



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Pedro Miguel Gonçalves Fonseca

**Melhoria de desempenho de uma linha de
produção usando os princípios de Lean
Thinking numa empresa do ramo automóvel**

Junho de 2022



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Pedro Miguel Gonçalves Fonseca

**Melhoria de desempenho de uma linha de
produção usando os princípios de Lean
Thinking numa empresa do ramo automóvel**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial – ramo
Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

Junho de 2022

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 RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

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

AGRADECIMENTOS

Após dar concluído este projeto, gostaria de deixar alguns agradecimentos, não só às pessoas que me acompanharam ao longo do estágio/projeto, mas também a todas aquelas que se foram cruzando comigo e me acrescentaram algo de positivo ao longo do meu trajeto universitário.

Em primeiro lugar, uma palavra de agradecimento aos meus pais, à minha irmã, à minha madrinha e ao meu tio, por me acompanharem desde o início até ao fim desta etapa, motivando-me e aconselhando-me diariamente, por forma a extrair o melhor de mim e para nunca desistir mesmo nos momentos de maior dificuldade. Um agradecimento especial ao meu avô que mesmo não estando presente fisicamente, continua a acompanhar todo o meu trajeto. E esta conquista é para ele também.

Uma palavra à minha namorada, por estar sempre lá para mim e, fazer-me sentir que sou o melhor e que sou capaz de superar todos os desafios que a vida me impõe.

Um agradecimento ao meu orientador de estágio na empresa, o engenheiro André Seara, pela sua liderança positiva, motivando a equipa a fazer mais e melhor diariamente, prestando também o apoio e o aconselhamento necessário para a evolução de todos. Quero agradecer também à Ana Oliveira pela presença e impacto positivo que teve no meu projeto, ao Flávio Cunha por me esclarecer muitas das minhas questões e por todos os aconselhamentos, agradecer ainda ao *Team Leader* Óscar Costa e ao técnico de manutenção Nuno Branco que foram essenciais no desenvolvimento do projeto. À restante equipa dou também uma palavra de agradecimento pela forma como me integraram e suportaram em todas as ocasiões.

Um especial agradecimento à minha orientadora, a Professora Doutora Anabela Alves, pela presença e preocupação, pela prontidão na resposta às minhas questões e, pelas observações críticas e sugestões imprescindíveis para o bom direcionamento do projeto.

Por fim, um enorme agradecimento aos meus colegas e amigos pela presença ativa na minha vida ao longo de todo o meu percurso, tornando tudo mais fácil.

Obrigado a todos!

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.

Melhoria de desempenho de uma linha de produção usando os princípios de *Lean Thinking* numa empresa do ramo automóvel

RESUMO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do 2º semestre do 2º ano do Mestrado em Engenharia Industrial da Universidade do Minho do Departamento de Produção e Sistemas, na empresa do ramo automóvel BorgWarner Portugal. Este projeto teve como principal objetivo a melhoria de uma linha de produção usando os princípios de *Lean Thinking*.

Estes projeto teve por base a metodologia *Action-Research*, sendo esta caracterizada pelo papel ativo do participante em todo o processo. Posto isto, o projeto seguiu as cinco fases da metodologia: 1) diagnóstico, 2) planeamento de ações, 3) implementação de ações, 4) avaliação e discussão de resultados e 5) especificação de aprendizagem.

Na primeira fase, foi elaborada uma caracterização detalhada da linha de produção, onde foi elaborado um estudo de tempos, utilizando uma *Work Combination Table*, por forma a entender os tempos de cada operação e posto de trabalho, com o objetivo de reduzir o tempo de ciclo. Também foi elaborado um estudo aprofundado quanto à eficiência da linha de produção, sendo analisado o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e, com o suporte de ferramentas como o diagrama de causa-efeito, gráfico de Pareto e os “5 porquês?” foram identificadas as causas que mais impactavam o OEE da linha de produção.

Posteriormente, à análise da situação atual e identificação dos problemas, foram propostas ações de melhoria por forma a eliminá-los/reduzi-los. Nesta fase houve *brainstormings*, por forma a discutir solução para os problemas identificados, visto que alguns eram de índole mais técnica, onde a área da manutenção tinha um papel fulcral. Adicionalmente, ações de organização de informação e de melhoria de comunicação, tais como, a criação de um software de registo de intervenções e de um livro de parâmetros contribuíram para a melhoria contínua da linha de produção.

Para as proposta implementadas, foram obtidos resultados significativos, tais como a redução do tempo de ciclo em 1,6 segundos, a diminuição de 5% do retrabalho, 1% de sucata, 7% das avarias, correspondendo no total do projeto a um ganho de 49 971,32 €.

Palavras-Chave

Desperdícios, *Lean Thinking*, Melhoria Contínua, OEE

Performance improvement of a production line, using Lean Thinking principles in a company of automotive sector

ABSTRACT

The present dissertation was developed within the scope of the 2nd semester of the 2nd year of the Masters in Industrial Engineering at the University of Minho within the Department of Production and Systems, at the automotive company BorgWarner Portugal. This project had as main objective the improvement of a production line using the principles of Lean Thinking.

This project was based on the Action-Research methodology, which is characterized by the active role of the participant in the entire process. That said, the project followed the five phases of the methodology: 1) diagnosis, 2) planning of actions, 3) implementation of actions, 4) evaluation and discussion of results and 5) specification of learning.

In the first phase, a detailed characterization of the production line was elaborated, where a time study was carried out, using a Work Combination Table, in order to understand the times of each operation and workstation, with the objective of reducing the time of cycle. An in-depth study on the efficiency of the production line was also carried out, analyzing the Overall Equipment Effectiveness (OEE) indicator and, with the support of tools like cause-effect diagram, Pareto chart and the “5 whys?” it was possible to identify the causes that most impacted the OEE of the production line.

Subsequently, after analyzing the current situation and identifying the problems, improvement actions were proposed in order to eliminate/reduce them. At this stage there were brainstorming sessions, in order to discuss solutions to the identified problems, since some of them were from a more technical nature, where the maintenance area played a central role. Additionally, actions to sort information and improve communication, such as the creation of a software for recording interventions and a parameter book, contributed to the continuous improvement of the production line.

For the implemented proposals, significant results were obtained, such as a reduction in cycle time by 1.6 seconds, a 5% reduction in rework, 1% in scrap, 7% in breakdowns, corresponding to a total project gain of €49,971.32.

KEYWORDS

Continuous Improvement, *Lean Thinking*, OEE, Wastes

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xv
Índice de Equações.....	xvi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	4
2. Revisão da literatura.....	5
2.1 Lean Production e Toyota Production System.....	5
2.1.1 Casa Toyota <i>Production System</i>	6
2.1.2 Princípios <i>Lean Thinking</i>	7
2.1.3 Tipos de desperdícios.....	8
2.1.4 Ferramentas <i>Lean</i> e outras ferramentas utilizadas no contexto <i>Lean</i>	10
3. Apresentação da empresa.....	19
3.1 Grupo BorgWarner Global.....	19
3.2 BorgWarner em Portugal.....	19
3.2.1 Identificação e localização.....	19
3.2.2 Estrutura organizacional da BorgWarner Portugal.....	20
3.2.3 Valores e foco no ser humano.....	21
3.2.4 Tipologia de produtos.....	22

3.2.5	<i>Layout</i> da BorgWarner Portugal.....	22
4.	Descrição e análise crítica da situação atual	25
4.1	Contextualização e caracterização da linha de produção	25
4.1.1	<i>Layout</i> da linha de produção.....	26
4.1.2	Descrição da equipa de trabalho e funcionamento da linha	26
4.1.3	Referências produzidas pela linha de produção	27
4.1.4	Processo de produção e fluxo de materiais da linha de produção.....	28
4.2	Análise crítica à situação atual e identificação dos principais problemas.....	38
4.2.1	Análise dos postos e tempos da linha de produção.....	38
4.2.2	Análise da eficiência da linha de produção	44
4.2.3	Organização e Limpeza.....	63
5.	Apresentação das propostas de melhoria	65
5.1	Redução do tempo de ciclo.....	65
5.1.1	Redução do tempo de ciclo no posto de trabalho 8.....	66
5.1.2	Redução do tempo de ciclo no posto de trabalho 14	68
5.1.3	Redução do tempo de ciclo no posto de trabalho 15	70
5.2	Redução do número de defeitos	71
5.2.1	Ajuste da tensão no teste da programação	71
5.2.2	Melhoria da qualidade dos parafusos M2.5.....	72
5.3	Redução do número de avarias.....	72
5.3.1	Implementação de um botão de ativação do dovel pin e mudança do tooling (chapa + deckel)	73
5.3.2	Instrução de limpeza dos componentes recolhidos na linha de produção	74
5.4	Implementação dos 5S e Gestão Visual	75
5.5	Melhoria continua.....	77
5.5.1	Implementação do dispensador de grease	77

5.5.2	Criação de um caderno de parâmetro de manutenção	79
5.5.3	<i>Software</i> de registo de intervenções	80
5.5.4	<i>Dashboard</i> da linha de produção	80
6.	Análise e discussão de resultados	81
6.1	Redução do tempo de ciclo.....	81
6.2	Melhoria da eficiência.....	82
6.2.1	Ajuste da tensão no teste da programação	83
6.2.2	Implementação de um botão de ativação do dovel pin e mudança do tooling (chapa + deckel) 85	
6.3	Implementação do dispensador de grease	86
7.	Conclusão.....	88
7.1	Considerações finais	88
7.2	Trabalhos futuros	90
	Referências Bibliográfica.....	92
	Apêndices	95
	Apêndice 1 – Componentes utilizados nas referências da linha 7V06	96
	Apêndice 2 – Work Combination Table.....	99
	Apêndice 3 – Folha de registo de tempos.....	101
	Apêndice 4 – Amostra de tempos	102
	Apêndice 5 – Work Combination Table preenchida	104
	Apêndice 6 – Apresentação da análise das avarias aos colaboradores.....	107
	Apêndice 7 – Análise de utilização de grease	110
	Apêndice 8 – Documento de análise de avarias.....	111
	Apêndice 9 – Documento de análise de avarias – Posto de trabalho 3.....	112
	Apêndice 10 – Documento de análise de avarias – Posto de trabalho 5.....	113
	Apêndice 11 – Instrução de operação do dispensador de grease.....	114
	Apêndice 12 – Instrução de operação do dispensador de grease.....	115
	Apêndice 13 – Análise de utilização de grease após dispensador.....	116
	Apêndice 14 – Dashboard	117

Anexos	118
Anexo 1 – Folha de registo de produção.....	119
Anexo 2 – Teste à tensão de abertura da flap.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Casa Toyota Production System	6
Figura 2 – Princípios Lean Thinking.....	7
Figura 3 – Exemplo gráfico de Pareto.....	14
Figura 4 – Exemplo gráfico de Pareto.....	15
Figura 5 – Exemplo de uma Work Combination Table.....	16
Figura 6 – Entrada da BorgWarner Emissions and Thermal Portugal.....	20
Figura 7 – Estrutura organizacional da empresa.....	20
Figura 8 – Layout geral da BorgWarner Portugal.....	23
Figura 9 – Área fabril da fábrica.....	23
Figura 10 – Gráfico das peças produzidas 2021 vs pedidos 2022	25
Figura 11 – Layout da célula produtiva	26
Figura 12 – Housing da referência 12B1	28
Figura 13 – Vendas em 2021 por referência	28
Figura 14 – Rampa de abastecimento e local de colocação de grease no solenoide no posto 1	29
Figura 15 – Entrada de matéria-prima e local de colocação de grease no housing no posto 1	29
Figura 16 – Atividades do Posto 1.....	30
Figura 17 – Carrinho transportador com os componentes	30
Figura 18 – Posto 2 e 3.....	30
Figura 19 – Atividades do Posto 2.....	31
Figura 20 – Atividades do Posto 3.....	31
Figura 21 – Posto 4: a) garra do spigot e dispensador da esfera); b) Alimentador de esferas; c) Spigot e esfera cravados no housing	31
Figura 22 – a) Alimentador de anilhas; b) Alimentador do shaft seal	32
Figura 23 – Posto 6: a) Câmara de verificação da existência do o-ring; b) Garra do solenoide e garra da flap; c) O-ring inserido no housing	32
Figura 24 – Assemblagem da flap com o solenoide.....	33
Figura 25 – Parafusos M6 aparafusados.....	33
Figura 26 – Posto de trabalho 8: a) Aparafusadora; b) Parafusos M2.5 aparafusados	34
Figura 27 – Parafusos M2.5 remanchados.....	34

Figura 28 – Posto 10: a) Fugómetro; b) Vedantes	35
Figura 29 – Posto de trabalho 11	35
Figura 30 – Conector do posto de trabalho 13	36
Figura 31 – Gravação executada no posto de trabalho 14	36
Figura 32 – Posto de trabalho 15	37
Figura 33 – Posto de controlo e embalamento	38
Figura 34 – Tempos de ciclo de cada posto de trabalho	40
Figura 35 - Movimentos do posto de trabalho 1 e dimensões.....	41
Figura 36 – a) Transporte da caixa de housings; b) Colocação da caixa na rampa de abastecimento .	42
Figura 37 – Colocação de grease no housing	43
Figura 38 – Operação de colocação de grease	43
Figura 39 – OEE de outubro a dezembro na linha de produção do estudo	44
Figura 40 – Parâmetros do OEE	44
Figura 41 – Gráfico de Pareto das avarias do mês de outubro	45
Figura 42 - Gráfico de Pareto das avarias do mês de novembro	46
Figura 43 – Gráfico de Pareto das avarias do mês de dezembro.....	46
Figura 44 – Percentagem do número de avarias mais frequentes referidas pelos colaboradores	47
Figura 45 – Gráfico de Pareto referente às incidências do posto de trabalho 3.....	47
Figura 46 - Gráfico de Pareto referente às incidências do posto de trabalho 5.....	48
Figura 47 - Gráfico de Pareto referente às incidências do posto de trabalho 6.....	48
Figura 48 - Gráfico de Pareto referente às incidências do posto de trabalho 8.....	49
Figura 49 - Gráfico de Pareto referente às incidências do posto de trabalho 15.....	49
Figura 50 – Documentos de suporte expostos junto à linha de produção	50
Figura 51 – a) Dovel pin cravado no solenoide; b) Máquina de cravação de pinos.....	51
Figura 52 – a) Desgaste da chapa; b) Grease acumulado no orifício	52
Figura 53 – 5 Why's para a falha na inserção do dovel pin	52
Figura 54 – Alimentador de anilhas	53
Figura 55 – 5 Why's para a falha nos alimentadores	54
Figura 56 – Gráfico do Scrap e Rework da linha de produção referente a 2021	54
Figura 57 – Gráfico Pareto dos modos de falha de janeiro e fevereiro	55
Figura 58 – Diagrama de causa-efeito do Aparafusamento M2.5	56
Figura 59 – Parafuso nº1 Ok e Parafuso nº2 NOk.....	56

Figura 60 – a) Diâmetro da “cabeça” do parafuso (A); b) Profundidade (t) da “cabeça do parafuso....	57
Figura 61 - Diagrama de causa-efeito da Programação NOK	58
Figura 62 – a) Medição da tensão fornecida à saída do conector; b) Tensão de abertura da flap em bancada	59
Figura 63 – Tensão à saída do conector visualizado na máquina	59
Figura 64 - Diagrama de causa-efeito das fugas	60
Figura 65 – a) Fuga pelo conector; b) Housing danificado e fuga pela esfera	61
Figura 66 – Presença de limalhas no Shaft Seal.....	62
Figura 67 – Garra de inserção	62
Figura 68 – a) Falta de identificação dos componentes; b) Falta de identificação no posto de trabalho 1	63
Figura 69 – Componentes espalhados fora da máquina	63
Figura 70 – Pinceis do posto de trabalho 1 em local indevido.....	64
Figura 71 – Supermercado lado do abastecimento.....	64
Figura 72 – Movimentos da aparafusadora	66
Figura 73 – Peça no posto de trabalho 8	67
Figura 74 – Background da marcação a laser	69
Figura 75 – Marcação a laser sem background.....	69
Figura 76 - Imagem da câmara de controlo da marcação a laser.....	70
Figura 77 – a) Offset de -0,04V; b) Medição da tensão fornecida à saída do conector após a mudança	71
Figura 78 – Tensão de abertura antes e depois do ajuste	72
Figura 79 – a) Botão de ativação do dovel pin; b) Ativação do botão	73
Figura 80 – a) Deckel + chapa; b) Máquina de cravação de pinos	74
Figura 81 – Supermercado com a identificação de prateleiras.....	75
Figura 82 – Organização dos cartões Kanban do supermercado da linha de produção.....	76
Figura 83 – Componentes descobertos na limpeza da linha de produção	76
Figura 84 – a) Dispensador de outra linha de produção; b) Dispensador de grease implementado na linha em estudo.....	77
Figura 85 – Nova entrada de housings e colocação de grease.....	78
Figura 86 – Caderno de parâmetros de manutenção.....	79
Figura 87 – Menu do software de registo de intervenções	80

Figura 88 – Tempos após atualização no posto de trabalho 8.....	81
Figura 89 – Evolução do OEE ao longo do projeto	82
Figura 90 – Evolução do problema “Programação NOK”	83
Figura 91 – Evolução da rejeição do teste da “hysteresis”	83
Figura 92 – Evolução da sucata e do retrabalho da linha 7V06.....	84
Figura 93 – a) Evolução do tempo de paragem do PT 3; b) Evolução das avarias (%) da linha de produção	85
Figura 94 – Peças por turno da linha de produção	87

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes utilizados nas referências produzidas na linha 7V06.....	27
Tabela 2 – Análise dos Parafusos M2.5	57
Tabela 3 – Dados da tensão de abertura e de fecho de 10 peças em volts	58
Tabela 4 – Dados de 10 amostras que testaram com fugas	60
Tabela 5 – Plano de ações segundo os 5W2H.....	65
Tabela 6 – Atualização do Tempo de Ciclo do posto de trabalho 8.....	68
Tabela 7 - Atualização do Tempo de Ciclo do posto de trabalho 14.....	69
Tabela 8 – Cálculo dos ganhos com a melhoria do tempo de ciclo no PT8	82
Tabela 9 - Cálculo dos ganhos com a melhoria do retrabalho	84
Tabela 10 - Cálculo dos ganhos com a melhoria das avarias	85
Tabela 11 – Ganhos na utilização de grease após a implementação do dispensador.....	86
Tabela 12 – Síntese dos resultados obtidos.....	87

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo do índice de disponibilidade	13
Equação 2 – Cálculo do índice de velocidade	13
Equação 3 – Cálculo do índice de qualidade	13
Equação 4 – Cálculo da métrica OEE.....	13
Equação 5 – Cálculo do takt-Time.....	39
Equação 6 – Cálculo do MOD necessária teórica.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

JIT - *Just-In-Time*

KPI - *Key Performance Indicator*

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

PT – Posto de trabalho

SMED - *Single Minute Exchange of Dies*

TC – Tempo de ciclo

TPS – *Toyota Production System*

TT - *Takt-Time*

VSM - *Value Stream Mapping*

WIP - *Work-In-Progress*

WTC - *Work Combination Table*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo pretende-se apresentar um breve enquadramento da Indústria Automóvel e do tema em estudo, assim como os seus objetivos, a metodologia de investigação utilizada e a estrutura do documento.

1.1 Enquadramento

No último século, a indústria automóvel sofreu várias mudanças. Numa fase inicial, os automóveis eram produzidos um por um e de forma praticamente artesanal, os colaboradores eram especializados e fabricavam o carro do início ao fim. Após o despertar da era industrial, as fábricas começaram a produzir em massa, nas linhas de montagem elaboradas por Ford, indo ao encontro dos princípios da Gestão Científica de Taylor (Taylor, 1911).

Com a globalização dos processos e o aumento da competitividade, os fabricantes foram obrigados a melhorarem diariamente (Nitu & Gavriluta, 2019), por forma a obterem vantagem em relação à concorrência. As empresas devem estar bem organizadas, estruturadas e com um planeamento bem definido (Lanke et al., 2016), e deste modo acompanharem a evolução e as inovações do mercado, terem um conjunto alargado de produtos, responderem no tempo certo ao cliente, terem uma qualidade de excelência e tanto os processos como os equipamento otimizados (Gal et al., 2019), para que assim consigam atingir a satisfação do cliente.

É neste sentido que as empresas deste setor, tendo como exemplo a Toyota, começaram a implementar filosofias tais como o *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996) que tem como objetivo a eliminação de todas as tarefas que não acrescentam valor a um produto, do ponto de vista do cliente (Ohno, 1988) para desta forma aumentar a produtividade e reduzir o custo.

Foi em 1990, que surgiu o termo *Lean Production* no livro "*The Machine that changed the world*" escrito por Womack, Jones e Roos (Womack et al., 1990). Neste é retratado um estudo detalhado da indústria automóvel mundial, onde ficaram evidentes os benefícios da aplicação da metodologia *Lean Production* a nível da produtividade, qualidade e desenvolvimento dos produtos. Em suma, o livro demonstrava a evolução e o sucesso da indústria japonesa, mais propriamente, da empresa Toyota, comparando aplicação desta metodologia com as empresas da indústria americana (Womack et al., 1990), denominando de *Lean Production* como termo ocidental da *Toyota Production System* (TPS) (Monden, 1998) e, posteriormente, foram propostos os princípios *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996).

