigador no final do estágio reuniu com alguns elementos da equipa responsável pela melhoria contínua para estes poderem dar seguimento ao projeto. Assim sendo, relativamente à organização e limpeza do posto de trabalho, pretende-se que se continue a progredir em direção à excelência, onde se irá continuar a fazer as auditorias 5S, auditorias estas que agora abrangem os carros de úteis.

No que diz respeito à metodologia SMED implementada, aguarda-se orçamentos para algumas melhorias e, posto isto, implementar na linha como é o caso dos apertos rápidos e a melhoria nos carros ferramentas. Relativamente à zona de preparação, foi definida uma zona temporária, uma vez que em paralelo a este projeto, decorria uma mudança de *Layout* na zona dos tubos híbridos, e após essa mudança, será marcada com a devida sinalização a nova zona de preparação. Ainda associado a essa zona, aguarda-se a libertação de uma bancada de trabalho, que vai ser resultado dessa mudança de *Layout* que será usada como bancada para a limpeza e preparação dos úteis. À semelhança da bancada de trabalho, aguarda-se também a libertação de uma prateleira, para colocar os úteis para reparação, colmatando assim algumas falhas de comunicação entre os operadores e a equipa de manutenção. Posto isto, também é importante ir acompanhando as trocas de referência para obter um tempo padrão. Pretende-se ainda contactar o fornecedor das bobines, para estudar a possibilidade de estas serem entregues já num suporte idêntico ao que se colocou na linha.

Por sua vez, as medidas de melhorias associadas à sucata, com a exceção da melhoria do tapete e da automatização do sistema de abastecimento de água, ficaram suspensas por enquanto, juntamente com a diminuição do peso da rede de proteção da máquina, uma vez que estas são de custo mais elevado e exigem a visita de um técnico de uma empresa Alemã, estando estas viagens desaconselhadas pela empresa, aquando se desenvolveu este projeto.

Para além disso, como trabalho futuro, sugere-se detalhar o estudo do setor do corte, pois é umas das componentes mais críticas da máquina, tentando assim normalizar os ajustes que existem, como é o caso da posição das mordças, da centralização da lâmina e da altura do pré-corte. Outra sugestão para trabalho futuro, seria um estudo, juntamente com o armazém, para eliminar as esperas que existem por bobines ou contentores de produto final.

Relativamente à folha de registos de sucata, sugere-se uma revisão desta bem como uma pequena formação aos operadores no sentido de normalizar este registo, tornando os dados mais fidedignos para futuras análises.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, Anabela C., Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. *Learning Organization*, 19(3), 219–237. <https://doi.org/10.1108/09696471211219930>
- Alves, Anabela Carvalho, Sousa, R. M., Dinis-Carvalho, J., Lima, R. M., Moreira, F., Leão, C. P., Maia, L. C., Mesquita, D., & Fernandes, S. (2014). Final year Lean projects: advantages for companies, students and academia. *Sixth International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE'2014)*, [1-10]ID56.
- Arezes, P. M., Carvalho, J., & Alves, A. C. (2010). Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments. *17th International Annual EurOMA Conference -Managing Operations in Service Economics*, 10.
- Arnold, J. R. T., Chapman, S. N., & Clive, L. M. (2004). *Introduction to Materials Management Casebook* (Prentice Hall (ed.)).
- Aulakh, S. S., & Gill, J. S. (2008). Lean manufacturing-A practitioner's perspective. *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2008*, 1184–1188. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2008.4738057>
- Azuan, S., & Ahmad, S. (2013). Culture and Lean Manufacturing: Towards a Holistic Framework. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 7(1), 334–338.
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346–5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Black, J. (2008). *Lean production: Implementing a world-class system* (I. Press (ed.)).
- Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1), 53–64. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00094-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00094-2)
- Castro, A. (2019). *Melhoria do desempenho de uma linha de montagem através de princípios Lean Thinking numa empresa da indústria automóvel*. <http://hdl.handle.net/1822/64117>
- Costa, E. S. M. da, Sousa, R. M., Bragança, S., & Alves, A. C. (2013). An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools. *4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure*, 1(i), 1–8. <https://doi.org/10.13140/2.1.2099.5525>
- Durakovic, B., Demir, R., Abat, K., & Emek, C. (2018). Lean manufacturing: Trends and implementation issues. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 6(1), 130–139. <https://doi.org/10.21533/pen.v6i1.45>
- Emiliani, M. L. (2008). Standardized work for executive leadership. *Leadership and Organization Development Journal*, 29(1), 24–46. <https://doi.org/10.1108/01437730810845289>
- Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. *International Journal of Operations and Production Management*, 24(10), 994–1011. <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>
- Kanaganayagam, K., Muthuswamy, S., & Damodaran, P. (2015). Lean methodologies to improve assembly line efficiency. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 20.
- Liker, J. K. (2004). *O Modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do Mundo*. (Bookman (ed.)).
- Loureiro, P. M. T. (2016). *Implementação de Ferramentas Lean na Indústria Nacional*. 56. [https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/41843/1/Dissertação_Pedro Miguel Teixeira Loureiro_2016.pdf](https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/41843/1/Dissertação_Pedro_Miguel_Teixeira_Loureiro_2016.pdf)
- Maestrini, V., Luzzini, D., Shani, A. B., & Canterino, F. (2016). The action research cycle reloaded:

- Conducting action research across buyer-supplier relationships. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 22(4), 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2016.06.002>
- Maia, L. C., Alves, a. C., & Leão, C. L. (2011). Metodologias Para Implementar Lean Production: Uma Revisão Critica De Literatura. *CILME '2011*, 0915A.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Miltenburg, J. (2007). Level schedules for mixed-model JIT production lines: Characteristics of the largest instances that can be solved optimally. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3555–3577. <https://doi.org/10.1080/00207540701223394>
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time (3a Edição)*. (New York: Institute of Industrial Engineers. (ed.)).
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015). Lean Maintenance Roadmap. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.076>
- Mousavi-Nasab, S. H., Safari, J., & Hafezalkotob, A. (2019). Resource allocation based on overall equipment effectiveness using cooperative game. *Kybernetes*, 49(3), 819–834. <https://doi.org/10.1108/K-09-2018-0491>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM – Total Productive Maintenance* (Productivity Press (ed.)).
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of Action Research, Theory and Practice of Action Research. *University of Toronto*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Productivity Press.
- Priyono, A., & Idris, F. (2018). Analysing the adoption of lean production in remanufacturing industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(4), 697–714. <https://doi.org/10.3926/jiem.2614>
- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/app8112181>
- Resende, V., Alves, A. C., Batista, A., & Silva, Â. (2014). Financial and human benefits of lean production in the plastic injection industry: An action research study. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 5(2), 61–75. <https://doi.org/10.22116/jiems.2018.80685>
- Ribeiro, V. (2019). *Melhoria de processos usando ferramentas Lean Production numa empresa de cartonagem*. <http://hdl.handle.net/1822/62504>
- Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2020). Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1644–1661. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1672902>
- Scyoc, K. (2008). Process safety improvement-Quality and target zero. *Journal of Hazardous Materials*, 159(1), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.02.036>
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint: CRC Press*.
- Shingo, Shigeo. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED Systems*.
- Shingo, Shigeo. (1986). *Zero quality control: Source inspection and the Poka-Yoke System* (C. Press (ed.)).
- Sousa, R. M., Lima, R. M., Carvalho, J. D., & Alves, A. C. (2009). An industrial application of resource constrained scheduling for quick changeover. *IEEM 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 189–193. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2009.5373391>
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production*

- Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Susilowati, E., & Sari, A. N. (2020). *Independent Journal of Management & Production (Ijm&P)*. February, 39–53. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v>
- Wani, Z. K., Chin, J. F., & Muhammad, N. A. (2019). Common Mistakes in Running PDCA: A Survey on University Student PDCA Projects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 530(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/530/1/012042>
- Williams, K., Colin, H., Williams, J., Cultler, T., Adcroft, A., & JOhal, S. (1992). Against lean production. *Economy and Society*, 21.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking - Banish wast and create wealth in your corporation* (Simon & Schuster (ed.)).
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World* (R. Associate (ed.)).

ANEXO 1 – OBTENÇÃO DO MULTIPLICADOR DE PEGA

- Pegas Boas: Pegas boas e confortáveis.
- Pegas aceitáveis: Com pontos de apoio firmes e confortáveis.
- Pegas más: Sem pontos de apoio para iniciar a manipulação.

Tabela 14 - Multiplicador de pega

Tipo de pega	V < 75cm	V ≥ 75 cm
Boa	1,00	1,00
Aceitável	0,95	1,00
Má	0,90	0,90

ANEXO 2 – OBTENÇÃO DO MULTIPLICADOR DE FREQUÊNCIA

Tabela 15 - Multiplicador de frequência

Frequência (ele/min)	Duração do período com tarefas de elevação					
	< 1 hora		1-2 horas		2-8 horas	
	V< 75	V≥ 75	V< 75	V≥ 75	V< 75	V≥ 75
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Para valores de frequência inferiores a 0,2 elevações por minute, considerar o valor correspondente a 0,2 elevações por minute.

ANEXO 4 – FOLHA DE REGISTO DE SUCATA

BorgWarner

REFERÊNCIA: Brtw OVAL
 DATA: 13/02/20

REGISTO DE SUCATA HORÁRIA

399 489
399 489

Hora	Prod./ Hora	Peças OK	Controlo de qualidade	Defeito para sucata							Hora	
				Arranque máquina	Má soldadura	Costas NOX	Alinhamento / Tensão	Costa	Auxílio/ Penetração	Auxílio/ Alinhamento		Outros
6-7	20 47	67 402	1,5				19					
7-8	60+ 34	94 564										
8-9	5+50 40	95 570	1,5									
9-10	47+ 17+ 5	63 378	1,5	7,5+9,5	6+10,5							
10-11												
11-12	2+9 54	65 390		6,5								
12-13	7+14 30+13	94 564	1,5									
14												