Associado a esta metodologia foram surgindo ferramentas de apoio para a identificação e eliminação do desperdício tais como: *Single Minute Exchange of Dies* (SMED), 5S, *Value Stream Mapping* (VSM), Gestão Visual, diagrama de causa-efeito, entre outras (Ortiz, 2006). De um modo geral, esta metodologia procura “*doing more with less*” (Womack et al., 1990), ou seja, fazer mais com menos recursos, recursos esses que podem ser humanos, equipamentos, tempo, espaço, entre outros. É importante também apostar em sistemas ágeis, dinâmicos e não estáticos (Alves et al., 2015), por forma acompanhar a constante evolução do mercado e ter um maior poder de adaptação às circunstâncias.

A empresa onde vai ser realizado este projeto, a BorgWarner, é uma empresa do setor automóvel que pretende acompanhar as exigências do mercado e por isso a aplicação dos princípios *Lean Thinking* está intrínseca às operações diárias da empresa. Para isso o sistema de produção é constantemente analisado (Correia, 2018; Dias, 2013; Fiuza, 2020; Oliveira, 2020) para que o seu desempenho seja melhorado.

A linha escolhida para este estudo, sofreu um aumento de volumes para o ano de 2022, e por forma a cumprir os objetivos do cliente, era necessário melhorar o desempenho da mesma. Posto isto, foi elaborada uma análise detalhada à linha, onde foram identificadas algumas ineficiências tais como avarias de máquinas e alta taxa de defeitos, e também alguns desperdícios no processo, que se pretendeu resolver.

1.2 Objetivos

Os objetivos deste projeto de dissertação passaram por melhorar o desempenho de uma linha de produção utilizando os princípios *Lean Thinking*. Para a concretização deste objetivo, foi necessário cumprir as seguintes etapas:

- Calcular *Takt-Time* e realizar um estudo dos métodos e tempos;
- Identificar o tempo de ciclo, *bottleneck* e os desperdícios da linha em estudo;
- Identificar e calcular *Key Performance Indicators* (KPI), como o OEE *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), produtividade, sucata, retrabalho e avarias;
- Implementar 5S;
- Reconfigurar o *layout*;
- Realizar formações com os colaboradores;

Concretizadas estas etapas espera-se:

- Aumentar a capacidade disponível e utilizada da linha;

- Reduzir os desperdícios;
- Melhorar a qualidade e disponibilidade da linha;
- Aumentar a produtividade;
- Reduzir custos.

1.3 Metodologia de investigação

Para a realização deste projeto de dissertação, foi elaborada uma análise à literatura existente, através da consulta de artigos científicos, livros e projetos relacionados não só com o tema, mas também anteriormente realizados na empresa onde foi desenvolvido este projeto. Deste modo, foi possível obter conhecimento do estado de arte sobre o tema a desenvolver ao longo da dissertação: *Lean Thinking*. Com esta base de conhecimento, realizou-se uma revisão de literatura com as ideias fundamentais e mais relevantes para a dissertação.

No que diz respeito à investigação, foi utilizada a metodologia *Action-Research* (Investigação-Ação), esta foi desenvolvida por Kurt Lewin, a qual tem como princípio base “*learning by doing*” (Lewis et al., 2009). Segundo Coutinho (2009, p. 360) a Investigação-Ação pode ser descrita como uma “...família de metodologias de investigação que incluem ação (ou mudança) e investigação (ou compreensão) ao mesmo tempo, utilizando um processo cíclico ou em espiral, que alterna entre ação e reflexão crítica”. Nesta existe o envolvimento de todos os intervenientes e não apenas do investigador, por forma a que a direção do projeto corresponda às expectativas de todas as partes interessadas. Esta metodologia divide-se em cinco etapas executadas de forma cíclica que foram seguidas neste projeto, nomeadamente: 1) diagnóstico, 2) planeamento de ações, 3) implementação de ações, 4) avaliação e discussão de resultados e 5) especificação de aprendizagem (O'Brien, 1998).

Na fase de diagnóstico foi realizada inicialmente uma observação e uma análise crítica do sistema produtivo, por forma a elaborar uma caracterização e uma análise de desempenho produtivo. Para execução desta primeira fase, foi essencial não só conhecer os colaboradores que lideravam e operavam na linha de produção em estudo, mas também o sistema produtivo em si, através da observação das atividades e análise da documentação referente ao processo. Foi igualmente importante a elaboração de novas recolhas e análises de dados para que houvesse uma visão independente do sistema produtivo. Neste seguimento foi realizado um estudo dos tempos de trabalho, identificando o tempo de ciclo, o *bottleneck* e os desperdícios da linha de produção. Foram calculados e analisados *Key Performance Indicators* (KPI) como o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), produtividade, retrabalho, avarias,

sucata, por forma a obter uma caracterização da linha de produção. Adicionalmente foram utilizadas ferramentas como o diagrama de Causa-Efeito, 5 *Why's* e gráfico de Pareto para a identificação de causas dos problemas e determinação o impacto dos mesmos.

Na fase de planeamento de ações foi feita uma análise às oportunidades de melhoria que foram identificadas para os problemas anteriormente diagnosticados, tal como os possíveis caminhos a seguir, por forma a resolver eficazmente os problemas.

Na fase de implementação foram executadas as tarefas anteriormente planeadas, com o objetivo de melhorar o processo produtivo. Durante a implementação as ações, eram anotados os resultados e informações úteis, por forma acompanhar o desempenho das ações.

Na fase de avaliação e discussão de resultados, foram recolhidos novos dados e foi realizada uma nova avaliação e análise da linha de produção, por forma a comparar o estado inicial com o final. Desta forma foi possível concluir sobre a efetividade das ações implementadas.

Na fase de especificação de aprendizagem é elaborada uma conclusão final sobre o projeto desenvolvido com as informações mais relevantes e resultados obtidos (Coughlan & Coughlan, 2002). São especificadas também as aprendizagens adquiridas ao longo de todo o projeto.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação é composta por 7 capítulos. No primeiro, a introdução, é elaborado um enquadramento geral do projeto, identificam-se os objetivos, é apresentada a metodologia utilizada no projeto e a organização da dissertação.

O segundo capítulo consiste numa revisão de literatura sobre o tema abordado durante o projeto, tal como os seus fundamentos, no terceiro capítulo é apresentada a empresa onde foi realizado este projeto de dissertação.

No que diz respeito ao quarto capítulo, é descrito, analisado e apresentado o estado atual da linha de produção em estudo, assim como, os problemas identificados. Neste seguimento, no quinto capítulo, são apresentadas propostas de melhoria para os problemas expostos no capítulo anterior.

No sexto capítulo são expostos e analisados os resultados obtidos através das implementações das propostas descritas no quinto capítulo.

No sétimo, e último capítulo são apresentadas as considerações finais e ainda, algumas sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo aborda conceitos e ferramentas que serviram de base para a realização deste projeto. É apresentada numa fase inicial a evolução histórica da filosofia *Lean*, tal como o conceito Toyota *Production System* (TPS) e a sua representação: a casa TPS. Neste seguimento, são abordados os ideais defendidos por esta filosofia e também são expostas as ferramentas utilizadas de identificação e combate aos problemas identificados ao longo do projeto.

2.1 Lean Production e Toyota Production System

A metodologia *Lean Production* surgiu na Toyota após a 2ª Guerra Mundial com vista a combater a evolução da indústria americana que se apoderava do mercado automóvel, numa altura em que o Japão tentava reagir a uma grande recessão e limitações devido à derrota (Monden, 2011). No entanto, alguns líderes industriais japoneses, Toyoda Kiichiro, Shingeo Shingo e Taiichi Ohno, donos da Toyota, por forma a contornar as adversidades, desenvolveram um novo e disciplinado sistema de produção, chamado Toyota *Production System*, sendo este um sistema novo de produção que oferecia uma variedade de produtos, garantindo maior qualidade a um menor preço (Liker, 2004).

Os princípios considerados deste sistema tinham como base o combate aos tempos não produtivos, desorganização, falta de padrões de qualidade e excesso de produção (Ohno, 1988). Assim, era possível obter uma maior eficiência e com a criação de *standards* conseguir um modelo de produção que contribuísse para uma maior competitividade no mercado.

Apesar dos resultados positivos tanto a nível financeiro como a nível de qualidade de produto com a utilização desta metodologia da Toyota, apenas só foi revelada e conhecida com a publicação do livro "*The Machine that Change the World*" em 1990 dos autores Womack, Jones e Roos (Holweg, 2007). É neste livro que é introduzido pela primeira vez o termo *Lean Production*, por forma a representar a visão da metodologia da Toyota que conseguia fazer mais com menos (*doing more with less*). Este livro também faz a comparação do sistema produtivo americano com o japonês, demonstrando a força da indústria japonesa, o que chamou atenção de muitas empresas de diversos setores para seguirem este novo modelo. Porém, algumas pessoas não compreendem que até ao surgimento da filosofia *Lean* existiu uma compreensão da indústria e um desenvolvimento metodológico de mais de meio século e, portanto, tentam aplicar a filosofia somente copiando as ferramentas da mesma. Por esta razão, as organizações acabam por falhar na aplicação da filosofia *Lean* e, por conseguinte, não conseguem melhorar os seus processos ou então obtendo apenas resultados positivos pontuais (Kaplan et al., 2014).

Apenas foi possível verificar a evolução da Toyota com a utilização desta metodologia, através do empenho na reestruturação a nível organizacional. Para isso, foi necessário o envolvimento de todos os colaboradores, desde os operários até à gestão de topo da organização, por forma a mudarem o paradigma e trabalharem em conjunto sistematicamente na melhoria continua (Rother, 2009).

2.1.1 Casa Toyota Production System

Com o grande sucesso da metodologia da Toyota, o Toyota *Production System* (TPS), Fujio Cho desenvolveu um diagrama que demonstrasse os princípios e as ideias do TPS. Este ficou conhecido como a casa TPS, representada na Figura 1. Esta contém uma base, dois pilares e um telhado, onde cada estrutura representa um dos princípios do TPS. Sendo este um sistema estrutural, todas as partes têm de estar presentes para que o sistema funcione, caso alguma das estruturas estiver enfraquecida todo o sistema acaba por enfraquecer também (Liker & Morgan, 2006).

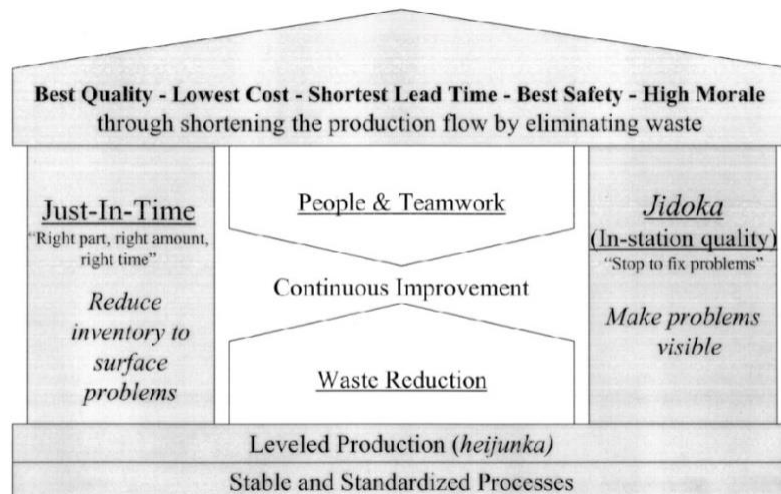


Figura 1 – Casa Toyota Production System
(Liker & Morgan, 2006)

O telhado da casa TPS, é a estrutura que representa o objetivo da metodologia, onde o pretendido é reduzir o fluxo produtivo através da eliminação de desperdícios, o que permite obter uma qualidade melhor, um menor custo e *lead time*, mais segurança e uma motivação elevada (Liker, 2004).

A casa do TPS é estruturada com dois pilares: JIT (*Just-In-Time*) e *Jidoka*. O *Just-In-Time* refere que devemos produzir o produto correto, na quantidade necessária e no momento certo (Liker & Morgan, 2011). Através do JIT, o pretendido é reduzir o *Work-In-Progress* (WIP) e os stocks (Liker, 2004). Agregado ao JIT, está o conceito de *Tackt-Time*, que nos indica a cadência de cada pedido, contribuindo para prever o tempo necessário de produção para colmatar os pedidos dos clientes (Ohno, 1988).

O segundo pilar é denominado de *Jidoka*, mais conhecido como “*automation with human touch*” (Liker, 2004), isto é referente a máquinas que tenham um controlo do *standard*, por forma que consigam detetar

erros e parar de imediato a máquina quando assim acontecer. Também devem existir mecanismos que facilitem ao operador parar o processo caso o erro seja detetado. A criação de *Poka-Yokes*, sistemas de anti erro, são dispositivos de deteção de defeitos na fonte, por forma a não permitir a propagação do erro, evitando problemas em processos *à posteriori* (Liker & Morgan, 2006).

A estrutura interna da casa TPS representa a melhoria contínua (Kaizen), que é dependente das pessoas, do trabalho de equipa e da eliminação de desperdícios. Nesta fase da casa, é importante realçar o poder da influência positiva de todos os colaboradores da organização, por forma a que sigam a direção da melhoria contínua e acreditem na utilização das técnicas e ferramentas de apoio à eliminação de desperdícios (Imai, 1997).

A casa TPS tem como base o *Heijunka* e o *Standardized Processes*. O *Heijunka* é referente ao nivelamento da produção, por forma a obter estabilidade no sistema, reduzir *stocks* e custos (Liker, 2004). *Standard Process* significa processos padronizados, isto vai permitir às organizações um sistema mais estável, previsível, controlado e fácil de gerir (Liker & Morgan, 2006).

2.1.2 Princípios *Lean Thinking*

De modo a simplificar e ajudar as empresas na implementação da filosofia *Lean*, no livro da autoria de Womack e Jones em 1996 chamado de "*Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*" são apresentados os cinco princípios *Lean* como o "antídoto para o desperdício".

Os princípios são visualizados numa sequência lógica, por forma a orientar as organizações nos passos a seguir na implementação da filosofia *Lean* (Womack & Jones, 1996).

Na Figura 2 estão apresentados os cinco princípios que são posteriormente descritos.

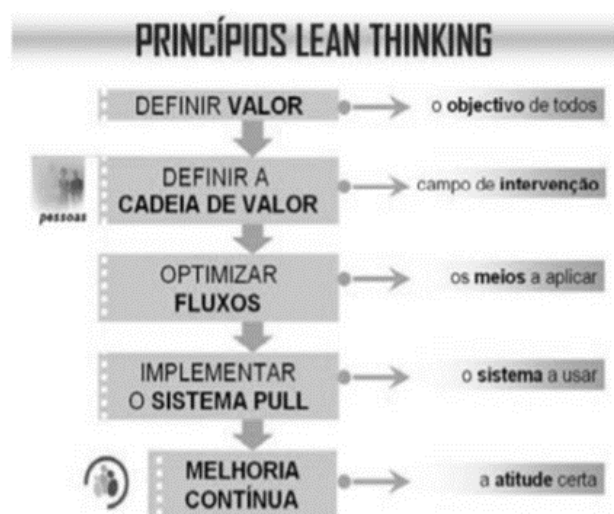


Figura 2 – Princípios *Lean Thinking*
(Pinto, 2014)

- **Definir valor:** Este deve ser o ponto de partida para toda a organização, não é a empresa quem define o que é "valor", mas sim o cliente. As organizações devem avaliar o que o cliente está disposto a pagar, e incluir isso no processo produtivo e, desta forma, pode obter melhores resultados.
- **Definir a cadeia de valor:** Neste ponto a empresa deve identificar a sua cadeia de valor. É necessário analisar o valor existente e procurar identificar os desperdícios para que estes sejam eliminados. São identificadas três tipos de atividades, as que acrescentam valor para o cliente, as que não acrescentam valor para o cliente, mas são necessárias, portanto devem ser melhoradas e as que o cliente não está disposto a pagar, por isso devem ser eliminadas (Shingo, 1989). É importante olhar para a cadeia como um todo e não somente para o processo produtivo, tendo em conta os fornecedores, passando pela criação do produto e por fim o consumidor final.
- **Fluxo:** O principal objetivo é a redução do tempo de resposta ao cliente e aumentar a flexibilidade na produção. Para isto é necessário eliminar tempos de espera e *stocks* intermédios (que não sejam necessários), com um maior controlo do que é necessário e olhar para o processo como um todo para conseguirmos criar uma maior fluidez e alcançar o objetivo que é desenrolar o fluxo ao ritmo dos pedidos de clientes (Pinto, 2008).
- **Sistema *Pull*:** O sistema *pull* baseia-se na produção à medida das necessidades dos clientes, por forma a não existir *stocks*, entrega do produto na quantidade certa e no tempo, melhorando assim o processo produtivo.
- **Perseguir a perfeição:** O que significa melhoria contínua, pois com o passar do tempo vai existir alterações a todos os níveis, de mercado, tecnológico, dos processos, vai haver novas exigências e necessidades dos clientes. Por estas razões, é necessário que as organizações acompanhem as evoluções e que se foquem na melhoria contínua, por forma a serem melhores a cada dia que passa e mais competitivas.

2.1.3 Tipos de desperdícios

Um dos princípios mais importante na filosofia *Lean* é eliminar os desperdícios, com o objetivo de reduzir custos, prazos de entrega e aumentar a produtividade e a qualidade de produtos e serviços.

Numa forma simples, desperdício ou "Muda", palavra em japonês, é tudo aquilo que não acrescenta valor aos processos e aos fluxos de valor de uma organização (Ohno, 1988). Adicionalmente, o

desperdício vai contribuir para o aumento de custo do produto para o cliente, o que vai acabar por se tornar uma desvantagem competitiva.

Ohno (1988), identificou sete tipos de desperdícios:

- **Stocks:** É o armazenamento de matéria-prima, de produto semiacabado ou final. O avolumado número de *stock* acaba por acarretar custos de armazenamento, transporte e recursos (Bell, 2005). Adicionalmente, uma organização que tenha este problema pode apresentar algumas lacunas nos tempos de produção.
- **Esperas:** Este tipo de desperdício é facilmente identificado e refere-se ao período em que recursos, tais como materiais, ferramentas ou pessoas estão efetivamente parados. Este desperdício ocorre geralmente quando há falta de matéria-prima, processos pouco eficientes e avarias nas máquinas.
- **Defeitos:** Acontece quando um produto não está em conformidade com as especificações do cliente, estes são provocados geralmente por problemas de produção. Os defeitos em produtos acarretam um maior número de sucata, retrabalho, inspeções, e conseqüentemente um aumento de custos para a organização (Amaro & Pinto, 2007).
- **Excesso de produção:** Existe quando se produz mais artigos do que os necessários e pedidos pelo cliente. Quando isto acontece, vai gerar a criação de mais *stock*, de mais transportes e movimentos de colaboradores, pode provocar novos defeitos, ou seja, a produção excessiva pode gerar outros desperdícios e por vezes esconder a causa raiz dos problemas (Ohno, 1988).
- **Movimentação:** É referente a todas as atividades onde o colaborador se movimenta desnecessariamente, como por exemplo na procura de ferramentas, neste caso esta ação não agrega valor ao cliente, portanto este não está disposto a pagar por ela.
- **Excesso de processos:** São todos os processos que não são necessários e acabam por apresentar um custo acrescido para a empresa. Geralmente é proveniente de um uso ineficiente de ferramentas, equipamentos e recursos.
- **Transporte:** O transporte inclui todas as deslocações de matéria-prima, equipamentos e produtos que podem estar finalizados ou por terminar. Quanto maior for o número de transportes, maior vai ser o desperdício, porque não só vai existir uma maior despesa para a organização devido ao uso de recursos (equipamentos, energia e mão-de-obra) e materiais

(finalizados ou não), mas também existe uma maior probabilidade de haver produtos com defeito devido ao seu transporte.

Posteriormente um outro desperdício foi identificado por Liker (2004) e é designado como "Subutilização dos talentos e capacidades dos colaboradores". Este desperdício está relacionado com o aproveitamento reduzido das capacidades e habilidades dos colaboradores. É essencial saber o potencial das pessoas envolvidas numa organização, por forma a que seja possível extrair o máximo proveito delas e existir um desenvolvimento contínuo das capacidades das mesmas (Alves et al., 2012).

2.1.4 Ferramentas *Lean* e outras ferramentas utilizadas no contexto *Lean*

Esta secção pretende apresentar algumas ferramentas *Lean* fundamentais para o desenvolvimento deste projeto, acrescentando outras que foram importantes no contexto desta dissertação.

2.1.4.1 Técnica 5S e Gestão Visual

A técnica 5S é implementada pela primeira vez em 1960 por Taiichi Ohno com o objetivo de melhorar constantemente o posto de trabalho, por forma a aumentar a produtividade e de diminuir os desperdícios associados aos processos (Maxey et al., 2004).

Esta filosofia faz referência a um conjunto de cinco palavras japonesas iniciadas pela letra "S": *SEIRI*, *SEITON*, *SEISO*, *SEIKETSU* e *SHITSUKE*. Estes cinco sentidos começados pela letra "S" significam:

- "Seiri": Remover tudo aquilo que não acrescenta valor e não é importante para a realização da operação no posto de trabalho, tal como ferramentas e utensílios inutilizados, possibilitando assim a libertação de espaço (Leming-Lee et al., 2019);
- "Seiton": Organizar todo o material que é utilizado no posto de trabalho, garantindo que todos os itens possuem um espaço específico, por forma a eliminar tempos de deslocação na busca de ferramentas. Neste ponto, é relevante organizar a zona de trabalho de forma visual, para tornar mais intuitiva a localização de cada ferramenta (Maxey et al., 2004);
- "Seiso": Limpeza do posto de trabalho e remoção da sujidade, resíduos e poeiras de todos os componentes, equipamentos e itens utilizados, por forma a preservar os equipamentos e evitar a contaminação dos produtos (Leming-Lee et al., 2019);
- "Seiketsu": Foca-se em documentar e padronizar os "S" anteriormente descritos, garantindo que existem rotinas na aplicação dos mesmos;

- “Shitsuke”: O último “S” tem como objetivo sensibilizar os colaboradores para preservar os quatro sentidos anteriores. Para tal, são elaboradas ações, tais como auditorias internas periódicas aos postos de trabalho, por forma a garantir que a equipa continua a dar seguimento ao trabalho que foi anteriormente realizado.

Com aplicação desta ferramenta e o acompanhamento contínuo da sua utilização, podem ser geradas inúmeras vantagens para a organização. Por exemplo, com aplicação de 5S, Correia (2018) além de melhorar a organização e limpeza que estão intrínsecos a esta ferramenta, conseguiu um aumento de segurança, redução de custos, maior eficiência da linha de produção e criação de padrões de trabalho, eliminando tarefas que não geram valor para o cliente.

Associado a esta ferramenta e aplicado muitas vezes em conjunto encontra-se a técnica gestão visual, principalmente no segundo S. Esta técnica ajuda os colaboradores, ao serem utilizados itens visuais, tais como cores, identificação de espaço, etiquetagem de componentes, sinais luminosos, entre outros, na tomada de decisão correta, mais eficiente e de forma intuitiva (Parry & Turner, 2006).

2.1.4.2 *Standard Work*

O *Standard Work* é a identificação e formalização dos procedimentos, da melhor sequência e método de trabalho, tornando o processo mais eficiente para cada trabalhador (Monden, 2011). As informações que constam no *Standard Work* devem ser claras, objetivas e condensadas num documento, apresentando todos os dados essenciais relativamente às etapas do processo produtivo, colaboradores que executam as operações e objetivos do fluxo de trabalho (Productivity Press Development Team, 2002), por exemplo, Fiuza usou o *Standard Work* para a normalização de processos (Fiuza, 2020).

Segundo Ohno (1998), existem três parâmetros para uma implementação bem-sucedida do *Standard Work*: tempo de ciclo normalizado, sequência de trabalho normalizado e *stock* normalizado. O primeiro é referente ao tempo de ciclo de um produto, por forma a corresponder à cadência de pedidos do cliente. O segundo corresponde à melhor forma de executar o processo, garantindo que apenas é utilizado o melhor método para a elaboração das tarefas por todos os colaboradores, usando assim o tempo de ciclo normalizado. Por último, o *stock* normalizado, é referente à quantidade mínima necessária de inventário para conseguir executar as operações, garantindo um fluxo de trabalho contínuo (Monden, 2011).

Com o uso desta ferramenta os benefícios são variados, como por exemplo, a melhoria da eficiência de produção e da qualidade da mesma, a redução da resposta ao cliente, a melhoria da segurança no posto de trabalho e a garantia que não existe dependência do conhecimento de um colaborador sobre um

processo, mas sim a normalização do conhecimento e do método de trabalho, por forma que todos os colaboradores executem as tarefas de trabalho da melhor e mesma forma (Correia, 2018; Dias, 2013; Fiuza, 2020).

2.1.4.3 *Kaizen*

Kaizen é uma palavra proveniente da língua japonesa que significa melhoria contínua. Esta filosofia tem como base a eliminação de desperdícios, o trabalho normalizado e a criação de um local de trabalho limpo e organizado, com o objetivo de melhorar os sistemas produtivos de forma gradual e contínua ao longo do tempo (J. Carvalho, 2015; Ortiz, 2006).

Associado à filosofia *Kaizen* estão os eventos *Kaizen*, estes são realizados quando existe a necessidade de obter uma melhoria rápida (Ortiz, 2006). Nestes eventos, um pequeno grupo de pessoas é reunido para resolver determinado problema na empresa, para isto é essencial que a gestão de topo esteja alinhada e com uma estratégia bem estruturada, por forma a fornecer à equipa de trabalho as ferramentas necessárias para o evento ser bem-sucedido (Ortiz, 2006).

O sucesso de execução desta filosofia depende essencialmente do envolvimento de todos os colaboradores e do foco no desenvolvimento de ações para melhorar continuamente os sistemas produtivos (Ortiz, 2006).

2.1.4.4 *Overall Equipment Effectiveness*

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um indicador de produção que mede a eficiência dos equipamentos, com vista a aumentar a eficácia e otimização dos mesmos (Muchiri & Pintelon, 2008). Com esta ferramenta é permitido identificar problemas e ineficiências nos processos, e desta forma, avaliar as máquinas onde é necessária uma intervenção para melhorar o seu desempenho.

Para o cálculo do OEE, é necessário determinar o valor de três índices: disponibilidade do equipamento, velocidade e qualidade. Ao analisar o valor do OEE, vai ser possível verificar qual dos índices está mais baixo, e assim, introduzir ações de melhoria.

O índice de disponibilidade tem como objetivo medir o tempo que a máquina realmente esteve disponível para produzir. Para isto é necessário obter o tempo disponível, isto é, o tempo do turno sem as paragens planeadas e o tempo de funcionamento que é referente ao tempo disponível sem as paragens não planeadas, desta forma é importante recolher rigorosamente todas as paragens existentes em cada turno. O cálculo do índice de disponibilidade é dado pela Equação 1.

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo disponível}}$$

Equação 1 – Cálculo do índice de disponibilidade

O índice de velocidade indica-nos se o equipamento está a produzir dentro do planeado, ou seja, o quanto o equipamento conseguiu produzir em relação ao seu potencial. Para o cálculo deste índice é necessário o valor do tempo de ciclo ideal, número de peças produzidas, e o tempo de funcionamento. A Equação 2 demonstra a fórmula para o cálculo deste índice.

$$Velocidade = \frac{\text{Tempo de ciclo ideal} \times \text{Peças produzidas}}{\text{Tempo de funcionamento}}$$

Equação 2 – Cálculo do índice de velocidade

No que diz respeito ao índice de qualidade, este parâmetro tem como objetivo avaliar a produção útil, para isto é indispensável ter os valores das peças boas produzidas e também o valor total de peças produzidas. A Equação 3 apresenta a fórmula do índice de qualidade.

$$Qualidade = \frac{\text{Peças boas}}{\text{Peças produzidas}}$$

Equação 3 – Cálculo do índice de qualidade

Com a determinação dos 3 índices anteriormente descritos, é possível calcular o OEE, através da multiplicação dos mesmos, como pode ser observado na Equação 4.

$$OEE = Disponibilidade \times Velocidade \times Qualidade$$

Equação 4 – Cálculo da métrica OEE

2.1.4.5 Ferramentas básicas para identificação de problemas

Outras ferramentas que foram relevantes ao longo do projeto, no âmbito da identificação de problemas, tais como: diagrama de Ishikawa (causa-efeito), diagrama de Pareto e 5Why, são brevemente descritas de seguida.

O digrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa-efeito ou espinha de peixe, é uma ferramenta de qualidade cuja finalidade é identificar e exibir as possíveis causas de um determinado problema (efeito). Esta ferramenta tem como base que para um problema existe um número limitado de causas primárias, secundárias, terciárias, e assim sucessivamente e estão agrupadas em seis categorias, conhecidas como 6-M's: máquina, materiais, mão de obra, meio ambiente, método e medidas.

Para aplicação do diagrama de Ishikawa deve ser seguida a seguinte sequência de passos:

1. Definição do problema que será resolvido.
2. Realização de um *brainstorming* com a equipa envolvida, por forma a determinar as causas do problema, relacionando-as com os 6-M's.
3. Análise das causas anteriormente identificadas, utilizando a técnica dos 5 porquês, para que se crie ramificações e seja possível chegar mais profundo nas causas.
4. Análise de todos os dados e evidências das causas que foram definidas no diagrama, por forma a concluir qual é a causa-raiz.
5. Criação de um plano de ações para incidir e eliminar a causa-raiz.

A utilização do diagrama de Ishikawa é fundamental nas organizações, gerando avanços significativos tanto a nível de qualidade dos produtos como do sistema produtivo, por exemplo, Correia (2018) com aplicação desta ferramenta determinou a causa-raiz do elevado número de sucata da linha de produção em causa, onde posteriormente incidiu ações conseguindo resultados significativos neste âmbito.

O gráfico de Pareto foi formalizado por Vilfredo Pareto e é um dos gráficos mais utilizados em projetos como o desta dissertação. O objetivo deste é identificar as ocorrências mais relevantes através da regra 80/20, isto é, 80% dos efeitos são devido a 20% das causas, e desta forma conseguimos priorizar as nossas ações, de modo a obtermos um maior impacto positivo no sistema produtivo (Maxey et al., 2004).

Este gráfico é constituído por dois conjuntos de dados, primeiro, no eixo horizontal encontram-se as causas, onde são referidos os valores absolutos das várias ocorrências, estes devem se encontrar por ordem decrescente como é possível verificar na Figura 3.

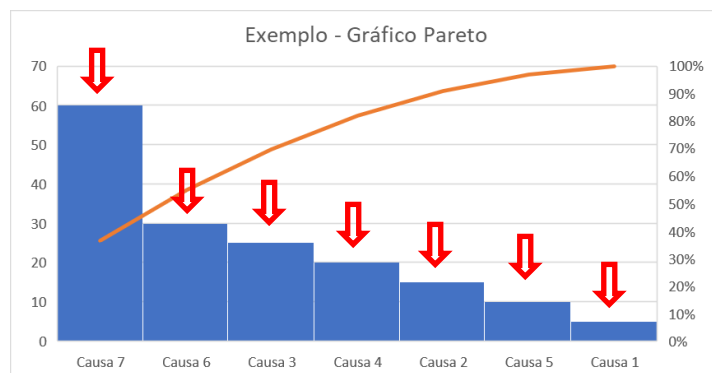


Figura 3 – Exemplo 1 gráfico de Pareto

O segundo conjunto é representado por uma linha que refere a percentagem acumulada da frequência das ocorrências como é possível observar na Figura 4.

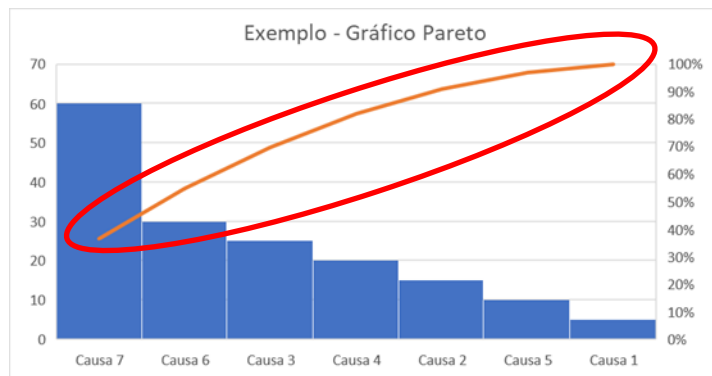


Figura 4 – Exemplo 2 gráfico de Pareto

Com análise deste conjunto de dados, podemos identificar os pontos mais impactantes da temática em estudo e priorizar o esforço para a resolução desses mesmos pontos. À medida que os problemas mais impactantes são solucionados, vão surgir novos para o lugar dos anteriores, com uma ocorrência menor, mas com impacto no sistema, e deverão ser os próximos a ser solucionados, e assim sucessivamente, sendo este um ciclo de melhoria contínua.

Os “5 Porquês” é uma ferramenta com o objetivo de encontrar a causa raiz de um problema. Esta consiste em fazer a pergunta “Porquê”, ao problema identificado e posteriormente fazer a mesma questão à resposta desse problema.

O número 5, é o conjunto de observações que Taiichi Ohno considerava suficientes para chegar à causa raiz do problema, porque caso se continuemos a perguntar, o problema volta a expandir-se, podendo levar a ações mais complexas, fora do nosso alcance e com esforço desnecessário.

A causa raiz é encontrada, quando não se conseguir perguntar mais porquê, sendo a última resposta a causa do problema. Posteriormente, deve-se desenvolver um plano de ações para resolver a causa, sendo essas ações definitivas, pois estão a atuar na causa-raiz do problema (Costa & Mendes, 2018).

A *Work Combination Table* (WCT) é uma ferramenta de apoio ao *Standard Work*, onde são adicionados os tempos das várias tarefas que podem ser elaboradas num posto de trabalho, tais como, movimentações, operações manuais, operações da máquina e, posteriormente é demonstrado graficamente a diferente informação que foi anteriormente introduzida (Productivity Press Development Team, 2002)

Esta ferramenta permite-nos entender de forma intuitiva vários pontos, tais como: a capacidade dos postos de trabalho, tempos de espera de homem e de máquina, atividades de valor não acrescentado, tempos de movimentações e transportes, comparação dos tempos dos postos com o *Takt-Time*, tempos de operações manuais e automáticas.

Abaixo, na Figura 5 , é demonstrado um exemplo gráfico de uma *Work Combination Table*.

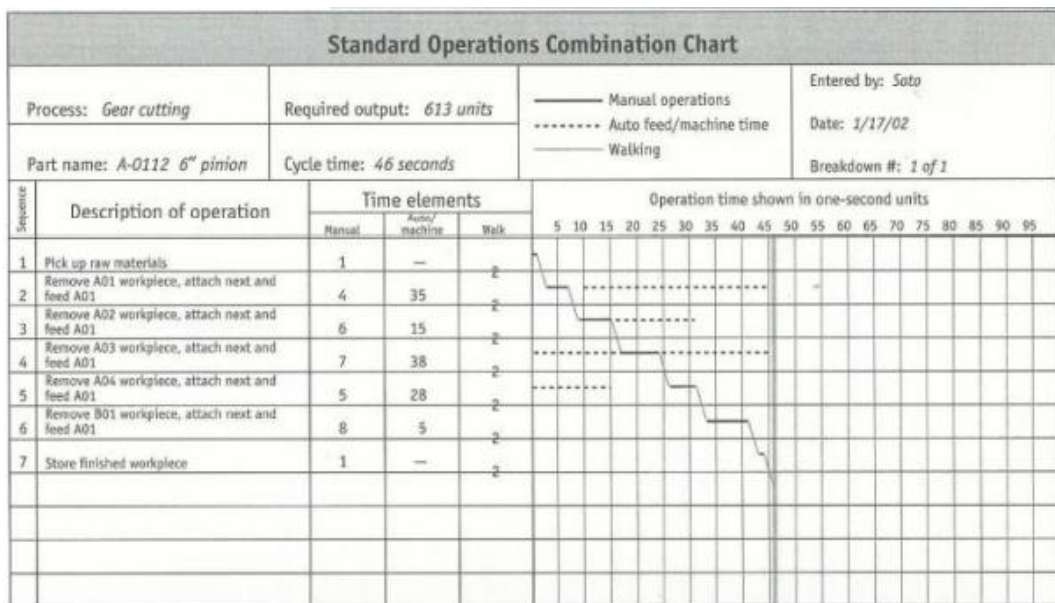


Figura 5 – Exemplo de uma *Work Combination Table* (Productivity Press Development Team, 2002)

2.2 Sistemas de produção

Os sistemas de produção podem ser classificados conforme o *layout* que é apresentado, isto é, a forma como estão organizados os recursos necessários para a produção tendo em consideração o espaço disponível para produzir (Hitomi, 1979). Ao longo desta secção serão apresentados três tipos de sistemas produtivos e as suas vantagens: (1) Células de produção, (2) Linhas de produção e (3) Oficinas.

2.2.1 Células de produção

Em norma, a produção em células (*Celular Manufacturing*) baseia-se em agrupar e organizar todo o processo para produzir um produto em particular ou família de produtos, incluindo neste espaço todos os recursos necessários, tais como, equipamentos, ferramentas, operadores, entre outros para a produção dos produtos designados para este sistema de produção, fazendo deste um sistema orientado ao produto (Alves, 2007). Neste tipo de sistemas, os colaboradores, por norma, são multifacetados podendo elaborar diferentes tarefa, podendo dar apoio noutra secção caso seja necessário.

As vantagens pelas quais se deve adotar células de produção, segundo Wemmerlov e Johnson (2010), são:

- Reduz o WIP;
- Reduz o lead time;
- Reduz o tempo perdido em movimentações;

- Reduz o custo unitário
- Simplifica o planeamento e controlo da produção;
- Reduz tempos de *setup*;
- Reduz o tempo de atravessamento de um produto;
- Facilita o envolvimento do colaborador.

Segundo Carvalho (2008), as duas grande vantagens da aplicação deste sistema produtivo comparativamente às linhas de produção são: a flexibilidade e rapidez para a alteração do produto e a capacidade de produzir um conjunto variado de produtos.

2.2.2 Linhas de produção

As linhas de produção (*flow job*) são orientadas para produções em grande volumes de artigos com baixa variedade, estas são implementadas com o objetivo de criar um fluxo contínuo de produção, com vista a otimizar o desempenho produtivo.

Segundo Carvalho (2008), este sistema produtivo é caracterizado por:

- Processos de elevado nível de automatização;
- Baixa variedade de produtos;
- Elevados níveis de produção;
- Redução das movimentações e transporte;
- Baixo grau de formação e polivalência dos colaboradores.

De um modo geral, este tipo de sistema produtivo é desenhado para produzir grandes quantidades de um produto ou de uma pequena família de produtos, resultando em um elevado nível de produtividade e um baixo custo, contudo, as linhas de produção não tem uma flexibilidade para se adaptarem de forma rápida às alterações que possam ser necessárias, isto é, quando existe a necessidade de produzir outro produto que não pertence ao mesmo grupo.

2.2.3 Oficinas

Um sistema produtivo por oficinas tem como objetivo agrupar as máquinas pelo processo que é utilizado, sendo este um sistema que é orientado para o processo (J. D. Carvalho, 2008).

As principais características deste tipo de sistema produtivo, segundo Carvalho (2008), são:

- Baixa produtividade;
- Baixa utilização dos equipamentos;

- Elevada variabilidade;
- Equipamentos genéricos;
- Elevada flexibilidade;
- Boa formação dos operadores;
- Operadores com elevada polivalência;
- Baixos volumes de produção.

Em suma, a implementação de oficinas é caracterizado por uma produção de pequenos volumes, mas com grande variedade e com muita qualidade a nível de produto. No que diz respeito ao *layout*, cada operação tem um local específico onde estão agrupados todos os recursos que são necessários para a realização da tarefa.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

No presente capítulo apresenta-se a empresa onde foi elaborado o projeto descrito nesta dissertação. A empresa chama-se *BorgWarner Emissions Systems Portugal*, situa-se em Viana do Castelo e produz componentes direcionados para a indústria automóvel. Assim, descreve-se a identificação e localização da empresa, uma descrição do grupo BorgWarner, a estrutura organizacional, as várias linhas de produtos, o principal foco da empresa, valores e cultura da organização e respetivo layout da fábrica.

3.1 Grupo BorgWarner Global

A BorgWarner é um grupo norte-americano, sediado em Michigan que foi fundado em 1928 pela união das empresas Borg & Beck, Marvel-Schebler, Warner Gear e Mechanics Universal Joint. O grupo BorgWarner coloca as preocupações ambientais como um compromisso e uma prioridade para a organização, operando assim com uma visão de “Um mundo com energia mais limpa e eficiente” e uma missão de “Entregar soluções inovadores e sustentáveis para o setor automóvel”.

É uma multinacional que tem presença em 3 continentes, com 33 instalações na América, 31 na Europa e 35 na Ásia, contando com 49 000 colaboradores no total.

O grupo está dividido em duas áreas de negócio: o Drivetrain Group e o Engine Group. A primeira área de negócio é responsável por todos os tipos de transmissões existentes no setor automóvel, tais como transmissões manuais, automáticas e dupla embraiagem (Dual Tronic), já a segunda área é dedicada aos componentes relacionados com motor de combustão.

3.2 BorgWarner em Portugal

Esta secção apresenta a identificação e localização da empresa, tal como a estrutura organizacional, os valores pelos quais a organização se rege, os produtos e o layout da fábrica.

3.2.1 Identificação e localização

A BorgWarner Portugal está inserida na unidade de negócios *Emissions, Thermal and Turbo Systems*, e encontra-se localizada, atualmente, no Parque Empresarial de Lanheses, no distrito de Viana do Castelo, cuja entrada da empresa se pode observar na Figura 6.



Figura 6 – Entrada da BorgWarner Emissions and Thermal Portugal (Correia,2018)

Anteriormente localizada em Valença do Minho, foi inaugurada a empresa em Lanheses no ano de 2014. Em 2022, a empresa conta com de 1100 colaboradores e num espaço de 31 000 m², onde 61% dos colaboradores encontra-se na área fabril de 19 000 m², 19% no armazém de 6 000 m², e os restantes colaboradores encontram-se nos escritórios de 6 000 m². A empresa focaliza-se exclusivamente na produção de componentes para automóveis, sendo os seus principais clientes: Volvo, Daimler, BMW, Perkins, Deutz, John Deere e Stellantis.

3.2.2 Estrutura organizacional da BorgWarner Portugal

No que diz respeito à estrutura da empresa, esta reparte-se em Viana e Viana/Vigo, por existir uma conexão entre os dois polos, não só devido à proximidade entre as localizações, mas também por haver um intercâmbio de componentes. Através da Figura 7, é possível observar que tanto o responsável do departamento de compras como o responsável de Engenharia de Aplicações e o IT trabalham em ambas as fábricas, por forma a haver uma sinergia de recursos.