Figura 59 - Exemplo de uma folha de registo de sucata diário

ANEXO 5 – DIAGRAMA DE *ISHIKAWA* OEE

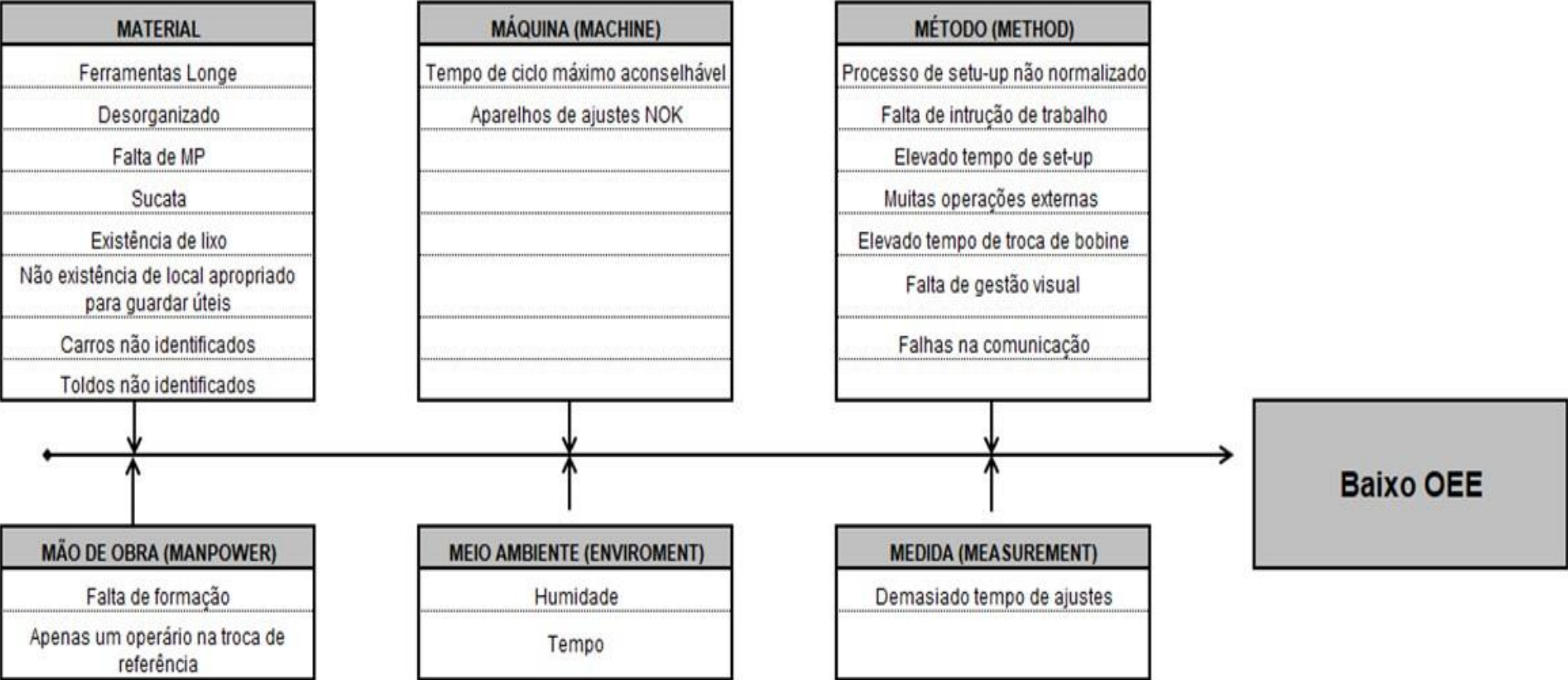


Figura 60 - Diagrama Ishikawa: baixo OEE

ANEXO 6 – DIAGRAMA DE *ISHIKAWA* SUCATA

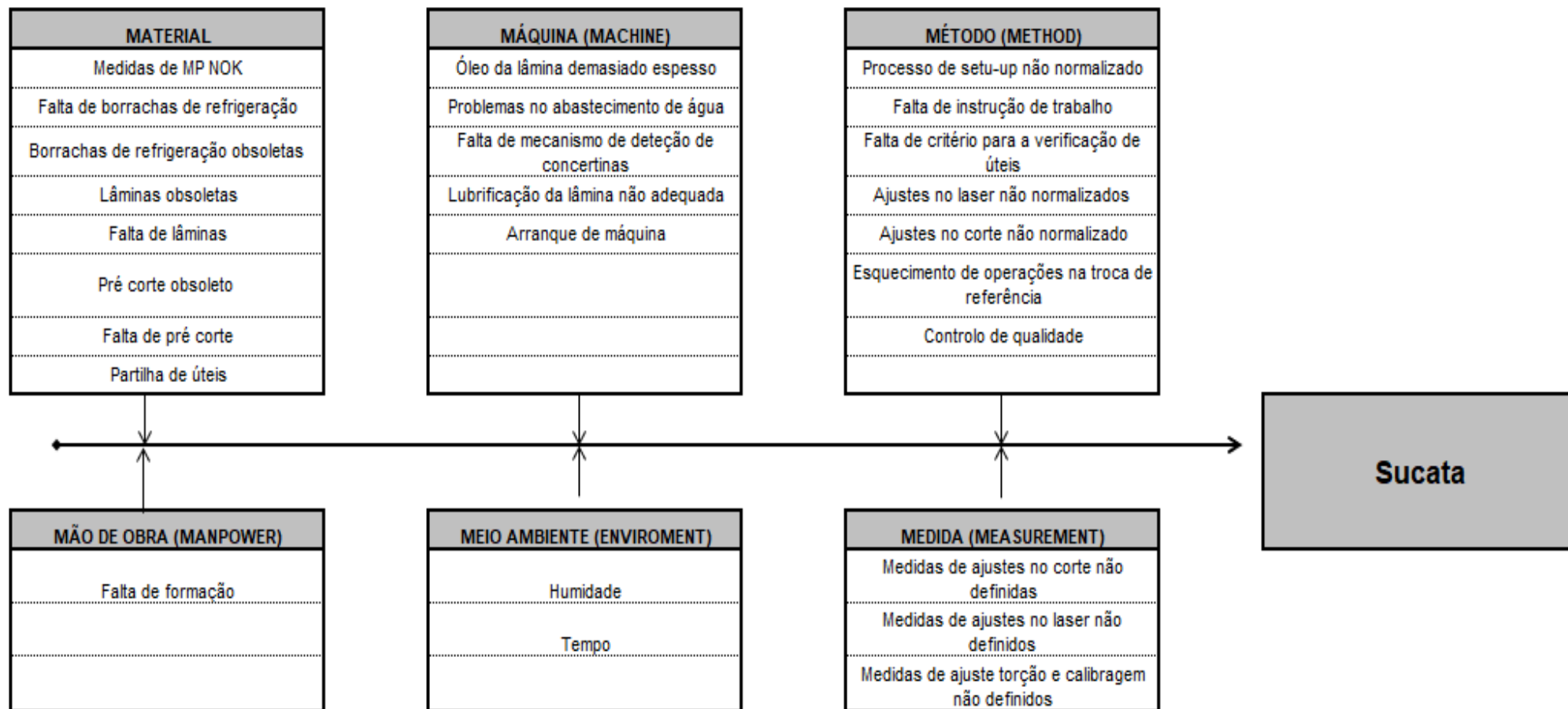
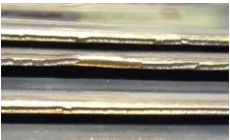