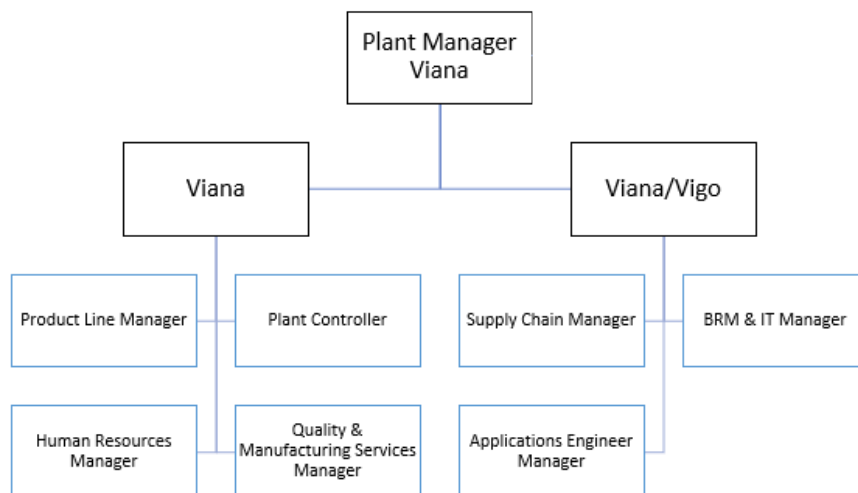


Figura 7 – Estrutura organizacional da empresa

3.2.3 Valores e foco no ser humano

A BorgWarner é uma organização que tem como principal foco o colaborador, tal como o seu bem-estar. Posto isto, a organização rege-se por valores com uma base humanística muito forte, sendo esses valores os seguintes:

- Integridade pessoal, seguir as normas éticas;
- Paixão pela excelência, isto é ser líder, desde o atendimento ao cliente, até nível de desempenho da própria organização;
- Responsabilidade pelas comunidades, conceber serviços de valor e criar empregos significativos.
- Colaboração, o trabalho de equipa conduz a melhores resultados.

Associado ao foco nos colaboradores, está inerente um ponto com enorme relevância para a BorgWarner: a segurança. Como tal, a empresa tem por base uma cultura de prevenção de acidentes de trabalho. A BorgWarner fornece um local de trabalho seguro e os EPI's necessários (óculos de proteção, roupa de trabalho ou bata, luvas e botas biqueira de aço) e de uso obrigatório em toda área de produção, por forma a que as atividades sejam efetuadas em segurança, não oferecendo qualquer tipo de risco de saúde aos colaboradores.

Existe uma nomenclatura específica da empresa para a distinção dos acidentes, quase acidentes e incidentes. Sendo considerado incidente quando o colaborador se magoa, mas não necessita de baixa médica, este poderá necessitar de ir ao posto médico da empresa retornando posteriormente ao trabalho, não necessitando mais que os cuidados médicos de primeiros socorros, o quase acidente é aquele que não causa nenhum dano ao colaborador, mas é considerado um risco com potencial acidente, e por fim, o acidente é quando o colaborador poderá necessitar de um médico externo após prestada a assistência de primeiros socorros, podendo regressar ou não ao posto de trabalho, sendo necessária baixa médica para o caso de se ausentar.

De modo alertar todos os colaboradores da empresa que a segurança é o aspeto mais importante para a organização, sempre que é reportado algum tipo de ocorrência, este é partilhado em todos os correios eletrónicos, nas televisões existentes na empresa e nas áreas onde ocorreu o imprevisto.

De igual forma, existe também uma plataforma interna denominada "Sugerir" onde é possível a todos os colaboradores elaborarem recomendações para que a empresa consiga melhorar diariamente em todos os âmbitos, esta conexão entre empresa e colaborador permite a implementação de inúmeras ações de melhoria todos os anos.

A empresa também sente o dever de contribuir por uma sociedade melhor e, portanto, criou o grupo “BorgWarner 4 All”, onde são elaboradas várias iniciativas de cariz social, por forma apoiar instituições a população em geral. Deste grupo fazem parte os colaboradores da empresa que se voluntariam.

3.2.4 Tipologia de produtos

A BorgWarner Portugal pertence ao subgrupo *Emissions Systems* da organização, pelo qual se foca na produção de componentes que permitam a redução de emissões tóxicas e de combustível e, também, atualmente, na eletrificação. As várias linhas de produtos produzidos na empresa são:

- Coolers EGR;
- Válvulas EGR;
- Tubos EGR;
- Tubos de água e óleo;
- Módulos (Junção de válvula e cooler);
- E-Booster;
- Heaters.

Este projeto de dissertação foi elaborado numa linha de produção de válvulas EGR, que tal como o E-Booster e os restantes sistemas EGR tem como objetivo o reaproveitamento de gases que iriam diretamente para o escape do automóvel. Os gases voltam a ser reintroduzidos no motor, permitindo assim mais deslocamento com o mesmo combustível.

Este processo vai ao encontro tanto da visão como da missão da organização, permitindo os clientes usufruírem de automóveis mais eficientes e com o cumprimento das obrigações ambientais, neste caso com a emissão de gases tóxicos.

3.2.5 *Layout* da BorgWarner Portugal

A BorgWarner encontra-se dividida em vários departamentos, tais como produção, logística, financeiro, compras, recursos humanos, IT (*information technology*) e engenharia, por forma a cobrir todas as necessidades em todo o processo de vida de um produto.

Na Figura 8 está exposto o *layout* geral da empresa que, é constituído pelos escritórios, área de produção, armazém, área técnica e também o parque de estacionamento.



Figura 8 – Layout geral da BorgWarner Portugal
(BorgWarner, 2021)

No que diz respeito à área fabril, como pode ser verificado na Figura 9, esta divide-se em: 1) *Glow Plug Control Module* (GPCM) e válvulas, 2) área metalomecânica 3) área de componentes para carros elétricos.

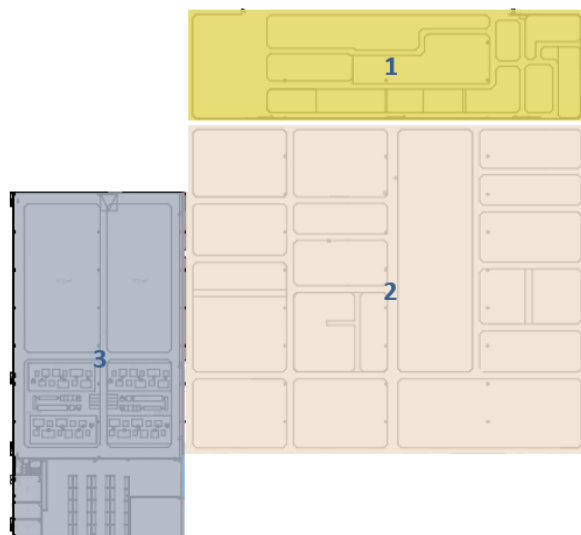


Figura 9 – Área fabril da fábrica
(BorgWarner, 2022)

A zona 3, é uma área produtiva que ainda se encontra numa fase inicial, estando as linhas de produção a serem montadas, sendo este um novo projeto da BorgWarner direcionado para carros com motores elétricos.

No que diz respeito à área GPCM (zona 1), esta encontra-se separada da restante área produtiva, pelo facto de serem produzidos componentes de cariz eletrónico, sendo necessário um ambiente específico para a sua produção. Nesta mesma área são produzidas válvulas EGR, onde se realizou este projeto de dissertação.

Por fim, a área metalomecânica (zona 2), é dividida em quatro grupos: conformação, montagem, fornos e fugado. No primeiro grupo, são executados processos de curvatura, *hidroforming* e conformação de tubos, na área de montagem, são montados os diversos componentes, no espaço direcionado aos fornos é colocada uma pasta numa zona das peças, por forma a garantir a estanquidade das mesmas, e por último, na zona do fugado são elaborados os testes de controlo de fugas, com o objetivo de validar a estanquidade das peças.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Neste capítulo é elaborada uma descrição do estado inicial da linha de produção onde se realizou o projeto de dissertação. Primeiramente, é apresentada uma caracterização da linha de produção, onde é exposto o layout, apresentado o processo produtivo e visualizado o fluxo de materiais. Neste seguimento e depois de conhecida a linha, realiza-se uma análise crítica, por forma a identificar os problemas existentes e as respetivas causas.

4.1 Contextualização e caracterização da linha de produção

Este projeto foi realizado na linha 7V06, onde eram produzidas válvulas EGR para um único cliente. Foi escolhida esta linha em específico para o desenvolvimento deste projeto de melhoria de desempenho, pelo facto de esta linha ter sofrido um aumento de volumes para o ano de 2022.

A Figura 10 apresenta um gráfico com as peças produzidas no ano de 2021 e o os pedidos previstos para o ano de 2022, onde se pode concluir que existia uma discrepância entre os valores, sendo o maior pico entre ambos em julho, onde a linha teria de produzir aproximadamente mais 40 mil peças que no ano anterior.

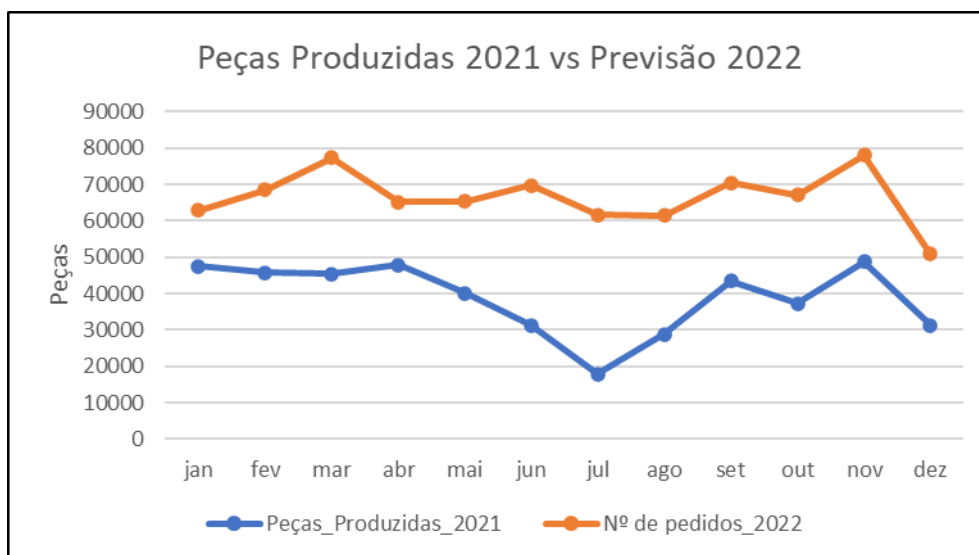


Figura 10 – Gráfico das peças produzidas 2021 vs pedidos 2022

Como vai ser possível ver nas secções seguintes, esta era uma linha de produção que apresentava algumas ineficiências, que apesar do tempo de ciclo ser inferior ao *takt-time*, as grandes ineficiências da linha não permitiam produzir o necessário.

4.1.1 Layout da linha de produção

A linha 7V06 é constituída por doze postos com máquinas automatizadas, onde não é necessário nenhum colaborador para efetuar o processo e três postos de trabalho com operações manuais e um último posto onde é efetuado o controlo e embalamento das peças.

Na Figura 11 é possível verificar o layout da linha de produção, onde estão expostos os vários postos de trabalho e o fluxo produtivo representado pelas setas verdes.

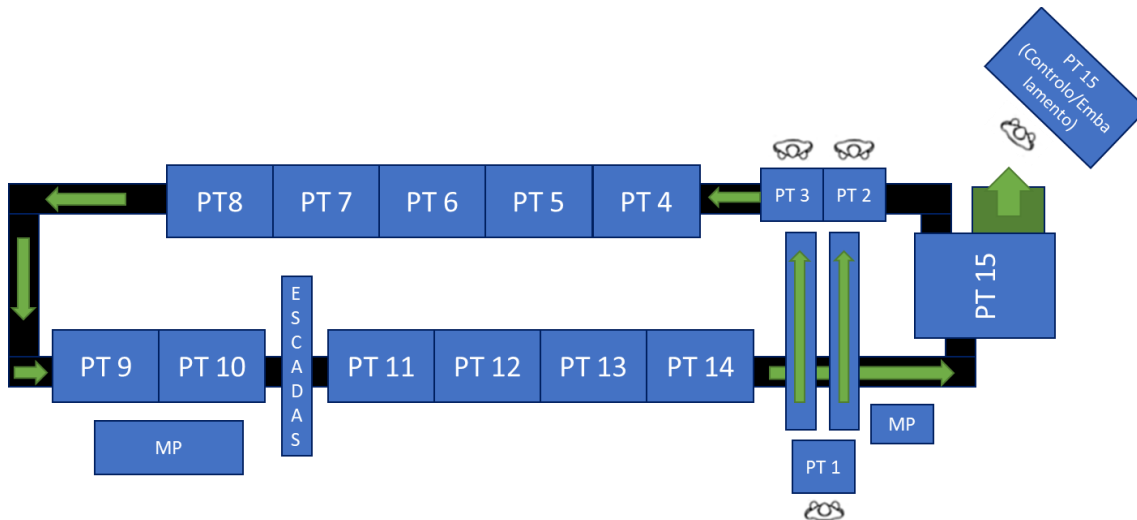


Figura 11 – Layout da célula produtiva

Os postos 1, 2, 3 e 15 representados na Figura 11, são os postos onde existem operações manuais.

4.1.2 Descrição da equipa de trabalho e funcionamento da linha

A linha 7V06 era composta por uma equipa de trabalho constituída por um *Product Leader*, três *Team Leaders* e três técnicos de manutenção e produz em três turnos de trabalho. O *Product Leader* estava presente no turno intermédio (das 8 horas às 17 horas), e tinha como função monitorizar e acompanhar as linhas que estavam sobre a sua responsabilidade, assim como orientar os *Team Leaders*, para o desenvolvimento do seu trabalho diário.

Tantos os *Team Leaders*, como os técnicos de manutenção trabalhavam por turnos, estando alocados um *Team Leader* e um técnico de manutenção ao turno da manhã (06-14h), turno da tarde (14h-22h) e turno da noite (22h-6h).

O *Team Leader* tinha como principal função coordenar as atividades dos operadores de produção, assim como participar ativamente na resolução de problemas e na garantia da qualidade do produto e do processo. No que dizia respeito ao técnico de manutenção, este tinha como funções intervir nas máquinas quando estas avariavam durante a produção, realizar as manutenções preventivas estipuladas

para a respectiva linha e colaborar com a restante equipa na análise de causas-raízes das avarias, e posterior intervenção.

Quanto ao processo produtivo, na linha trabalhavam quatro colaboradores de produção, sendo que um dos colaboradores poderia fazer mais do que um posto de trabalho. Esta era uma linha bastante automatizada, contendo 12 estações com processos automáticos, três com operações manuais e um posto de controlo e embalamento do produto.

4.1.3 Referências produzidas pela linha de produção

A linha de produção em estudo produz três referências. É possível verificar através da Tabela 1, os componentes que eram utilizados em cada referência. No Apêndice 1 é apresentado os componentes com as suas respetivas imagens.

Tabela 1 - Componentes utilizados nas referências produzidas na linha 7V06

Exxx35C1	Exxx12B1	Exxx00J1
Housing	Housing	Housing
Solenoide	Solenoide	Solenoide
Driver	Driver	Driver
Bearing	Bearing	Bearing
Washer	Washer	Washer
Shaft Seal	Shaft Seal	Shaft Seal
O-Ring	O-Ring	O-Ring
Esfera	—	Esfera
Spigot	—	Spigot
Parafuso M6	Parafuso M6	Parafuso M6
Parafuso M2.5	Parafuso M2.5	Parafuso M2.5
Grease	Grease	Grease
Dovel Pin	Dovel Pin	Dovel Pin
Spring	Spring	Spring

A grande diferença entre as referências, era a inexistência de spigot e de esfera na referência 12B1, o que fazia com que não fosse necessário colocar grease no housing, sendo o posto de trabalho 4 ultrapassado no processo produtivo dessa referência.

O housing desta referência, ao contrário das outras, continha os orifícios onde era executada a inserção da esfera e do spigot tapados, visto que nesta não eram utilizados estes componentes. A Figura 12 demonstra o orifício onde era inserido o spigot tapado.



Figura 12 – Housing da referência 12B1

Quanto às outras duas referências (35C1 e 00J1) o processo produtivo era igual, contudo existia uma ligeira diferença no housing que em nada alterava o processo.

No que diz respeito às vendas relativamente a cada referência, no ano de 2021 a referência 35C1 representou cerca de 55%, a 00J1 representou 25% e a 12B1 representou 20%, como pode ser observado na Figura 13.

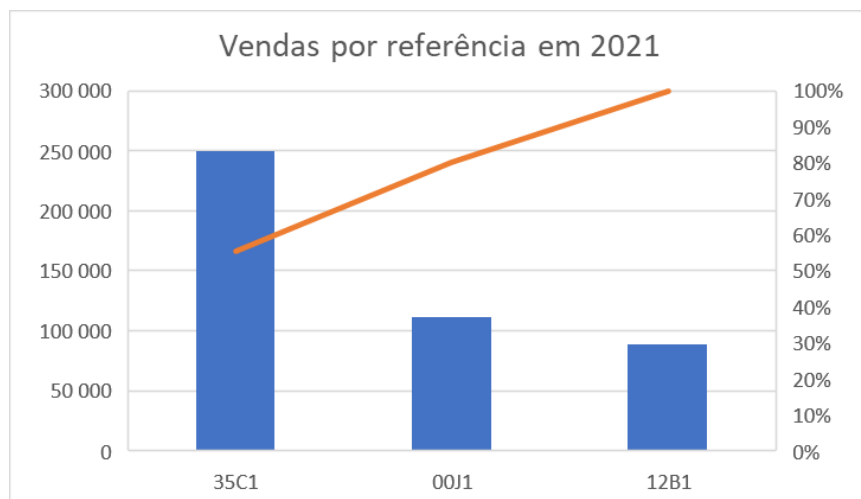


Figura 13 – Vendas em 2021 por referência

4.1.4 Processo de produção e fluxo de materiais da linha de produção

No posto de trabalho 1 dava a entrada a matéria-prima, os housings e os solenoides, que posteriormente à colocação de grease em ambos os componentes, estes eram abastecidos na linha de produção através de duas rampas (Figura 14). Nesta fase eram elaboradas operações manuais e automáticas desde o posto 2 até ao posto 14, onde neste, saía o produto final num tabuleiro e o colaborador que estava no

posto 15 recolhia e, posteriormente, executava o control o da peça que estando “OK” era embalada pelo mesmo, finalizando assim o processo destinado na linha de produção.

Na Figura 14 pode ver se as rampas de abastecimento e local referente à colocação de grease no solenoide.

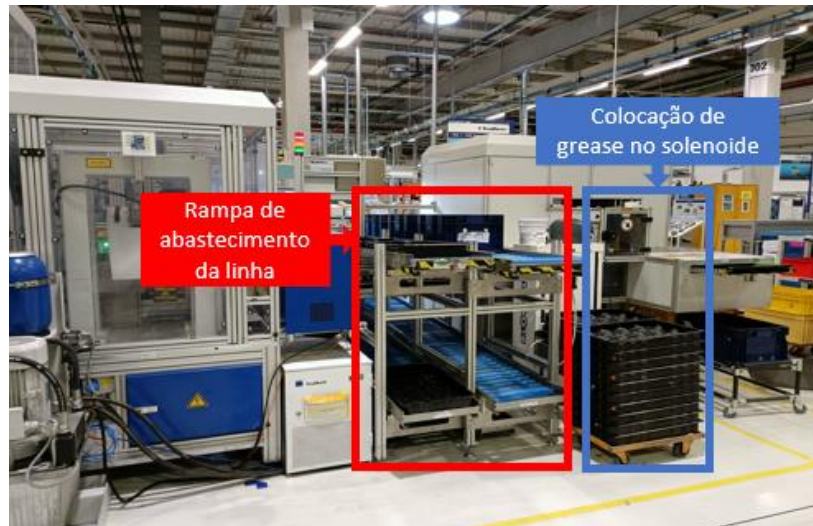


Figura 14 – Rampa de abastecimento e local de colocação de grease no solenoide no posto 1

Na Figura 15 é visível a entrada de matéria-prima e local de colocação de grease nos housings.

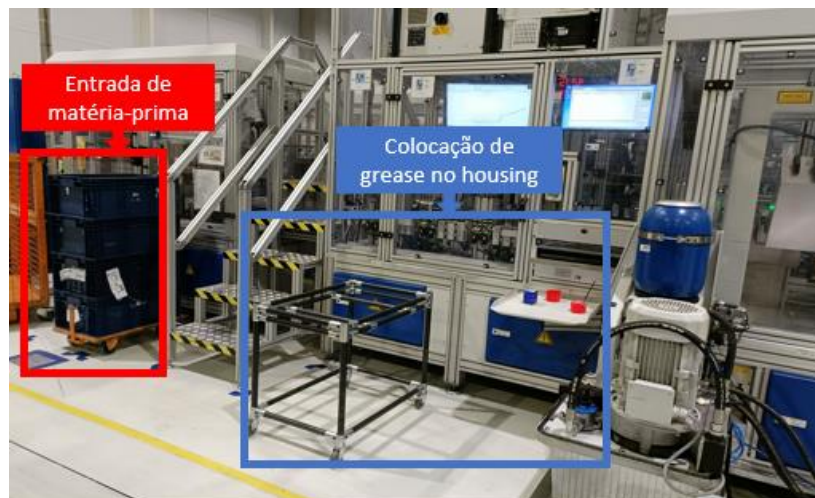


Figura 15 – Entrada de matéria-prima e local de colocação de grease no housing no posto 1

Assim, neste posto davam entrada dois tipos de componentes: os housings e os solenoides. O colaborador deslocava-se até ao local onde davam entrada os materiais e, posteriormente, transportava as caixas de ambos os componentes para o respetivo local de colocação da massa lubrificante (grease). Após ter sido feita a colocação do grease no devido local, o colaborador transportava caixas para a rampa de abastecimento, sendo o lado esquerdo da rampa referente aos solenoides e o lado direito referente aos housings. As atividades que eram executadas neste posto estão ilustradas na Figura 16.



Figura 16 – Atividades do Posto 1

Nos dois postos seguintes (posto 2 e 3) era feito manualmente o equipamento dos carrinhos transportadores (Figura 17), com vários componentes, nomeadamente: bearing, housing, o-ring, spigot (no caso das referências 35C1 e 00J1), flap e o solenoide.

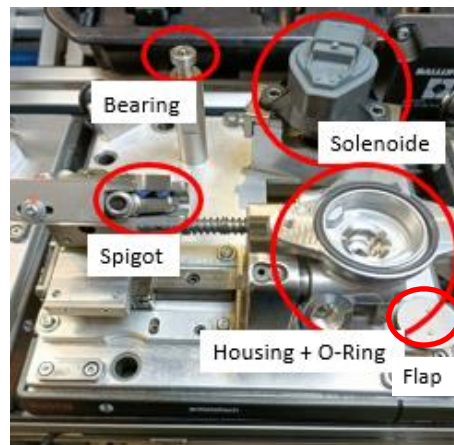


Figura 17 – Carrinho transportador com os componentes

Como pode ser observado na Figura 18, o posto de trabalho do lado esquerdo, denominado posto número 2, era destinado à colocação do housing, spigot, flap, o-ring e do bearing. Como já foi referido anteriormente, tanto o housing como o solenoide provinham da rampa de abastecimento, já os restantes componentes estavam situados junto ao posto e eram abastecidos periodicamente pelo colaborador. O lado direito era para a preparação do solenoide, neste onde era cravado um pino e colocada uma mola com ajuda de um driver e de seguida era colocado no carrinho transportador.

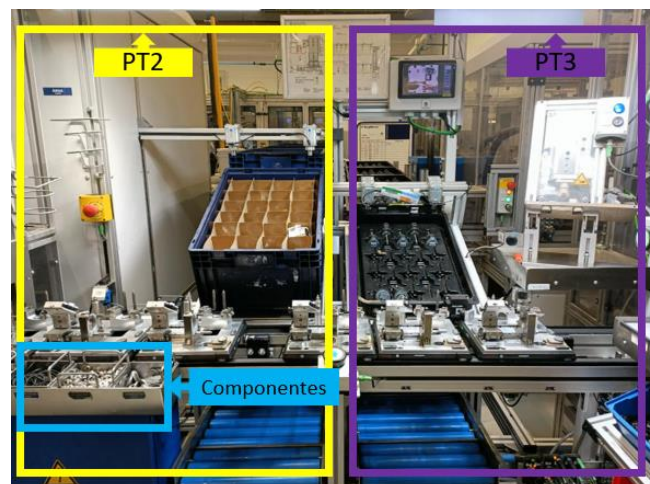


Figura 18 – Posto 2 e 3

Na Figura 19 e Figura 20 estão ilustradas as tarefas que eram realizadas tanto no posto de trabalho 2 como no posto de trabalho 3, respetivamente.

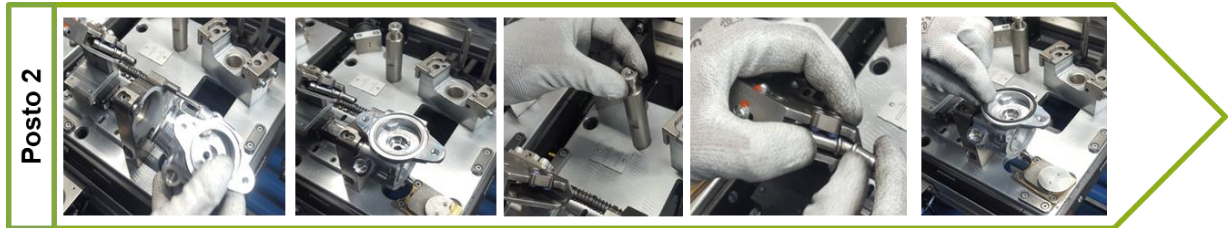


Figura 19 – Atividades do Posto 2



Figura 20 – Atividades do Posto 3

Após estes processos estarem concluídos, o carrinho transportador seguia para os postos automatizados, onde é elaborada a montagem da peça e executados os vários testes de controlo da mesma.

No posto de trabalho 4 era elaborada a cravação do spigot e de uma esfera. Este processo apenas acontecia nas referências 35C1 e 00J1, pois tal como já foi referido anteriormente eram as referências que incluíam estes componentes.

No caso do spigot, a máquina tinha uma garra que pegava neste componente no carrinho transportador e fazia a sua inserção no housing. No que dizia respeito à esfera, este era executado através de um dispensador que recebia as esferas de um alimentador que estava presente dentro da máquina. Na Figura 21 estavam respetivamente ilustradas: a garra e o dispensador de esferas, o alimentador das esferas e assemblagem dos componentes referidos anteriormente no housing.

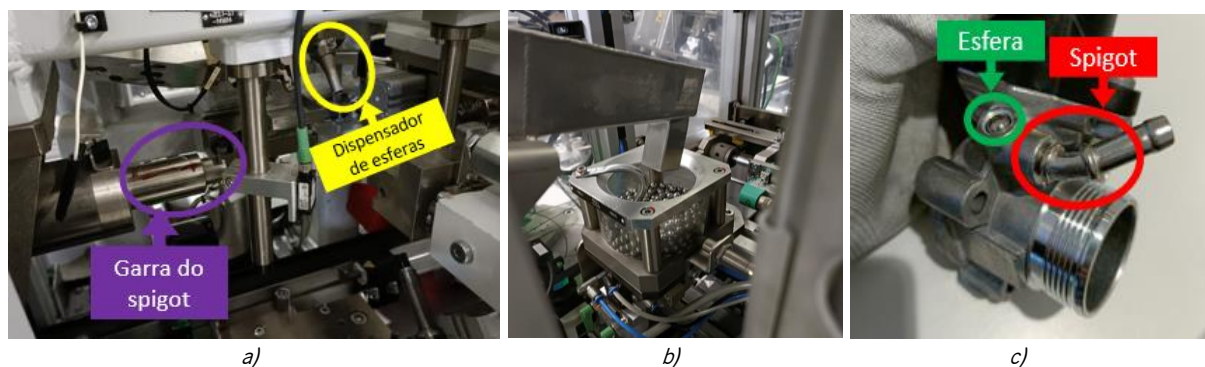


Figura 21 – Posto 4: a) garra do spigot e dispensador da esfera; b) Alimentador de esferas; c) Spigot e esfera cravados no housing

No posto de trabalho 5 era feita a cravação do bearing, do shaft seal e da anilha. Estes últimos dois componentes referidos encontravam-se em dois alimentadores dentro do posto de trabalho, como pode ser observado na Figura 22. Estes componentes eram inseridos através de uma garra, que transportava o bearing do carrinho transportador e os outros dois componentes dos alimentadores até ao centro do housing, cravando-os posteriormente.

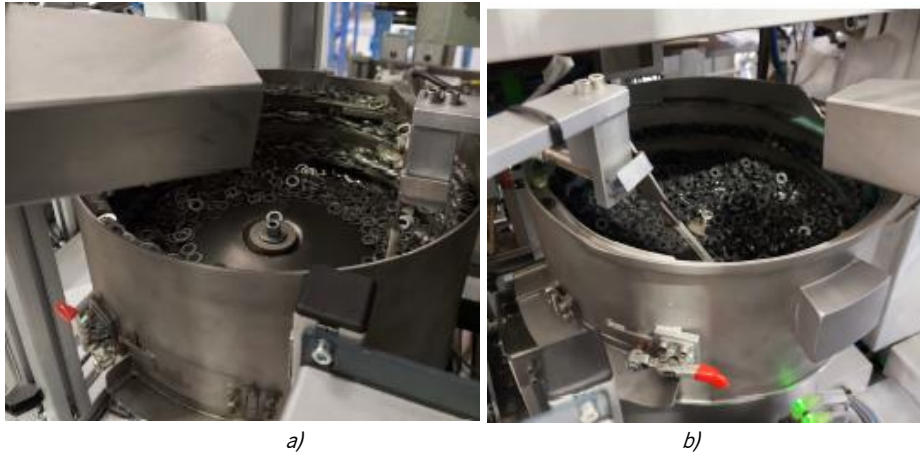


Figura 22 – a) Alimentador de anilhas; b) Alimentador do shaft seal

O posto de trabalho 6 iniciava com um *poka-yoke* que executava uma verificação através de uma câmara, que pode ser observada na Figura 23, por forma a identificar a existência do o-ring em cima do housing (Figura 23), sendo este um dos componentes preponderantes para evitar as fugas na peça.

Após a verificação, neste posto de trabalho existem duas garras (Figura 23), uma das garras transporta o solenoide e a outra a flap. Ambos os componentes encontravam-se no carrinho transportador, sendo feita de seguida a colocação da flap no meio do veio do solenoide, enquanto este era inserido dentro do housing. Esta era uma operação bastante sensível e o mínimo fator podia condicionar e acabar por descalibrar as garras da máquina, provocando possíveis colisões entre os componentes.

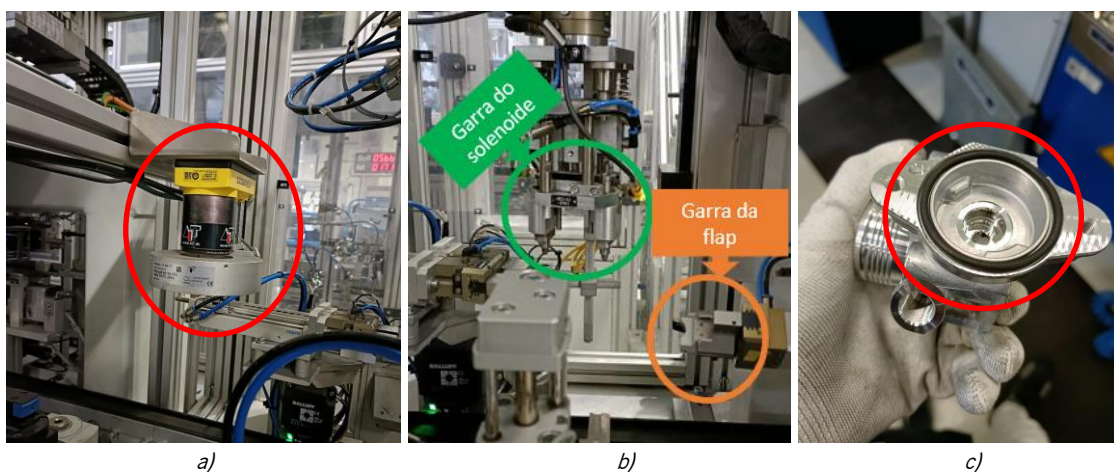


Figura 23 – Posto 6: a) Câmara de verificação da existência do o-ring; b) Garra do solenoide e garra da flap; c) O-ring inserido no housing

Na Figura 24 é possível verificar o resultado desta operação.



Figura 24 – Assemblagem da flap com o solenoide

Após tanto o solenoide como a flap estarem inseridos, era elaborado no posto de trabalho 7 o aparafusamento do solenoide ao housing. A máquina que executava esta operação recebia dois parafusos M6 através de um alimentador, e posteriormente executava o aparafusamento dos mesmos. O aparafusamento de ambos os parafusos eram executados em simultâneo, sendo o resultado final apresentado na Figura 25.



Figura 25 – Parafusos M6 aparafusados

No posto seguinte (posto 8) existia novamente um aparafusamento, sendo desta vez utilizados dois parafusos M2.5 para aparafusar a flap ao solenoide. A máquina que executava este processo, que pode ser visualizada na Figura 26, deslocava-se na horizontal através de um cilindro pneumático, fazendo um movimento de avanço e recuo, após apertar cada parafuso. O resultado final desta operação pode ser verificado na Figura 26.

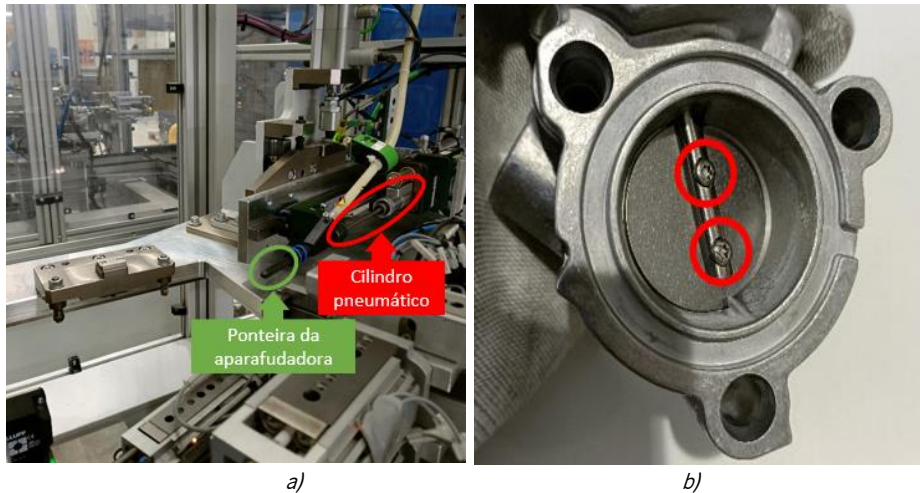


Figura 26 – Posto de trabalho 8: a) Aparafusadora; b) Parafusos M2.5 aparafusados

No posto seguinte, posto de trabalho 9, é executado o remanchado dos parafusos que foram anteriormente aparafusados e pode ser visualizado o resultado na Figura 27.

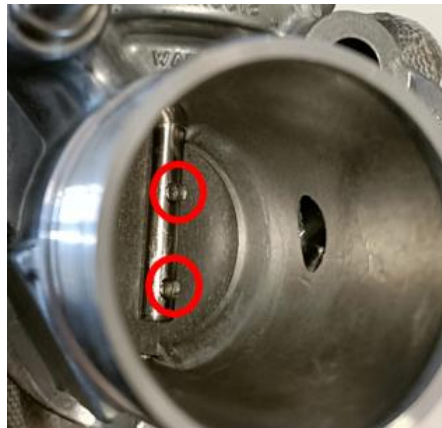


Figura 27 – Parafusos M2.5 remanchados

No posto número 10, era efetuado o teste de fugas externas. Nesta máquina encontra-se o fugómetro, apresentado na Figura 28, onde é regulado todo o processo de testagem e as parametrizações utilizadas. Dentro da máquina está uma estrutura constituída por quatro braços que contem 4 ponteiros de borracha (vedantes), por forma a tapar os pontos onde existe contacto direto entre o interior da válvula com o ambiente externo, num dos braços é feita a injeção de gás para a elaboração do teste. O interior da máquina pode ser visualizado na Figura 28 onde estão destacadas as ponteiros de borracha que tapam a válvula.

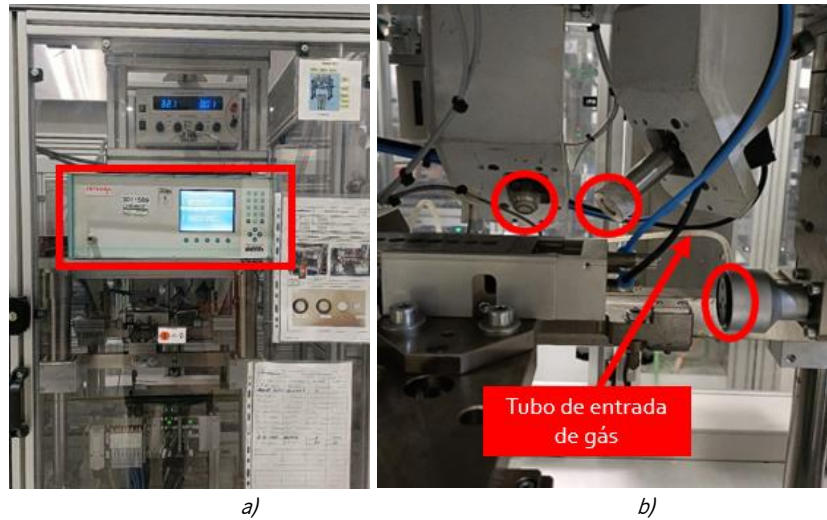


Figura 28 – Posto 10: a) Fugómetro; b) Vedantes

No posto de trabalho 11, era realizado o teste de fugas internas. Como pode ser verificado na Figura 29, este posto incluía um vedante por onde entrava também o gás na peça e um conector que ligava ao solenoide e que tinha como objetivo manter a flap fechada.

Através do vedante, era injetado o gás, por forma a verificar que este não atravessava em nenhum ponto a flap quando estava se encontrava fechada.

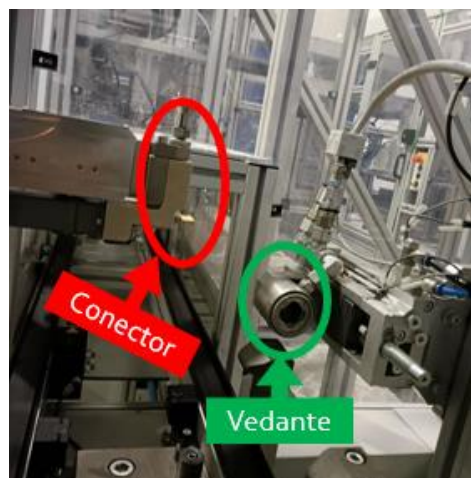


Figura 29 – Posto de trabalho 11

Posteriormente aos testes de fugas internas e externas, era elaborada a programação da peça no posto de trabalho 12. Neste havia novamente um conector, contudo, que imitia as tensões de abertura e de fecho da flap, por forma a que esta só abrisse e fechasse nas especificações definidas.

O posto seguinte era idêntico ao posto 12, contendo apenas um conector, só que por sua vez neste eram processados dois testes na peça, nomeadamente, um teste à programação elaborada no posto anterior e também um teste de “hysteresis” da peça. Este posto é ilustrado na Figura 30.



Figura 30 – Conector do posto de trabalho 13

No posto de trabalho 14, era processada a marcação a laser do *Data Matrix Code* (DMC), da data e numeração da peça, “Q-Level” e também do *part number* do cliente, tal como pode ser observado na Figura 31.

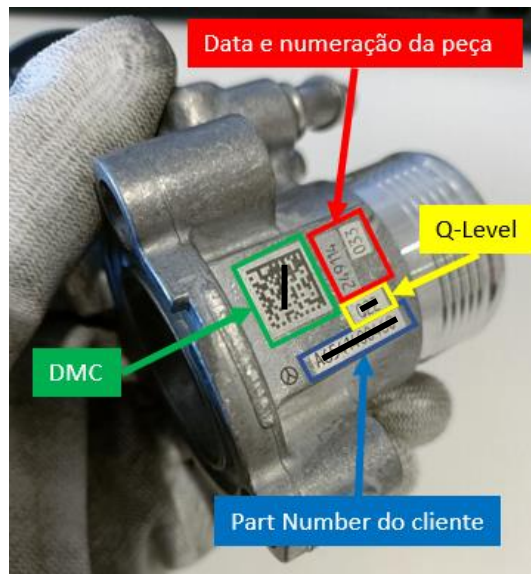


Figura 31 – Gravação executada no posto de trabalho 14

Após esta gravação, a peça ia para o posto de trabalho 15, onde é inspecionada em a vários pontos através de uma câmara e um conector.

Neste posto havia também um robot que agarrava a peça e a posicionava em posições específicas para que a câmara pudesse fazer as verificações estipuladas, nomeadamente:

- Verificação de que a flap se encontra fechada;
- Presença dos parafusos M2.5;

- Presença dos parafusos M6;
- Presença do spigot (nas referências que contenham este componente);
- Presença de marca no spigot (nas referências que contenham este componente);
- Presença da esfera (nas referências que contenham este componente);
- Verificação da marcação a laser e do seu conteúdo.

Num último movimento, a peça encaixava num conector para que fosse verificada a existência e a posição dos cinco pinos que compunham esta zona do solenoide. O interior deste posto pode ser observado na Figura 32, onde estão destacados o robot, a câmara e o conector.

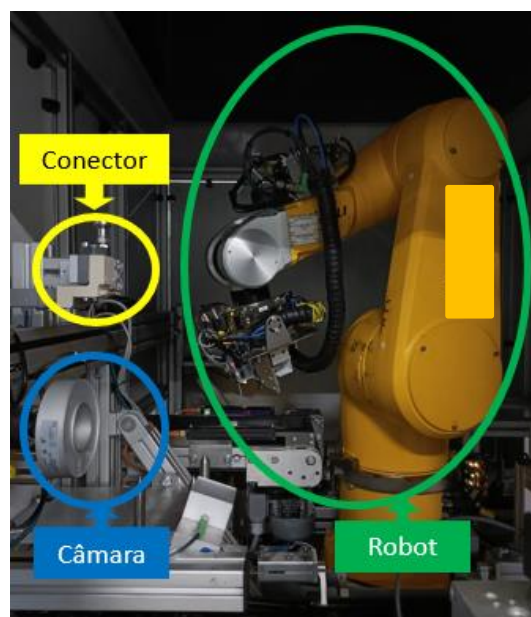


Figura 32 – Posto de trabalho 15

Por fim, no posto de trabalho 16, era realizado um controlo visual da peça e o embalamento da mesma. Tanto o controlo e o embalamento regiam-se por uma gama de controlo e de embalamento. Na Figura 33 é possível observar o posto 16 onde são processadas as tarefas anteriormente descritas.