Figura 61 - Diagrama Ishikawa: Elevada sucata

ANEXO 7 - EXEMPLO DE PEÇAS VÁLIDAS E NÃO VÁLIDAS

Tabela 16 - Peças OK vs NOK

Tubo OK	Tubo NOK
1- Linearidade e Torção	
	
2 – Corte	
	
3– Teste do Abocardado	
3.1 – Primeira Expansão	
	
3.2 – Segunda Expansão	
	
4 - Esmagamento	
	

ANEXO 8 – TEMPO DE TROCA DE REFERÊNCIA ENTRE SETEMBRO E JANEIRO

Tabela 17 - Tempos de troca de referência entre setembro e janeiro

Tempo de troca de referência (min)
205
210
145
190
125
155
100
160
150
160
140
190
165
165
145
170
230
180
150
140
110
470
305
120
200

ANEXO 9 – DIAGRAMA DE OPERAÇÕES ATUAL

Nº	Descrição da tarefa	Duração		Atividades				
		min	seg	●	→	■	◐	▼
1	Solicitar Bobine							
2	Desligar bombas		3					
4	Fechar registo de produção da referência feita	1	5					
5	Abrir proteções da máquina		2					
6	Tirar proteção conformado		19					
7	Esvaziar máquina	1	22					
8	Tirar sucata e colocar no contentor de sucata		47					
9	Abrir desbobinador		2					
10	Tirar grade do desbobinador		7					
11	Tirar proteção da bobine		38					
12	Desapertar desbobinador e tirar cartão		17					
13	Buscar ferramenta ao pilar		34					
14	Tirar 3 batentes e colocar novos	4	14					
15	Meter grade no desbobinador		3					
16	Trocar os panos de limpeza	1						
17	Tirar cardans do conformado	1	6					
18	Desapertar tubo do gás da vareta interna		2					
19	Abrir câmara do laser		3					
20	Tirar parafusos do conformado	2	56					
21	Ir buscar carro das proteções do calibrado		20					
22	Tirar proteção do eddy checker e calibragem e meter no carro		32					
23	Abrir zona de refrigeração		8					
24	Buscar ferramentas		9					
25	Tirar parafusos do calibrado		40					
26	Tirar cardans do calibrado		15					
27	Buscar 1º carro vazio	1	12					
28	Buscar 2º carro vazio	1	14					
29	Montar carro vazio no calibrado	0	21					
30	Tirar calibrado para o 1º carro e tirar carro		43					
31	Montar 2º carro		19					
32	Tirar restante conformado sem vareta		13					
33	Buscar chaves ao pilar		33					
34	Tirar vareta do gás interna		54					
35	Tirar calibrado da vareta e tirar carro		27					
36	Montar carro no calibrado		11					
37	Tirar calibrado e carro		26					

Figura 62 - Diagrama de operações atual

38	Tirar dispositivo de torção e guardar		28						
39	Tirar sonda e casquilhos		40						
40	Limpar sonda e casquilhos e arrumar	1	16						X
41	Tirar borrachas	1	27	X					
42	Limpar borrachas retiradas		23						X
43	Tirar vareta externa principal		30						
44	Desbloquear cabeçal e subir		43						
45	Abrir rodilhos		41						
46	Tirar 2 rodilhos de guiamento		53						
47	Limpar 2 rodilhos de guiamento		30						
48	Tirar os 4 batentes e 4 rodilhos de soldadura	5	3						
49	Limpar 4 rodilhos de soldadura	1	4						
50	Limpar 4 batentes		37						
51	Arrumar rodilhos e batentes na caixa		31						X
52	Aspirar câmara do laser	2	20						
53	Tirar redes de proteção no corte		26						
54	Montar/procurar chaves para tirar úteis do pre corte		47						X
55	Tirar lâmina		34						
56	Tirar pré corte	1	21						
57	Desmontar pré corte do suporte		43						
58	Tirar mordças	1	46						
59	Limpar lâmina e arrumar		26						X
60	Limpar pré corte e arrumar		12						X
61	Limpar mordças e arrumar		52						X
62	Pedir ajuda para levar carros e trazer outros		19	X					
63	Espera por ajuda		26						
64	Levar os carros da referência antiga tapar e trazer novos	6	8						
65	Colocar úteis de corte junto à zona de corte		43						
66	Verificar se lâminas e mordças estão afinadas	1	10						X
67	Limpar zona de corte		37	X					
68	Foi buscar uma lamina	9	23						X
69	Colocar mordças	2	16	X					
70	Montar pré corte no suporte	1	1						

71	Montar pré corte na máquina	1	37	X					
72	Montar lâmina		59	X					
73	Arrumar chaves do laser e passar restantes ferramentas para o calibrado		28						X
74	Pegar nos úteis do laser e refrigeração e colocar na respetivas zonas		36			X			
75	Montar dispositivo de torção		20	X					
76	Procurar borrachas	1				X			
77	Colocar borrachas	2	39	X					
78	Buscar sonda		11			X			
79	Colocar sonda		27	X					
80	Buscar casquilhos		9			X			
81	Colocar casquilhos		23	X					
82	Pegar nas ferramentas e levar para o laser		16			X			
83	Colocar rodilho inferior	1	2	X					
84	Verificar rodilhos de soldadura		26						
85	Ir ao TI porque rodilho estava picado para avisar manutenção	1							X
86	Colocar 4 rodilhos de soldadura	2	3						
87	Colocar 4 batentes	8	5						
88	Colocar rodilhos de guiamento	3	3						
89	colocar vareta externa	1	26						
90	Limpar mesa do conformado e lubrificar	2	20	X					
91	Esperar ajuda	4	6						X
92	Montar carro guiado e colocar conformado da vareta		41	X					
93	Ajustar conformado e apertar parafusos		54	X					
94	Buscar uma vareta de gás	1	32			X			
95	Montar vareta externa	1	5	X					
96	Apertar cardans		39	X					
97	Colocar carro na calibragem		24	X					
98	Meter bloco de calibragem e apertar	1	27	X					
99	Apertar cardans		38	X					
100	Ligar carro dos conformados e montar conformados	3	15	X					

101	Tirar cardans que não vão ser utilizados e meter outros	1	30					
102	Apertar cardans ao conformado	1	28					
103	Arrumar dois carros vazios	2	2					
104	Mudar de luvas e colocar manguitos		53					
105	Desembalar bobine	2	33					
106	Verificar lado da rebarba		41					
107	Descer cinta da grua e meter na bobine		49					
108	Meter bobine no desbobinador	1	32					
109	Arrumar grua e comando		30					
110	Tirar autocolante e fitas		52					
111	Fixar bobine com a chave		30					
112	Colocar proteção do desbobinador		26					
113	Tirar autocolantes		23					
114	Marcar bobine com setas e cortar com ferramenta 2 pedaços		44					
115	Ver o sabre		23					
116	Cortar ponta da bobine em triângulo		9					
117	Confirmar dimensões da bobine		48					
118	Passar bobine pelo conformado até ao laser	1	15					
119	Ajustar rodilhos e altura do cabeçal	4	6					
120	Passar bobine pela refrigeração		10					
121	Medir altura a que a bobine entra no eddy checker		37					
122	Passar bobine pelo eddy checker		10					
123	Medir altura a que a bobine sai do Eddy checker		43					
124	Passar pela calibragem		14					
125	Ajustar contador de metros		24					
126	Apontar pistola		12					
127	Ajustar altura das roldanas na entrada do corte		40					
128	Fechar laser e refrigeração		14					
129	Alterar parâmetros no PC		35					
130	Soldar manualmente	1	39					

131	Corte manual e meter no contentor de sucata		24						
132	Ajustar altura do corte		16						
133	Voltar a ajustar eddy checker	1	39						
134	Fechar conformado		30						
135	Fechar calibragem e colocar teclado		39						
136	Arrumar carro das proteções		8						
137	Meter a máquina em automático		4						
138	Fazer novo corte		17						
139	Ajustar alinhamento da barra		19						
140	Trocar caixa de transporte de produto	4							
141	Furar bobine para eddy checker		34						
142	Fazer corte manual para verificar o teste do eddy checker		45						
143	Passar bobine ate cortar tubo do teste do eddy checker	3							
144	Colocar na sucata		12						
145	Fazer novo corte de 1,5 metros		13						
146	Ir para a zona de testes mecânicos		18						
147	Fazer corte em pedaços mais pequenos (4 pedaços, o primeiro é sucata)	1	34						
148	Lixar e tirar limalhas do interior (2 pedaços)		58						
149	Mudar útil de teste		11						
150	Expandir tubo no torno		26						
151	Trocar útil de teste		9						
152	Teste esmagamento		33						
153	Troca de útil de teste		10						
154	Teste para verificar se soldadura não rompe		28						
155	Lixar pedaço para a metalografia e limpar limalhas		17						
156	Fechar máquinas		4						
157	Ir para a metalografia		9						
158	Limpar os 3 pedaços		14						
159	Confirmar a largura do tubo expansionado		22						
160	Preencher etiqueta e colocar com as amostras no saco		58						

161	Polir antes do ácido	4	47					
162	Colocar tubo na camara e limpar com ar comprimido		9					
163	Meter ácido		55					
164	Esperar 4 min	4						
165	Tirar e limpar	1	3					
166	Metalografia	1	58					
166	Iniciar produção caso não dê nenhum problema nos testes							
	TOTAL de operações	107	3939	101	21	30	4	10
	Tempo (Min)		65,65	100,7	31,4	23,4	11,5	5,62
			172,65	58%	18%	14%	7%	3%
			02:52					