Na mesa estavam presentes tanto as gamas de controlo, como as de embalamento para o colaborador saber como a atividade deve ser executada. Adicionalmente também eram expostos alertas de qualidade neste posto, para que caso existisse uma nova evidencia no que dizia respeito à qualidade da peça, esta fosse revista neste posto de controlo até o problema ser resolvido. Era feito ainda a picagem do DMC da peça, por forma a colocar os dados da mesma na base de dados referente à produção da linha.



Figura 33 – Posto de controlo e embalagem

4.2 Análise crítica à situação atual e identificação dos principais problemas

Nesta secção é apresentada com detalhe a análise crítica do estado atual da linha de produção, tal como os problemas identificados usando, nomeadamente, gráfico de Pareto, diagrama de Ishikawa, *Work Combination Table* (WCT), gráfico de barras e técnica 5Why. Como já foi referido anteriormente, houve um aumento de volumes para esta linha de produção, portanto o foco do projeto não só passou por aumentar a capacidade da linha de produção, como também melhorar a eficiência da mesma. Para o primeiro ponto, foi elaborado um estudo de tempos e foi utilizada a WCT como ferramenta de análise e tratamento de dados, no que diz respeito à eficiência da linha, foi analisado o indicador OEE, por forma a perceber quais eram os fatores que condicionavam mais a eficiência da linha. A par dos pontos indicados, também foram abordados os problemas de limpeza e organização encontrados nos postos de trabalho.

Os dados referentes à eficiência, produção, avarias, retrabalho, sucata da linha, foram retirados da base de dados da empresa. A empresa, usava um documento de registo de produção diário, que era preenchido pelo operador em linha, que pode ser visualizado no Anexo 1 e, posteriormente era fornecido ao *team leader* que passava a informação para a rede da empresa.

4.2.1 Análise dos postos e tempos da linha de produção

Inicialmente foi elaborado um estudo de tempos à linha de produção, por forma a perceber se o tempo de ciclo da linha conseguia colmatar o *Takt-Time* (TT) proposto e também entender se esta estava balanceada. O *Takt-Time* da linha foi calculado da seguinte forma:

- Pedidos para 2022: 798 775 peças
- Tempo de produção anual: $21 \text{ dias} \times 12 \text{ meses} \times 21 \text{ horas} \times 3600 \text{ segundos} = 19\,051\,200 \text{ segundos}$

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo disponível de produção}}{\text{Pedidos do cliente}} = \frac{19\,051\,200}{798\,775} = 23,85 \text{ segundos/peça}$$

Equação 5 – Cálculo do takt-Time

Através do cálculo do TT, foi concluído que a cada 23,85 segundos a linha teria de produzir uma peça para satisfazer a procura do cliente.

Para a realização do estudo de tempos, numa primeira fase houve um conhecimento detalhado dos postos de trabalho da linha de produção, por forma a definir as atividades a serem medidas. Após obter este conhecimento foi construída a WCT e uma folha de registos de tempos. Estes documentos podem ser visualizados no Apêndice 2 e 3, respetivamente.

O equipamento utilizado para o registo foi:

- Telemóvel que serviu como cronómetro;
- Folha de registo de tempo;
- Caneta;
- Prancheta.

Foi igualmente importante sensibilizar os colaboradores para o estudo que ia ser realizado, por forma a não se sentirem pressionados na realização das tarefas, pois deveriam ser realizadas de forma “normal”, e também para que percebessem a importância e o âmbito da realização do estudo dos tempos da linha de produção.

É importante referir a inexistência de um *Standard* de trabalho no que dizia respeito ao número de colaboradores na linha de produção, sendo que esta análise tinha por base quatro colaboradores a operar que era o número de colaboradores mais frequente na linha de produção.

A referência usada para o estudo de tempos foi a 35C1, porque era a referência que tinha a maior percentagem de vendas, a qual também dava para replicar para 00J1, visto que o processo era igual.

No que dizia respeito à dimensão da amostragem utilizada, foram elaboradas 20 amostras de cada tarefa e posteriormente foi feito o cálculo para verificar se seriam necessárias mais amostras para um intervalo de confiança de 95%. Este processo está documentado na folha de registo dos tempos no Apêndice 4.

Após ter sido feita a recolha, foi preenchida a *Work Combination Table* com os dados adquiridos, que pode ser observada no Apêndice 5. Através da WCT, conseguiu-se extrair também o gráfico apresentado na Figura 34, que faz um resumo dos tempos de ciclo de cada posto de trabalho e compara-os com o *Takt-Time*, sendo este representado pela linha a tracejado presente no gráfico.

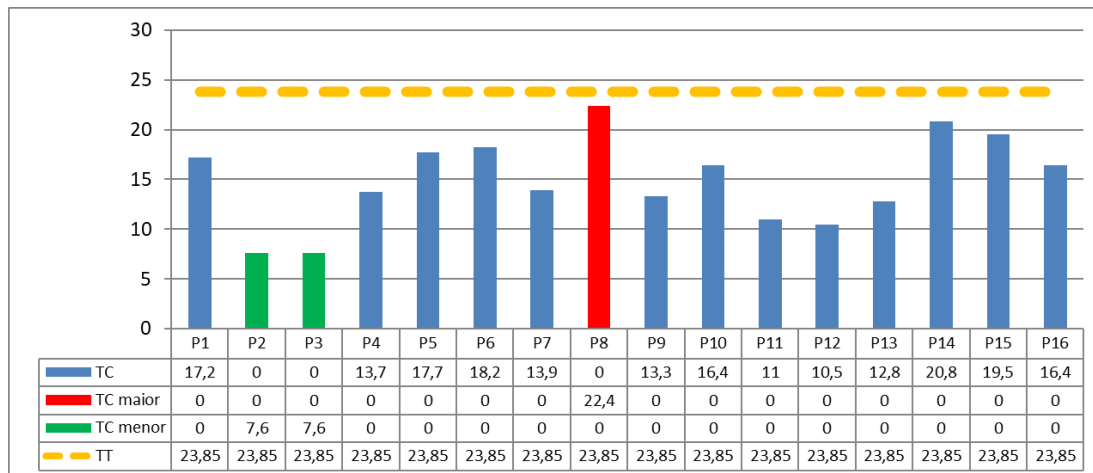


Figura 34 – Tempos de ciclo de cada posto de trabalho

Através do gráfico, concluiu-se que nenhum posto de trabalho estava acima do *Takt Time*, contudo podemos destacar os três postos de trabalho com maior tempo de ciclo da linha:

- Posto de trabalho 8: Aparafusamento da flap;
- Posto de trabalho 14: Marcação a laser;
- Posto de trabalho 15: Inspeção do robot.

Todos os postos mencionados acima, eram postos de trabalho de índole automática, nenhum deles incluía operações manuais.

Para além dos postos anteriormente, serão alvo de análise em secções seguintes, foi também importante verificar também o número de colaboradores necessários para operar nesta linha de produção. O cálculo da Mão de Obra Direta (MOD) necessária teórica foi realizada da seguinte forma:

$$MOD \text{ necessária teórica} = \frac{\text{Soma de todas as operações manuais}}{\text{Takt - Time}} = \frac{35,18}{23,85} \approx 2$$

Equação 6 – Cálculo do MOD necessária teórica

Através deste cálculo, concluiu-se que poderia ser possível balancear a linha de produção, por forma a reduzir o número de operadores de quatro para dois.

Ao analisar mais detalhadamente o gráfico acima representado na Figura 37, concluiu-se também que existia uma amplitude nos postos onde havia MOD de 9,6 segundos. Este cálculo provém da subtração

do posto com maior tempo de ciclo manual, posto de trabalho 1, com o posto de trabalho com menor tempo de ciclo, posto de trabalho 2 e 3.

4.2.1.1 Elevados transportes e deslocações no posto de trabalho 1

Como é possível observar na WCT presente no Apêndice 5, o posto de trabalho 1 era o posto que apresentava mais desperdícios, incluindo atividades que não acrescentavam valor tais como transportes, deslocamentos e também operações ineficientes no seu processo. Adicionalmente, não existia um *standard* para os transportes e em termos de ergonomia era desadequado como se pode ver na análise aprofundada que se segue.

Como já foi referido anteriormente no ponto 4.1.3, no posto de trabalho 1 davam entrada na linha de produção tanto os housings e os solenoides e, posteriormente o colaborador deslocava-se para colocar grease em ambos os componentes e depois vai transportava-los para a rampa de abastecimento. Em norma, o colaborador deslocava-se até à entrada dos housings para transportar uma caixa de housings para a zona destinada à colocação de grease neste componente. Após ter colocado grease em todos os componentes dessa caixa, esta era transportada para a rampa de abastecimento. Junto a esta encontravam-se já os solenoides e era nessa mesma zona que era colocado o grease nesse componente para que posteriormente a caixa fosse também abastecida na rampa.

A Figura 35 mostra as deslocações e transportes, na colocação de grease no housing e as dimensões deste posto de trabalho.

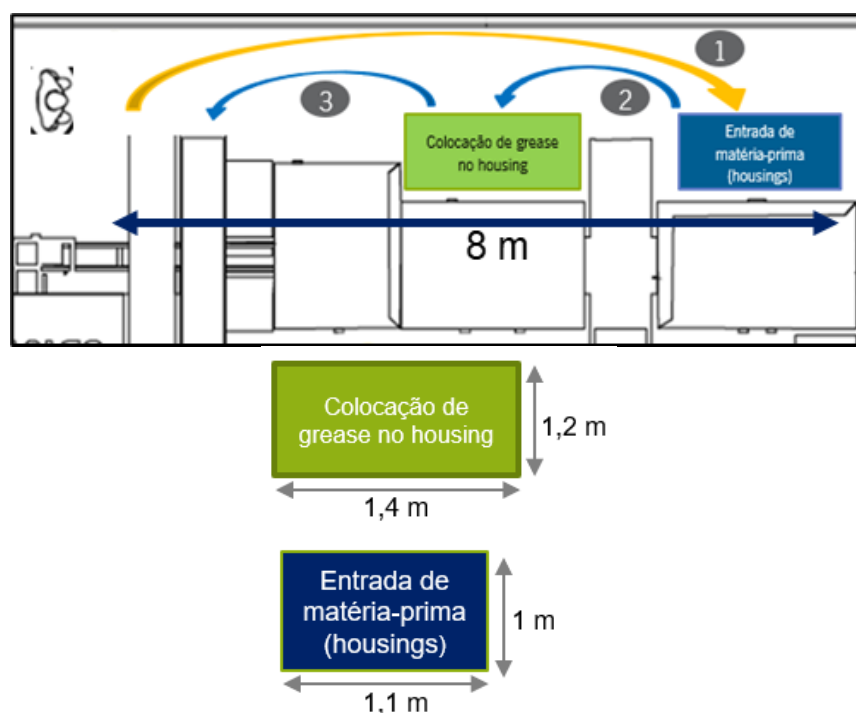


Figura 35 - Movimentos do posto de trabalho 1 e dimensões

As setas que estão representadas com a cor azul e numeradas com os números 2 e 3, identificam os transportes elaborados neste processo em que o operador carregava o tabuleiro com peças com as operações realizadas e a seta colorida com a cor laranja e numerada com o número 1, representa o deslocamento executado pelo colaborador em vazio, isto é, sem carregar nada. Estes movimentos representavam uma atividade de valor não acrescentado, sendo a soma das mesmas de, aproximadamente, 8,3 segundos.

Quanto aos transportes, não existia um *standard*, portanto podia ser feito da forma que o colaborador entendesse, tal como através de um carrinho, ou então manualmente, sendo esta a maneira mais utilizada pelo colaborador. Através da Figura 36 a), é possível observar a forma de como é feito este transporte manual, verificando que não é o melhor a nível ergonómico podendo causar lesões a longo prazo ao colaborador.

A Figura 36 b) é referente ao transporte numerado anteriormente com o número 2, demonstra a colocação de uma caixa de housings, que pesa em média 8 Kg, na rampa de abastecimento.

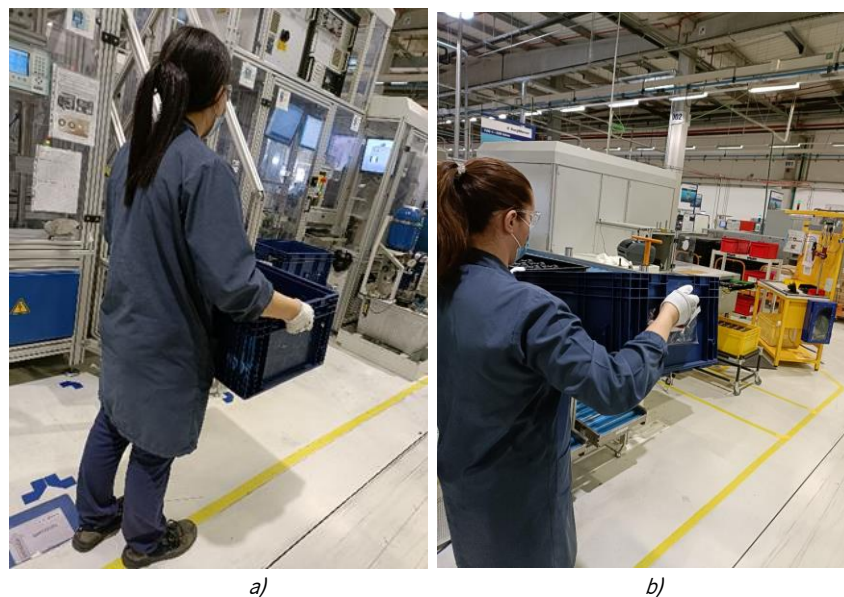


Figura 36 – a) Transporte da caixa de housings; b) Colocação da caixa na rampa de abastecimento

4.2.1.2 Quantidade incerta de *grease*

Outro ponto que se teve em consideração neste posto, foi a operação em que era colocado o *grease* no housing. Esta era uma atividade manual onde o colaborador com o auxílio de um pincel colocava uma quantidade indefinida de *grease* no local onde ia ser cravada a esfera. Na Figura 37 pode verificar-se a forma como esta tarefa era executada.



Figura 37 – Colocação de grease no housing

Por forma a perceber os desvios nesta tarefa, foi elaborada uma análise de 24 amostras onde foi pesado o housing sem grease e após a sua colocação. Esta análise pode ser observada no Apêndice 7. Através desta observação concluiu-se que havia uma amplitude de 0,1 gramas entre o mínimo e o máximo de grease utilizado nas amostras.

No que dizia respeito à tarefa em si, esta também não era a mais eficiente, visto que o colaborador retirava a peça da caixa, colocava o grease na peça e, posteriormente voltava a colocar o componente na caixa, tal como pode ser observado na Figura 38.



Figura 38 – Operação de colocação de grease

Esta operação de acordo com os tempos medidos que podem ser consultados na WCT (Apêndice 5), tinha duração de 2,82 segundos por peça.

4.2.2 Análise da eficiência da linha de produção

Para o estudo e análise da eficiência da célula produtiva, a métrica usada foi o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). A empresa tinha como objetivo um OEE de 85%, objetivo esse que como se pode observar através da Figura 39, que representa o gráfico deste indicador de outubro até dezembro, estava abaixo do pretendido.

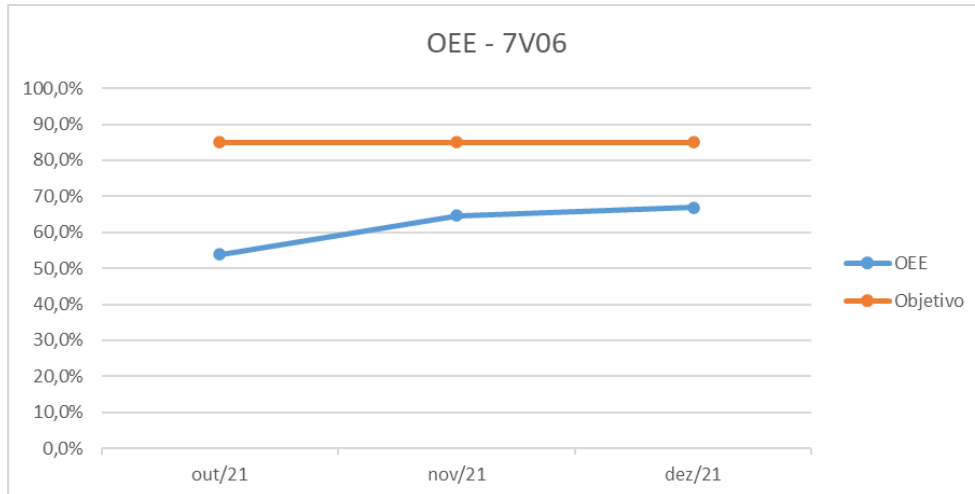


Figura 39 – OEE de outubro a dezembro na linha de produção do estudo

Ao explorar mais detalhadamente este indicador, analisando os parâmetros que o compõem, através da Figura 40 é possível concluir que a disponibilidade da linha de produção era o fator que mais condicionava a eficiência da mesma. A qualidade era o parâmetro que, depois da disponibilidade, também tem um impacto na eficiência da linha e, por fim, o desempenho era o parâmetro que destes três condicionava menos o OEE da linha de produção.

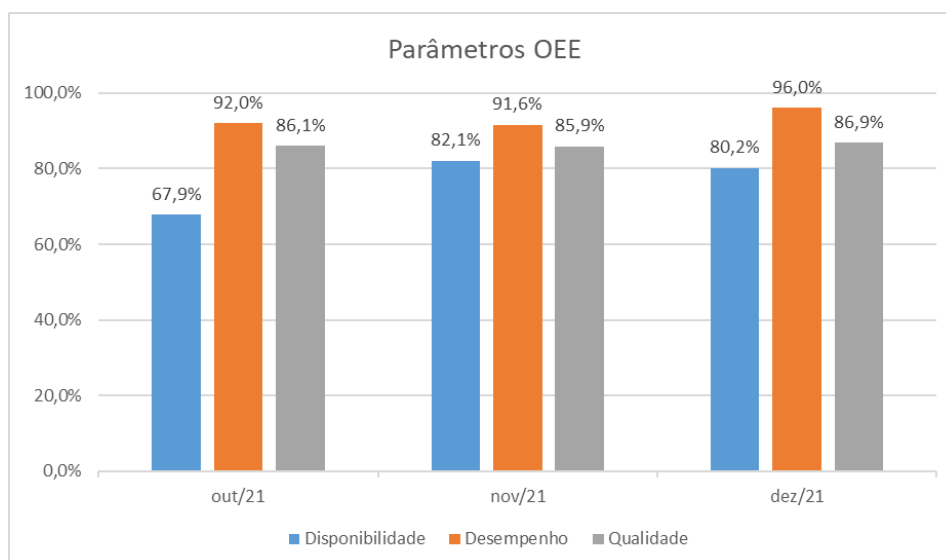


Figura 40 – Parâmetros do OEE

Após este estudo dos parâmetros do OEE, foi decidido priorizar e analisar com mais profundidade tanto a disponibilidade da linha, como a qualidade da mesma, visto que eram os fatores que mais condicionavam a eficiência da linha de produção, havendo aqui uma grande margem e oportunidade de melhoria.

4.2.2.1 Baixa disponibilidade

Como foi referido anteriormente, a disponibilidade era o parâmetro que mais condicionava a eficiência da linha de produção. Este problema refletia-se nas inúmeras paragens que se verificavam na linha de produção, devido às avarias das máquinas nos vários postos de trabalho. Para perceber melhor esta situação, foi elaborado um gráfico de Pareto, com recurso à base de dados da empresa, por forma a verificar quais eram os postos de trabalho que tinham um maior impacto no volume de avarias da linha de produção. Este gráfico foi elaborado para os meses de outubro, novembro e dezembro. O gráfico do mês de outubro está representado na Figura 41 e pode observar-se que era no posto de trabalho 3 que acontecia a maior percentagem de avarias (72%) com um tempo de paragem de mais de 3000 minutos, isto é, mais de 50 horas.

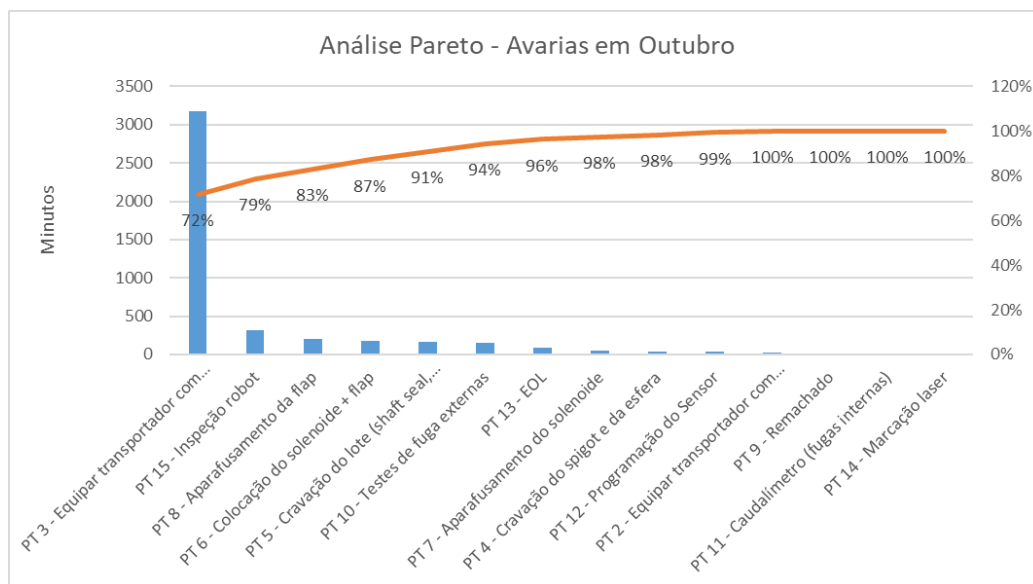


Figura 41 – Gráfico de Pareto das avarias do mês de outubro

Na Figura 42 está representado o gráfico do mês de novembro onde se pode destacar como as avarias que mais impactantes desse mês, o posto de trabalho 15 e 6 que representaram aproximadamente 50% das paragens.