ANEXO 10 – DIAGRAMA DE SPAGHETTI DO ESTADO ATUAL

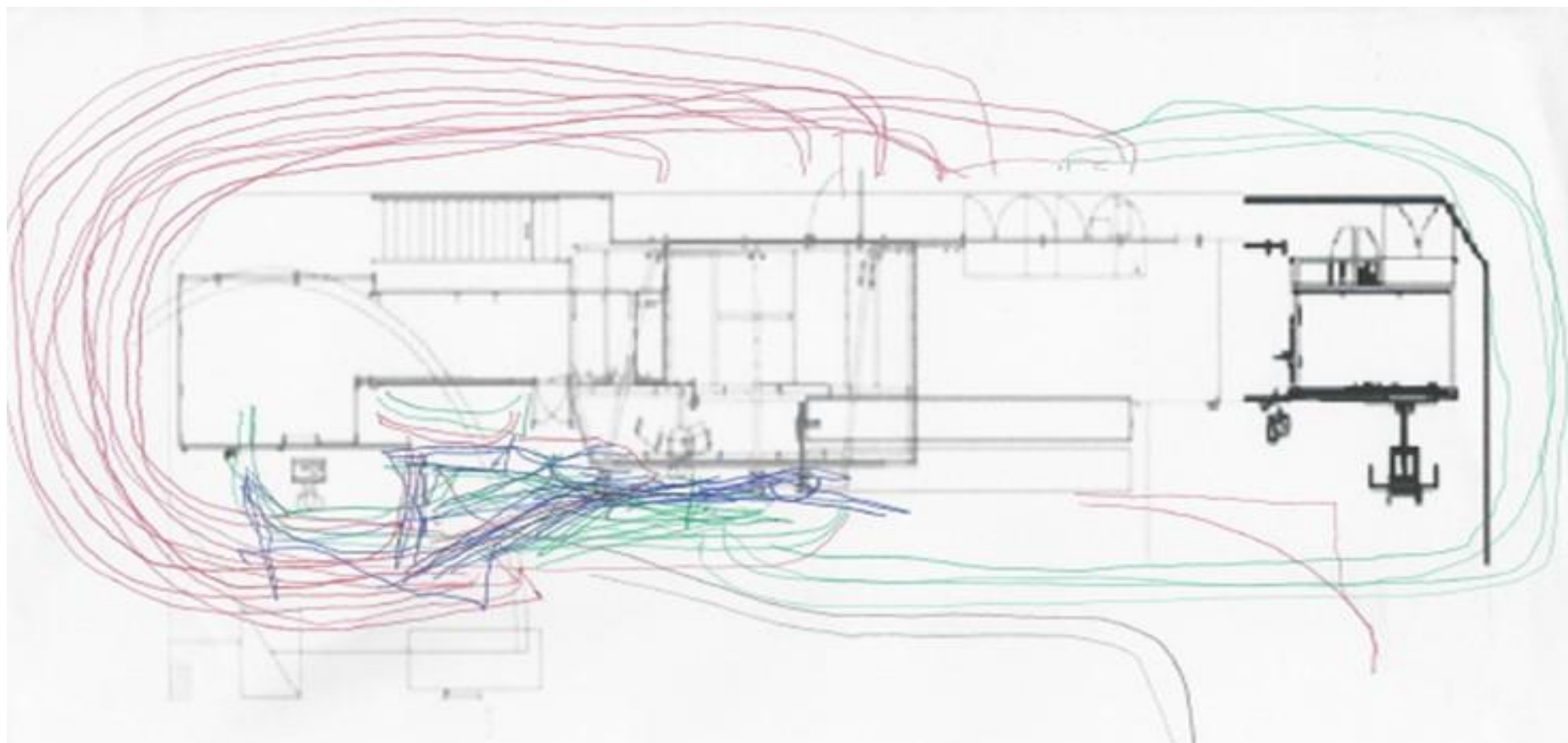


Figura 63 - Diagrama de spaghetti do estado atual

ANEXO 11 – PRIMEIRA AUDITORIA 5S

5S	Nº	Factor a verificar	Critérios de avaliação	Avaliação					
				Nº Não Conformidades	Péssimo	Mau	Razoável	Bom	Excelente
				5s NOK	0	1	2	3	4
Triagem	1	Peças ou Materiais	Existem máquinas e objectos na área de trabalho que não são utilizados	27	0				
	2	Máquinas e Equipamentos	Existem máquinas ou equipamentos não utilizados ou avariados	1				3	
	3	Úteis e Ferramentas	Todas as maquetes e ferramentas são usados regularmente	14	0				
	4	Controlo Visual	O acesso a material e ferramentas a utilizar diariamente é adequado	6	0				
	5	Padrões para Eliminação	Há padrões claros para eliminação de excessos	25	0				
Arrumação	6	Etiquetas de Armazenagem	Há etiquetas a identificar locais de armazenagem (matéria-prima, produto final, ferramentas)	151	0				
	7	Itens Armazenados	Todas as caixas estão identificadas e sem sujidade	7					
	8	Indicadores de Quantidade	Há indicações claras sobre a quantidade mínima e máxima de stock	0					4
	9	Identificação da Linha, Linhas Divisórias	A linha de pó de placa identificativa com o nome e produto que se fabrica; As linhas divisórias são visíveis.	0					4
	10	Úteis e Ferramentas	A armazenagem de maquetes de controlo e ferramentas está bem organizada, com fácil acesso e minimizando o movimento de pessoas.	7	0				
Limpeza	11	Piso	O piso está limpo? Existe água ou óleo no chão? As marcações de identificação de máquinas ou materiais estão bem coladas ao chão?	0					4
	12	Máquinas	Existem máquinas, equipamentos, material ou ferramentas sujos ou em mau estado de conservação?	16	0				
	13	Limpeza e Verificação	Existe material não identificado? De um modo geral o posto está limpo?	15	0				
	14	Responsabilidades de Limpeza	Há um sistema de limpeza por turno?	0					4
	15	Ar e iluminação	O ângulo e intensidade de iluminação são apropriados? O ar é limpo e inodoro?	0					4
Normalização	16	Áreas de trabalho	Há locais marcados para maquetes e ferramentas? É possível identificar se alguma coisa está em falta?	151	0				
	17	Áreas de trabalho	Há marcações na área de trabalho para máquinas, equipamentos e materiais? Existindo, estas estão devidamente coladas ao chão?	9	0				
	18	Documentação	Estão identificadas na área de trabalho a zona de arrumação para documentação?	0					4
	19	Normas	Existem normas no posto de trabalho (games de controlo, games de operação, games de embalagem), e são utilizados?	0					4
	20	Criação de ORL's	Existem instruções sobre como trabalhar com equipamentos? Essas instruções incluem também dicas sobre como se comportar em caso de avaria ou em situações imprevistas?	1				3	
Disciplina	21	Cumprimento dos Regulamentos	As normas descritas na Normalização são respeitadas em todos os locais?	0					4
	22	Planos de acções	Os planos de melhorias são realizados nos prazos estabelecidos?	0					4
	23	Desmultiplicação	Há exemplos de áreas modelo e são reaplicadas por toda a organização, neste e noutros departamentos	0					4
	24	Regras e Procedimentos	Todas as regras e conhecimentos de trabalho são conhecidos e respeitados	1				3	
	25	Auditorias	São feitas auditorias com frequência, actualizando-se indicadores planos de acção e seguimentos.	0					4