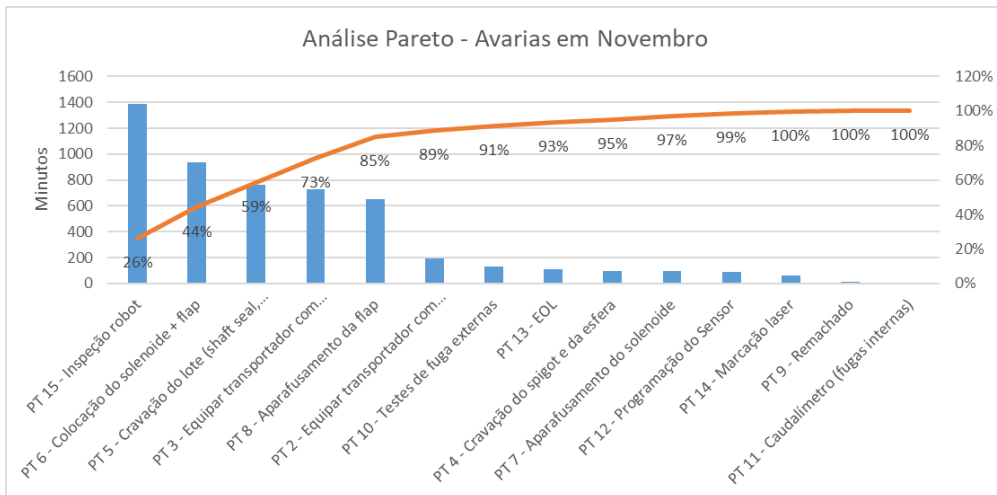


Figura 42 - Gráfico de Pareto das avarias do mês de novembro

Na Figura 43 está representado o gráfico Pareto referente ao mês de dezembro, onde se pode concluir que o posto de trabalho 5 representou metade das avarias desse mês.

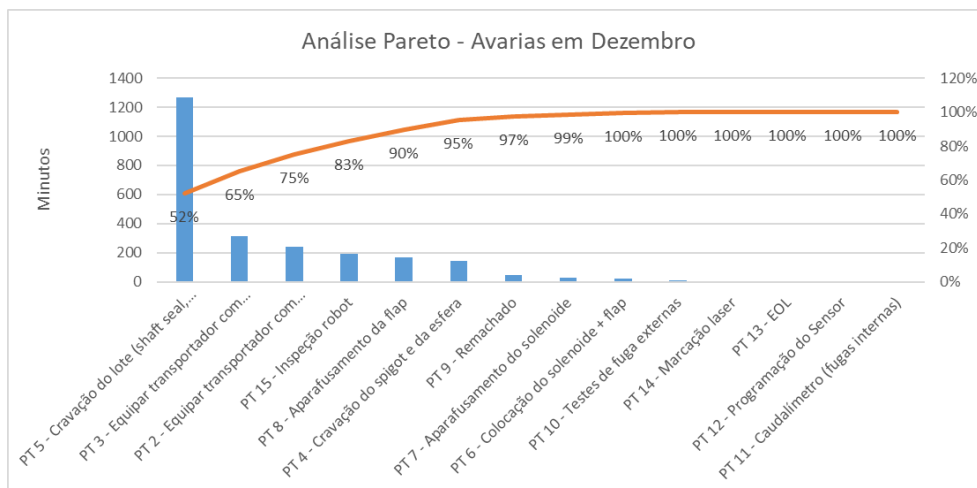


Figura 43 - Gráfico de Pareto das avarias do mês de dezembro

Através da análise dos gráficos de Pareto, é possível verificar a existência de uma repetição de um “top 5” avarias, que se repetiam nos meses observados, nomeadamente:

- Posto de trabalho 3;
- Posto de trabalho 5;
- Posto de trabalho 6;
- Posto de trabalho 8;
- Posto de trabalho 15.

Também foi questionado aos colaboradores de produção, quais eram os postos de trabalho, na opinião deles, que mais condicionavam a linha de produção a nível de avarias. Neste exercício cada colaborador teria de dizer um “top 3” avarias. No gráfico da Figura 46, está esquematizado as respostas obtidas do

top avarias que foram referidas pelos colaboradores, onde se pode constatar que iam ao encontro da análise de Pareto elaborada anteriormente.

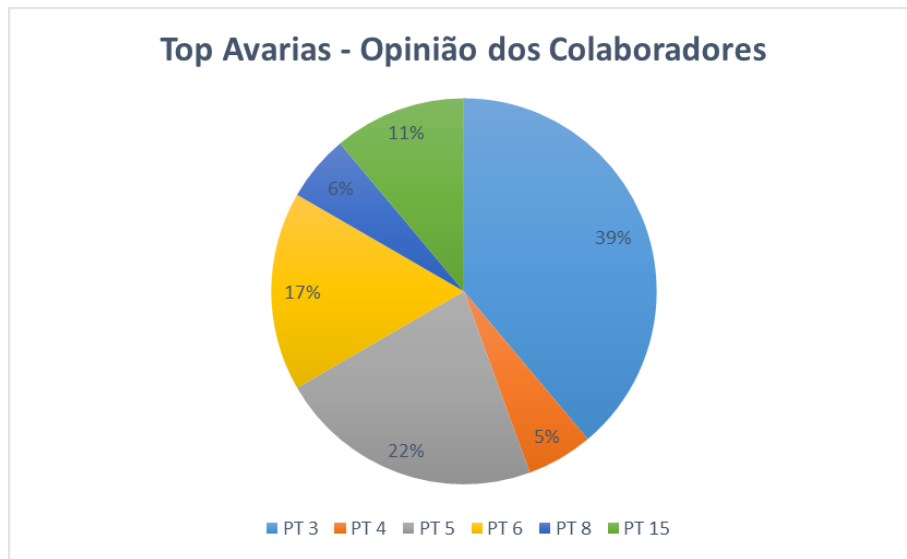


Figura 44 – Percentagem do número de avarias mais frequentes referidas pelos colaboradores

Posto isto, foram elaborados gráficos de Pareto para os postos de trabalho identificados como tendo o maior número de avarias, visto que em cada posto poderia haver mais do que um problema e, desta forma seria possível nomear em cada um, quais eram as incidências mais recorrentes e que tinham mais impacto nas paragens dos postos.

Nesta fase foram consultados os relatórios dos técnicos de manutenção, para contabilizar as incidências em cada posto de trabalho.

Relativamente ao posto de trabalho 3, e como é possível observar no gráfico de Pareto da Figura 45, a paragem mais recorrente neste posto era na máquina de cravação de pinos.

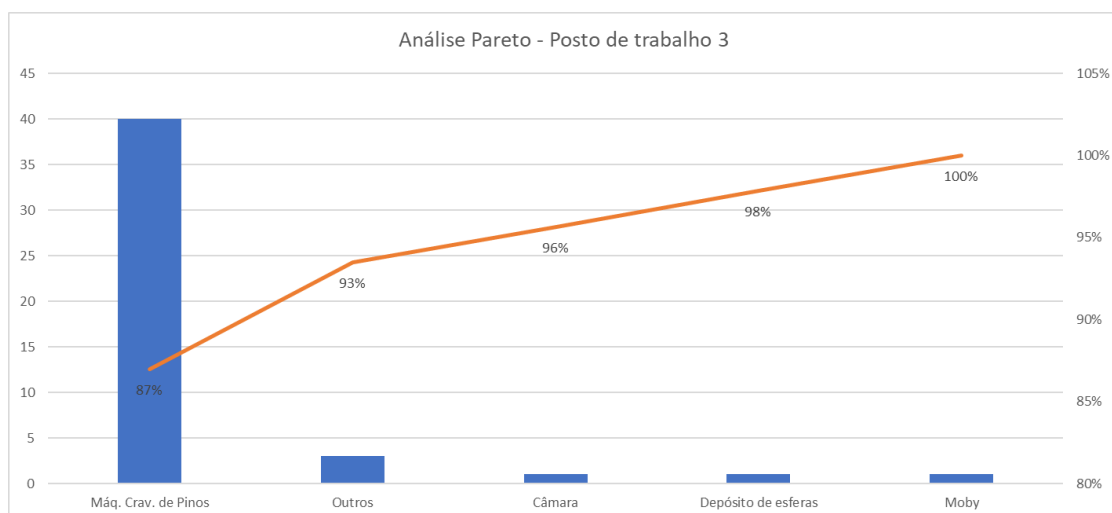


Figura 45 – Gráfico de Pareto referente às incidências do posto de trabalho 3

No que dizia respeito ao posto de trabalho 5, após analisar o gráfico de Pareto apresentado na Figura 46, foi possível concluir que neste posto tinha-se as ocorrências dispersas por diversos pontos, entre eles destacavam-se problemas no alimentador do shaft seal, no cilindro do lote, na garra do shaft seal e no alimentador de anilhas.

Apesar de não estar especificado no gráfico de Pareto, é importante referir que os alimentadores tanto do shaft seal como das anilhas eram bastante idênticos, sendo apenas diferente o componente que nele era depositado. Posto isto, englobou-se o problema dos dois alimentadores num só, acabando este por ter um maior impacto no posto em relação aos outros.

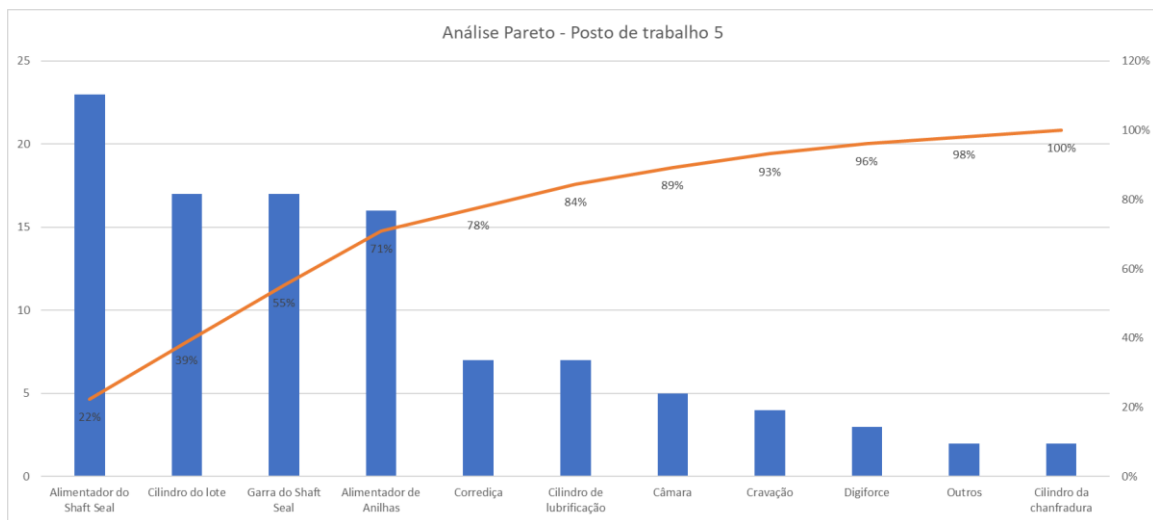


Figura 46 - Gráfico de Pareto referente às incidências do posto de trabalho 5

Quanto ao posto de trabalho 6, é possível observar pela Figura 47 que havia um problema que se destacava dos outros, as colisões entre as garras do solenoide e da flap.

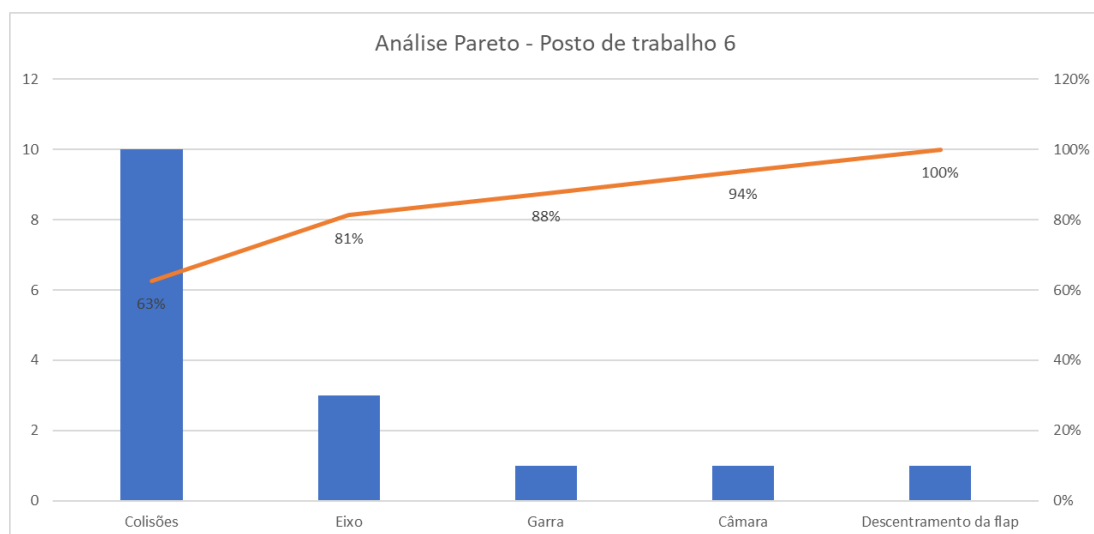


Figura 47 - Gráfico de Pareto referente às incidências do posto de trabalho 6

Em relação ao posto de trabalho 8, concluiu-se de acordo com o gráfico apresentado na Figura 48, que os problemas mais recorrentes neste posto eram relacionados com os cilindros. Depois existiam outros problemas que não foram especificados pelos técnicos nos relatórios de manutenção, contudo foram contabilizados e categorizados como “outros”.

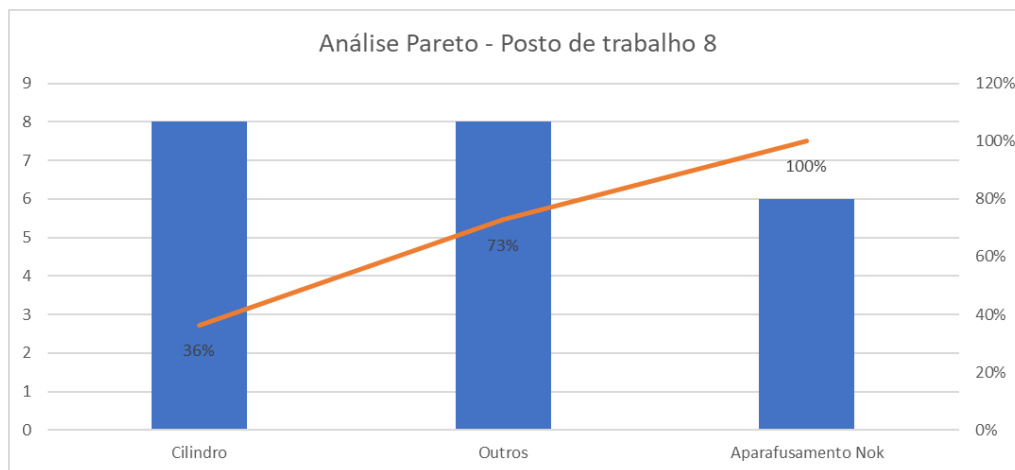


Figura 48 - Gráfico de Pareto referente às incidências do posto de trabalho 8

O posto de trabalho 15, também foi alvo desta análise, estando neste caso as ocorrências dispersas por vários pontos, nomeadamente, problemas relacionados com as de câmaras, problemas com o computador que gere o robot, algumas paragens devido a problemas do próprio robot e também algumas paragens relacionadas com problemas dos cilindros. Estes pontos estão representados graficamente na Figura 49.

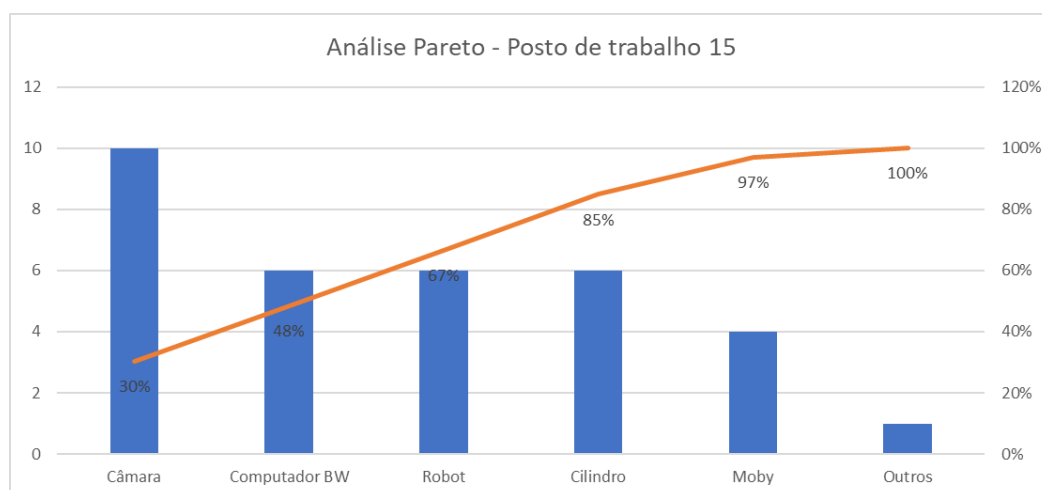


Figura 49 - Gráfico de Pareto referente às incidências do posto de trabalho 15

Após esta análise detalhada das várias ocorrências nos postos que tinham sido identificados como postos críticos no que dizia respeito à disponibilidade da linha de produção, foi elaborada uma apresentação aos colaboradores dos três turnos de trabalho, por forma a demonstrar a importância desta temática e

o real impacto que poderiam obter com a resolução de alguns destes problemas, mostrar os diversos pontos que foram analisados e também dar a conhecer o indicador OEE, explicando de que forma era medida a eficiência das linhas na fábrica e os parâmetros que condicionam a mesma. A apresentação mostrada aos colaboradores pode ser consultada no Apêndice 6.

Nesta apresentação, também foi definido que iam ser trabalhados três problemas dos anteriormente identificados, por forma alocar um problema a cada turno e subdividir a carga de trabalho que poderia conter a análise e resolução dos problemas. Posto isto, foi decidido em equipa, tendo em conta o impacto anteriormente identificado relativamente aos postos e aos problemas que os postos apresentavam, que as avarias que iam ser trabalhadas numa primeira fase eram as relacionadas com os postos:

- Posto de trabalho 3: Máquina de cravação de pinos;
- Posto de trabalho 5: Alimentadores do shaft seal e das anilhas;
- Posto de trabalho 6: Colisões.

Para análise, resolução e seguimento de cada um dos problemas nomeados, foi desenvolvido um documento, que está exposto no Apêndice 8, que contem os vários passos essenciais para a resolução e seguimento deste tipo de problemas, tais como:

- Identificação da equipa de trabalho;
- Descrição do problema;
- Análise dos 5'Whys;
- Ações implementadas ou a implementar;

Este documento foi utilizado para cada uma das avarias e estava colocado num quadro junto à linha de produção (Figura 50).

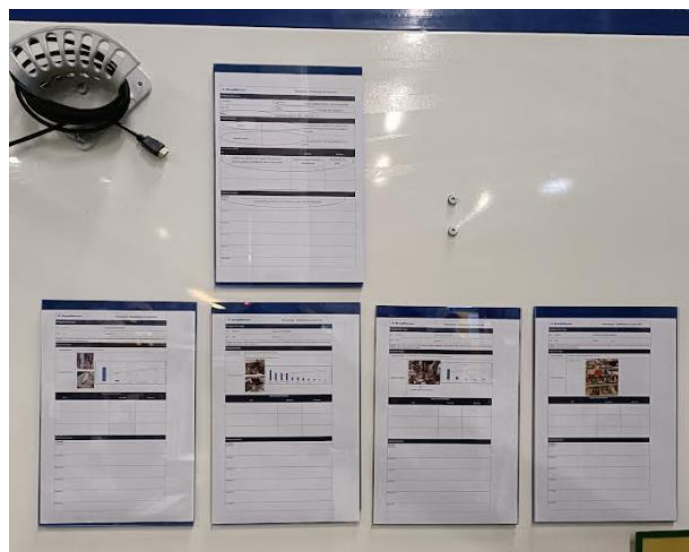


Figura 50 – Documentos de suporte expostos junto à linha de produção

Nos próximos pontos vão ser explanados os pontos mais importantes de cada uma das avarias selecionadas.

4.2.2.1.1 Posto de trabalho 3: Máquina de cravação de pinos

A máquina de cravação de pinos, tal como o nome indicava, cravava um dovel pin no solenoide, como pode ser observado na Figura 51.

A Figura 51 apresenta a parte frontal da máquina é constituída por um deckel, uma agulha e uma chapa. A agulha encontra no interior do deckel.

O colaborador colocava o solenoide no orifício presente no deckel, contactando a ponta do solenoide com um sensor que se encontra no fundo da máquina. Este sensor era assim ativado, lançado desta forma um dovel pin, que estava presente num alimentador, e depois este era cravado no solenoide através da agulha que executava um movimento vertical.