53

Figura 64 - Primeira auditoria 5S

ANEXO 12 – CÁLCULO DO PLR PARA TIRAR A REDE DE PROTEÇÃO DA MÁQUINA

Equação 8 - PLR

$$PLR = MH * MV$$

$$CC = 23kg$$

$$L = 1cm$$

$$H = 20 + \frac{1}{2} = 20.5 \text{ cm}$$

$$MH = \frac{25}{20.5} = 1,21$$

$$V = 126 \text{ cm}$$

$$MV = 1 - (0.03) * |126 - 75| = 0.847$$

$$MD = 0.82 + \frac{4.5}{86} = 0.9325$$

$$MA = 1 - (0.0032 * 180) = 0.424$$

$$PLR = 9.32 \text{ kg}$$

$$\text{Peso da rede} = 13 \text{ kg}$$

$$IE = \frac{13}{9.32} = 1.4$$

ANEXO 13 – CÁLCULO DO PLR PARA TIRAR A REDE DE PROTEÇÃO DO CARRO

$$CC = 23kg$$

$$L = 1cm$$

$$H = 20 + \frac{1}{2} = 20.5 \text{ cm}$$

$$MH = \frac{25}{20.5} = 1,21$$

$$V = 86 \text{ cm}$$

$$MV = 1 - (0.03) * |86 - 75| = 0.967$$

$$MD = 0.82 + \frac{4.5}{86} = 0.9325$$

$$MA = 1 - (0.0032 * 180) = 0.424$$


$$MH = \frac{25}{20.5} = 1.21$$

$$PLR = 10.64 \text{ kg}$$

$$\text{Peso da rede} = 13 \text{ kg}$$

$$IE = \frac{13}{10.64} = 1.22$$

ANEXO 14 – CHECK LIST EXTERNA A VERIFICAR ANTES DA TROCA DE REFERÊNCIA

		CHECK-LIST EXTERNA ANTES DA TROCA DE REFERÊNCIA DA MÁQUINA DE SOLDADURA A LASER		MÁQUINA: 110000001184
Referência terminada				
Referência a começar				
Nº Operação	Descrição	Validação		Observações
		Ok	NOK	
1	Solicitar Bobine.			
2	Carro de úteis vazios na zona de preparação.			
3	Carro de úteis novos na zona de preparação.			
6	Verificar se há WD-40.			
7	Verificar lado da rebarba da bobine.			
8	Colocar bobina na grua.			
9	Apontar torção com que acabou a produção.			
Dados da torção no fim da referência		1	2	3
Data		Team Leader		
Turno				
Colaborador				




Figura 65 - Check list a verificar antes da troca de referência

ANEXO 15 – CHECK LIST EXTERNA A VERIFICAR DEPOIS DA TROCA DE REFERÊNCIA


		CHECK-LIST EXTERNA DEPOIS DA TROCA DE REFERÊNCIA DA MÁQUINA DE SOLDADURA A LASER		MÁQUINA: 110000001184
Referência terminada				
Referência a começar				
Nº Operação	Descrição	Validação		Observações
		Ok	NOK	
1	Arrumar carros de úteis usados na última ref. No seu local.			
2	Arrumar carros de úteis que vão ser usados nesta ref. Na zona de preparação.			
3	Vareta de gás interna limpa e ok.			
4	Vareta de gás interna montada no suporte.			
5	Verificar que vareta externa está limpa e ok, com especial atenção se a roldana roda bem e não está partida.			
6	4 rodilhos de soldadura com os parafusos limpos e ok.			
7	2 rodilhos de guiamento e, se for o caso, com os suportes limpos e ok.			
8	Rodilho inferior limpo.			
9	4 batentes dos 4 rodilhos pequenos limpo e ok.			
10	Lâmina limpa e ok.			
11	Mordaças limpas e ok.			
13	Pré corte limpo e ok.			
14	Sonda limpa e ok.			
15	2 Borrachas da refrigeração limpas e ok.			
16	2 casquilhos do Eddy Checker limpos e ok.			
17	Útil de torção ok.			
18	Conformado limpo e ok.			
19	Calibrado limpo e ok.			
Data		Team Leader		
Turno				
Colaborador				

Figura 66 - Check list a verificar depois da troca de referência

ANEXO 16 – INSTRUÇÃO DE TROCA DE REFERÊNCIA

BorgWarner		INSTRUÇÃO DE TROCA DE REFERÊNCIA		Nr. da gama	0
				Revisão (Data)	0
				Página	5 de 14
Cliente	Referência Cliente	Referência BorgWarner SAP	Designação SAP		
Vários	Vários	Vários	Vários		
Operação	Descrição da operação	Posto	Nº Máquina		
-	Troca de referência da máquina de soldadura a laser	-	0 0		
OP.B	<p>10.10A- Desaperar os parafusos indicados na figura e tirar lâmina.</p> 		<p>10.11A- Desapertar suporte com pré corte e tirar segundo a ordem dos parafusos.</p> 		
	<p>10.12A- Desapertar as 2 mordças(4 parafusos cada) e tirar.</p> 				
	<p>10.1B- Abrir câmara de laser carregando na parte preta (figura 1) até que acenda a luz (Figura 2), abrir e colocar aloquete.</p> 		<p>10.2B- Subir cabeça do laser.</p> <p>10.2.1B- Desbloquear.</p> <p>10.2.2B- Rodar parafuso no sentido anti-horário.</p> 		
	<p>10.3B- Desapertar tubo de gás da vareta como indica a seta 1, desapertar aperto vermelho como indica a seta 2 e retirar a vareta mais fina. Desviar vareta de gás mais grossa.</p> 				
	<p>Elaborado por</p> <p>0</p>		<p>Aprovado por (P.L.)</p> <p>0</p>		<p>Aprovado por (M.Q.E.)</p> <p>0</p>

Figura 67 - Excerto da instrução de troca de referência

ANEXO 17 – INSTRUÇÃO DOS TESTES MECÂNICOS

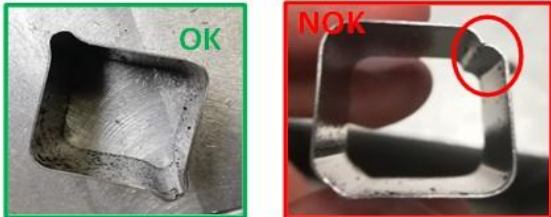

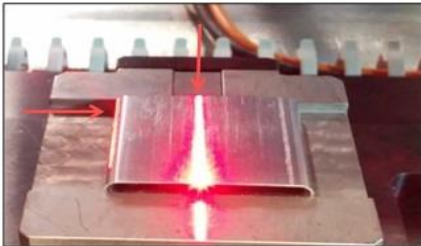
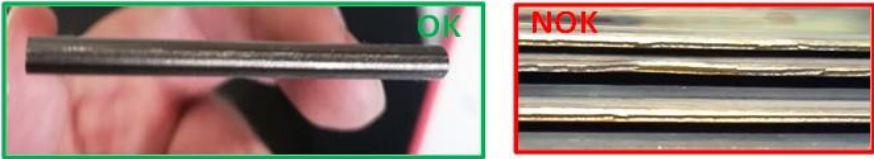
BorgWarner		INSTRUÇÃO DE OPERAÇÃO		Nº instrução:	IO 2020/180																								
				Data revisão:	15/06/2020																								
				Página:	2 de 3																								
	Cliente:	Referência interna:	Denominação da peça:																										
	BW	All	Cooler																										
	Ref Cliente:	Código do sub-conjunto:	Denominação de sub-conjunto:																										
	0	0	perfil tubo oval 6 metros																										
N.º de linha:	N.º de máquina:	Código da operação:	Código da sub-operação	Denominação da sub-operação:																									
7Y04-2	1100001184	0	0	Laser Welding - Testes mecânicos																									
Descrição Modo Operatório																													
4	Abrir porta e retirar amostra para validar de acordo com a instrução de controlo específica da referência.																												
																													
5	Trocar útil para o de esmagamento horizontal utilizando o útil da referência como mostra a tabela.																												
 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tbody> <tr><td>36,93 x 5,2</td><td>REF 1</td></tr> <tr><td></td><td>REF 2</td></tr> <tr><td></td><td>REF 3</td></tr> <tr><td></td><td>REF 4</td></tr> <tr><td>44,73 x 6,4</td><td>REF 5</td></tr> <tr><td></td><td>REF 6</td></tr> <tr><td>3,8 x 0,4</td><td>REF 7</td></tr> <tr><td></td><td>REF 8</td></tr> <tr><td></td><td>REF 9</td></tr> <tr><td>5 X 0,4</td><td>REF 10</td></tr> <tr><td></td><td>REF 11</td></tr> <tr><td></td><td>REF 12</td></tr> </tbody> </table>						36,93 x 5,2	REF 1		REF 2		REF 3		REF 4	44,73 x 6,4	REF 5		REF 6	3,8 x 0,4	REF 7		REF 8		REF 9	5 X 0,4	REF 10		REF 11		REF 12
36,93 x 5,2	REF 1																												
	REF 2																												
	REF 3																												
	REF 4																												
44,73 x 6,4	REF 5																												
	REF 6																												
3,8 x 0,4	REF 7																												
	REF 8																												
	REF 9																												
5 X 0,4	REF 10																												
	REF 11																												
	REF 12																												
6	Colocar o tubo de forma a que o laser superior coincida com o centro do tubo e que o lateral coincida com o cordão de soldadura.																												
																													
7	Igual ao Passo 3																												
8	Abrir porta e retirar amostra para validar de acordo com a instrução de controlo específica da referência.																												
																													

Figura 68 - Excerto da instrução de testes mecânicos

ANEXO 18 – ÚLTIMA AUDITORIA 5'S

5S	Nº	Factor a verificar	Critérios de avaliação	Avaliação					
				Nº Não Conformidades	Pésimo	Mau	Razoável	Bom	Exceção
				5s NOK	0	1	2	3	4
Triagem	1	Peças ou Materiais	Existem máquinas e objectos na área de trabalho que não são utilizados	1				3	
	2	Máquinas e Equipamentos	Existem máquinas ou equipamentos não utilizados ou avariados	0					4
	3	Úteis e Ferramentas	Todas as maquetes e ferramentas são usadas regularmente	0					4
	4	Controlo Visual	O acesso a material e ferramentas a utilizar diariamente é adequado	4		1			
	5	Padrões para Eliminação	Há padrões claros para eliminação de excessos	4		1			
Armação	6	Etiquetas de Armazenagem	Há etiquetas a identificar locais de armazenagem (matéria-prima, produto final, ferramentas)	0					4
	7	Itens Armazenados	Todas as caixas estão identificadas e sem sujidade	0					4
	8	Indicadores de Quantidade	Há indicações claras sobre a quantidade mínima e máxima de stock	0					4
	9	Identificação da Linha, Linhas Divisórias	A linha dispõe de placa identificativa com o nome e produto que se fabrica; As linhas divisórias são visíveis.	0					4
	10	Úteis e Ferramentas	A armazenagem de maquetes de controlo e ferramentas está bem organizada, com fácil acesso e minimizando o movimento de pessoas.	0					4
Limpeza	11	Piso	O piso está limpo? Existe água ou óleo no chão? As marcações de identificação de máquinas ou materiais estão bem coladas ao chão?	0					4
	12	Máquinas	Existem máquinas, equipamentos, material ou ferramentas sujos ou em mau estado de conservação?	3			2		
	13	Limpeza e Verificação	Existe material não identificado? De um modo geral o posto está limpo?	0					4
	14	Responsabilidades de Limpeza	Há um sistema de limpeza por turno?	0					4
	15	Air e iluminação	O ângulo e intensidade de iluminação são apropriados? O ar é limpo e inodoro?	0					4
Normalização	16	Áreas de trabalho	Há locais marcados para maquetes e ferramentas? É possível identificar se alguma coisa está em falta?	0					4
	17	Áreas de trabalho	Há marcações na área de trabalho para máquinas, equipamentos e materiais? Existindo, estas estão devidamente coladas ao chão?	3			2		
	18	Documentação	Estão identificadas na área de trabalho a zona de armação para documentação?	0					4
	19	Normas	Existem normas no posto de trabalho (games de controlo, games de operação, games de embalagem), e são utilizados?	0					4
	20	Criação de ORL's	Existem instruções sobre como trabalhar com equipamentos? Essas instruções incluem também dicas sobre como se comportar em caso de avaria ou em situações imprevistas?	0					4
Disciplina	21	Cumprimento dos Regulamentos	As normas descritas na Normalização são respeitadas em todos os locais?	0					4
	22	Planos de acções	Os planos de melhorias são realizados nos prazos estabelecidos?	0					4
	23	Desmultiplicação	Há exemplos de áreas modelo e são replicadas por toda a organização, neste e noutros departamentos?	0					4
	24	Regras e Procedimentos	Todas as regras e conhecimentos de trabalho são conhecidos e respeitados	0					4
	25	Auditorias	São feitas auditorias com frequência, actualizando-se indicadores planos de acção e seguimentos.	0					4

89

Figura 69 - Última auditoria 5'S