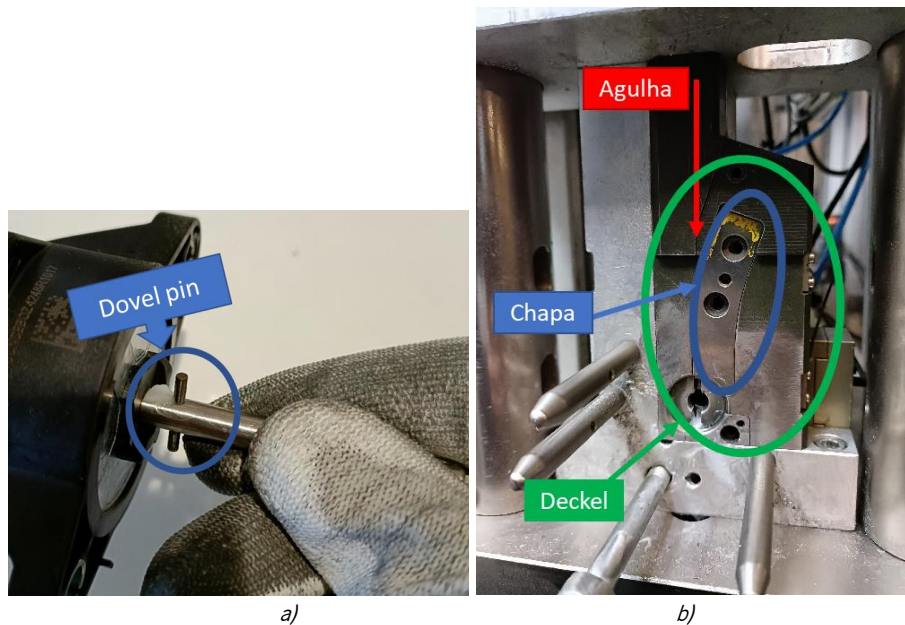


Figura 51 – a) Dovel pin cravado no solenoide; b) Máquina de cravação de pinos

Como já foi referido anteriormente, esta era uma das máquinas onde os técnicos mais entreviam, por haver inúmeras falhas na cravação do pino. Ao analisar a máquina foram verificados dois problemas que levavam a esta falha de cravação: 1) o desgaste do deckel e da chapa que, nunca tinha sido analisado e também nunca foi calculado o seu tempo de vida útil; 2) acumulação de grease (massa lubrificante) no sensor.

Relativamente ao primeiro problema representado na Figura 52, acontecia após vários ciclos de utilização em que a chapa que se encontrava no tooling, ficava com um desgaste acentuado, provocando posteriormente um descentramento da agulha que ao executar o seu movimento já não ia cravar o dovel

pin no devido local, fazendo com que esta, muitas, vezes acabasse por partir e assim fosse necessário a sua troca.

O segundo problema é referente à acumulação de grease (massa lubrificante) no sensor. O grease é utilizado para lubrificar o orifício onde é cravado o dovel pin, para que este seja inserido mais facilmente e sem forçar e danificar o solenoide. A agulha ao inserir o dovel pin, acaba por empurrar algum do grease para baixo, ficando este no orifício como é possível verificar na Figura 52.

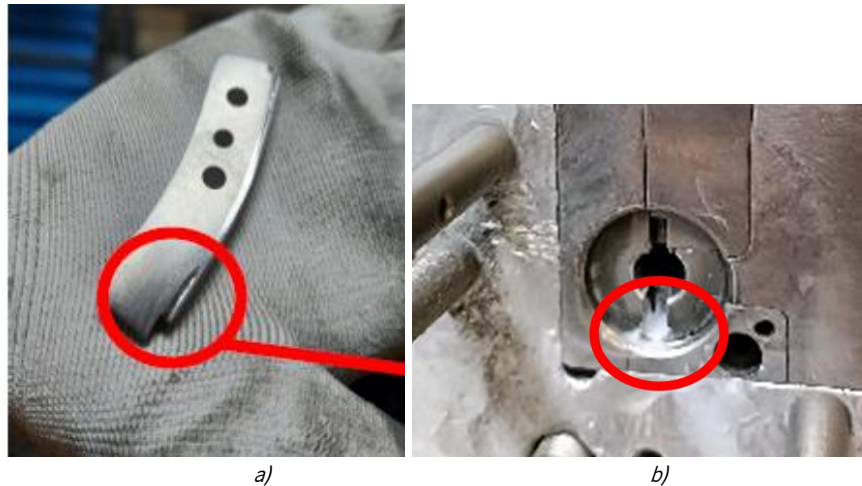


Figura 52 – a) Desgaste da chapa; b) Grease acumulado no orifício

O colaborador ao colocar o solenoide seguinte, também empurrava o grease que se encontra aqui para o sensor, e por conseguinte este deixava de detetar o solenoide ou então começava a ativar múltiplas vezes sem ter sido colocado o componente dentro da máquina, provocado assim a falha na cravação. Posto isto, foi elaborada uma análise com recurso aos 5 *Why's*, por forma a identificar a causa raiz do problema. Esta análise está esquematizada no diagrama abaixo, Figura 53.

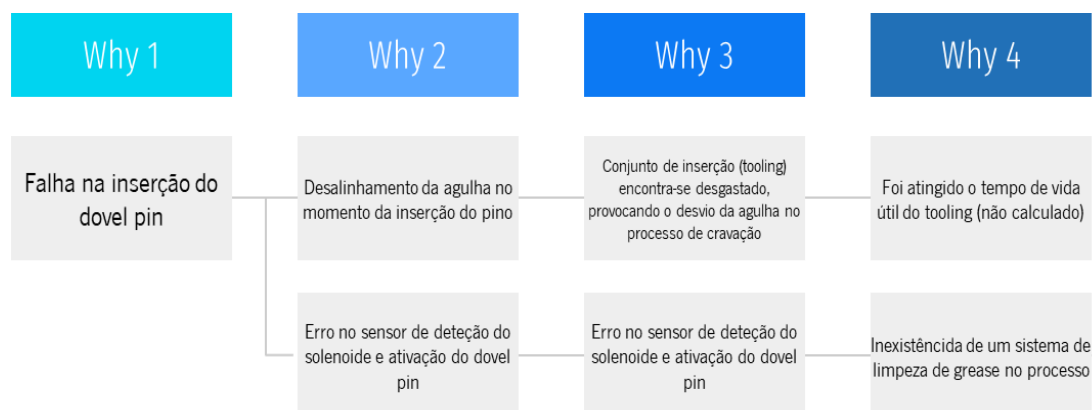


Figura 53 – 5 *Why's* para a falha na inserção do dovel pin

Com esta análise foi concluído que este problema teria duas causas-raízes, nomeadamente, o fim de vida do tooling (deckel + chapa) e também a inexistência de um sistema de limpeza para a remoção do grease do sensor.

A análise desenvolvida com o suporte da equipa alocada à linha de produção foi seguida através do documento identificado e apresentado no Apêndice 9 é apresentado o mesmo documento preenchido com o desenvolvimento deste problema.

4.2.2.1.2 Posto de trabalho 5: Alimentador do Shaft Seal e da Anilha

Ambos os alimentadores neste posto, eram idênticos, isto é, eram duas tremonhas que funcionavam através de vibração, deslocando os componentes até a um orifício, entrando posteriormente numa corredeira onde eram agarrados pela garra que os inseria no housing. No que dizia respeito ao carregamento dos alimentadores, eram os colaboradores, sem nenhum procedimento normalizado de trabalho, que carregavam os alimentadores com os componentes, sendo este carregamento feito, por vezes, com a mão e, outras vezes, através de caixas vazias.

Nos alimentadores, como é possível verificar através da Figura 54, o caminho das anilhas até ao orifício, funcionavam como um mecanismo *poka-yoke*, pois este tinha a largura da anilha e, desta forma, fazia com que nenhum outro componente chegasse ao orifício. Contudo este caminho com a largura da anilha não estava presente até ao orifício, sendo que à beira do orifício a largura era maior, pelo que, um componente indevido podia introduzir-se lá, acabando por encravar os alimentadores.

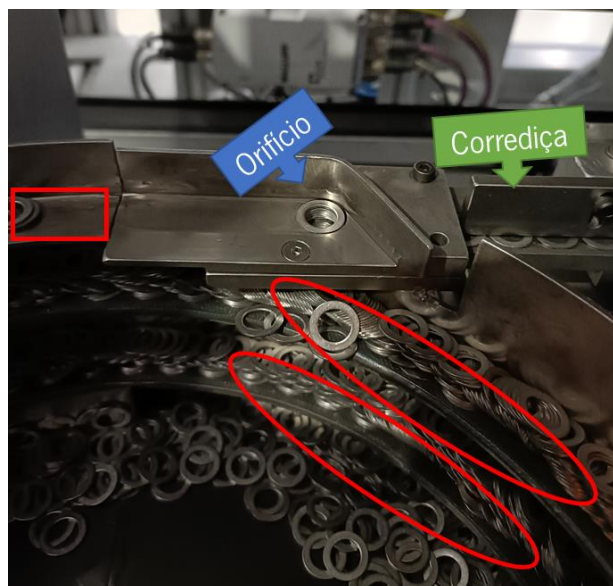


Figura 54 – Alimentador de anilhas

Com ajuda da equipa foi desenvolvida uma análise com o suporte à ferramenta dos *5'Whys*, para determinar a causa raiz do problema.

Esta análise está demonstrada na Figura 55 abaixo representada.



Figura 55 – 5 Why's para a falha nos alimentadores

Através dos 5 Why's, concluiu-se que existia uma dupla causa raiz para este problema, nomeadamente a inexistência de um método de separação dos componentes e também a ineficácia do *poka-yoke*, que foi anteriormente explicado. A análise e o seguimento deste problema foi elaborado através do documento explicado na secção anterior e que pode ser visualizado no Apêndice 10.

4.2.2.2 Baixa qualidade

A qualidade das referências que saíam da linha era outro dos parâmetros que condicionava a eficiência da linha de produção. Como é possível observar através da Figura 56, os dados de sucata e retrabalho referentes ao ano de 2021, são demonstrativos da quantidade impactante dos modos de falha que causavam estes problemas de falta de qualidade.

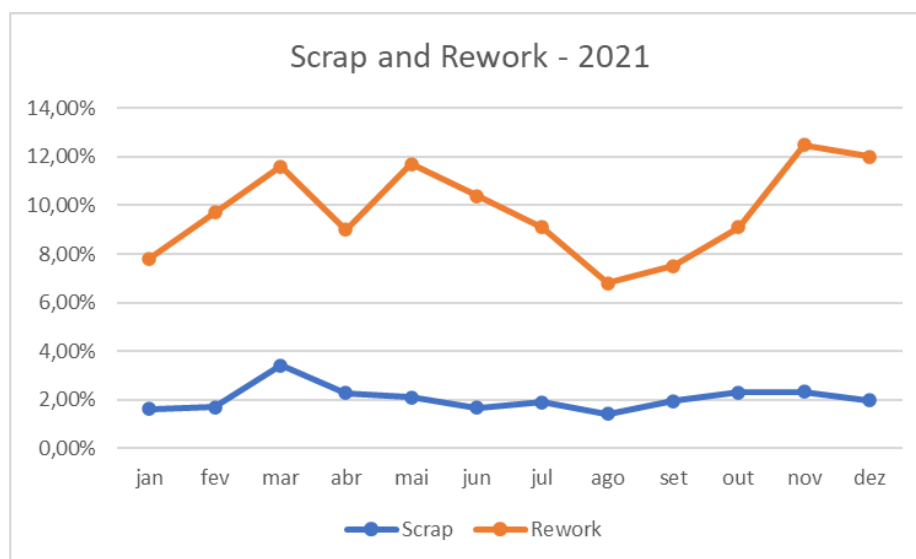


Figura 56 – Gráfico do Scrap e Rework da linha de produção referente a 2021

Por forma a definir um foco, foi escolhido priorizar a diminuição do retrabalho, visto que tinha valores muito superiores em relação à sucata. Esperava-se que, ao melhorar os principais modos de falha, haveria um impacto positivo também na sucata da linha de produção. Posto isto foi elaborada uma análise, através de um gráfico Pareto, por forma a verificar quais eram os modos de falha que tinham

mais impacto no retrabalho da linha, e assim elaborar um top 3, tal como foi feito para a disponibilidade, para encontrar as possíveis causas e desenvolver ações de melhoria com a equipa de trabalho para a resolução dos problemas.

Através do gráfico Pareto, apresentado na Figura 57, onde é feita a análise à soma dos modos de falha de janeiro e fevereiro de 2022 (por forma a ter os dados mais atualizados), constatou-se que o top 3 modos de falha com mais incidentes eram:

1. Falha na programação – Posto de trabalho 14;
2. Falha no Aparafusamento M2.5 – Posto de trabalho 8;
3. Fugas – Posto de trabalho 10.

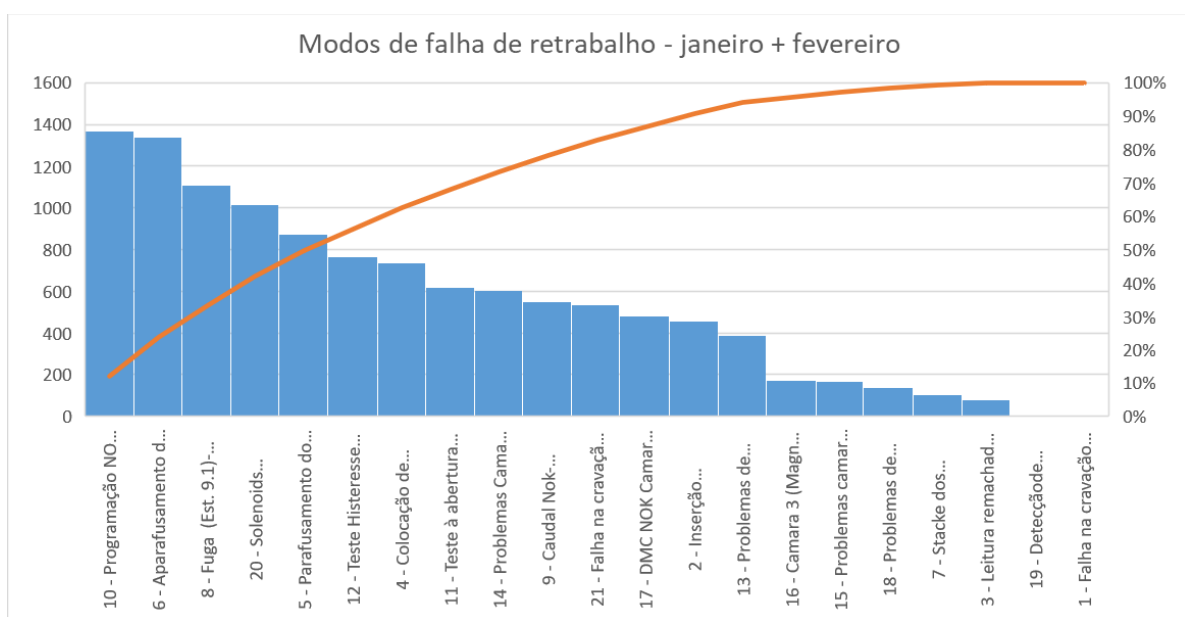


Figura 57 – Gráfico Pareto dos modos de falha de janeiro e fevereiro

Após a definição dos modos de falha, foram elaborados diagramas de causa-efeito para cada um dos modos de falha, por forma a perceber quais eram as possíveis causas e serem analisadas.

4.2.2.2.1 Falha no Aparafusamento M2.5 – Posto de trabalho 8

Como já foi referido anteriormente, no posto de trabalho 8 era realizado o aparafusamento dos parafusos M2.5, onde ocorria e o erro do aparafusamento. Normalmente, esta falha ocorria quando a ponteira não conseguia encaixar no próprio parafuso, acabando este por cair ou então a ponteira encaixava mal no parafuso e este acabava por ficar mal aparafusado. Quando ocorria este tipo de erro, o colaborador em norma removia os parafusos da flap, quando os tinha, e se estes ainda se encontrassem em condições eram reaproveitados e aparafusados manualmente, caso contrário o colaborador aparafusava uns parafusos novos. Na Figura 58 é apresentado o diagrama de causa-efeito construído com as causas identificadas para este modo de falha.

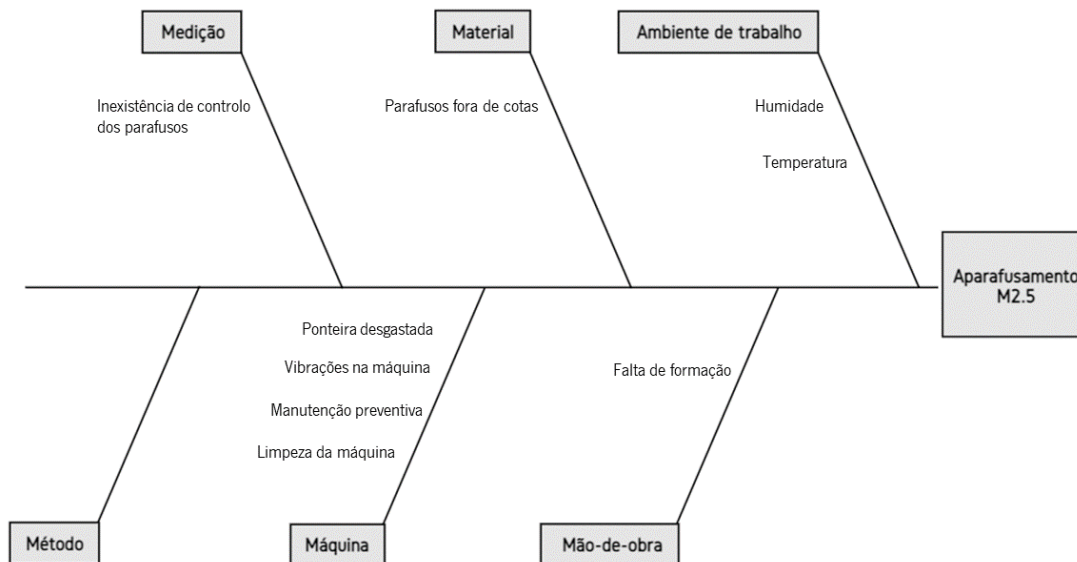


Figura 58 – Diagrama de causa-efeito do Aparafusamento M2.5

Após análise das possíveis causas, a equipa considerou que a possível causa do problema seria a matéria-prima fora de cotas. Como é possível verificar através da Figura 59, através de uma inspeção visual de um dos parafusos que deu erro no aparafusamento, verificou-se um descentramento da cabeça do mesmo em relação ao normal. Como se pode ver na Figura 59, o parafuso 1 é um parafuso dentro das especificações e o segundo com o descentramento.



Figura 59 – Parafuso n°1 Ok e Parafuso n°2 NOk

Posto isto, foi elaborada uma análise mais detalhada às especificações dos parafusos que chegavam ao posto de trabalho, tendo sido recolhidos uma amostra de 10 unidades deste componente, escolhidos aleatoriamente, por forma a serem analisados e verificar se estavam dentro das especificações do desenho da peça.

Na Tabela 2, é apresentado o resultado da amostra efetuada aos parafusos.

Tabela 2 – Análise dos Parafusos M2,5

Item	Dimensão/Especificação	Limites	Peça 1	Peça 2	Peça 3	Peça 4	Peça 5
1	(A)	2,4 ±0,1	2,546	2,317	2,352	2,443	2,556
2	t	0,91 - 1,04	0,670	0,960	0,980	0,940	0,710
3	Concentricidade		0,079	0,244	0,198	0,155	0,398

Item	Dimensão/Especificação	Limites	Peça 6	Peça 7	Peça 8	Peça 9	Peça 10
1	(A)	2,4 ±0,1	2,541	2,468	2,369	2,527	2,547
2	t	0,91 - 1,04	0,690	0,950	0,980	0,730	1,010
3	Concentricidade		0,241	0,196	0,213	0,268	0,258

Por forma a perceber os valores, a Figura 60 a) e b) e a demonstram ilustrativamente o que foi medido.

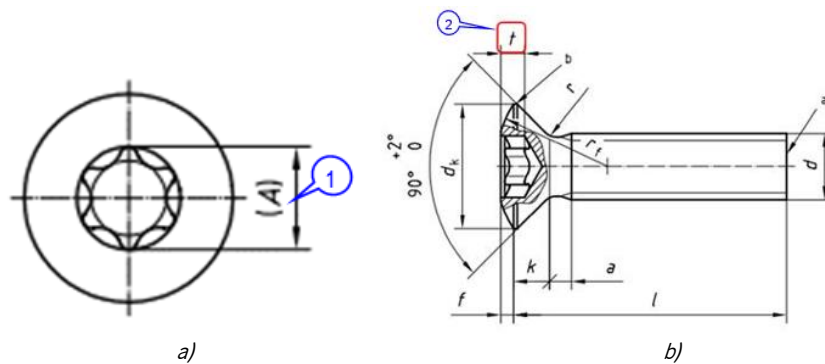


Figura 60 – a) Diâmetro da “cabeça” do parafuso (A); b) Profundidade (t) da “cabeça do parafuso

No que diz respeito ao item 3, a concentricidade, este valor quanto mais perto de 0 estiver, mais centrado o parafuso está.

Através da Tabela 2 é possível concluir que 40% dos parafusos estavam fora de especificação, e existia uma variabilidade quanto à concentricidade dos mesmos.

4.2.2.2 Falha na programação – Posto de trabalho 14

A programação da peça era realizada no posto de trabalho 13, e consistia em programar a tensão de abertura e de fecho da flap. Os testes à programação, por forma a perceber se a tensão aplicada era a correta, foram realizados no posto de trabalho seguinte (14), e era neste que era apresentado este modo de falha.

Foi elaborado um diagrama de causa-efeito, apresentado na Figura 61, com as possíveis causas da falha na programação para serem discutidas em equipa.

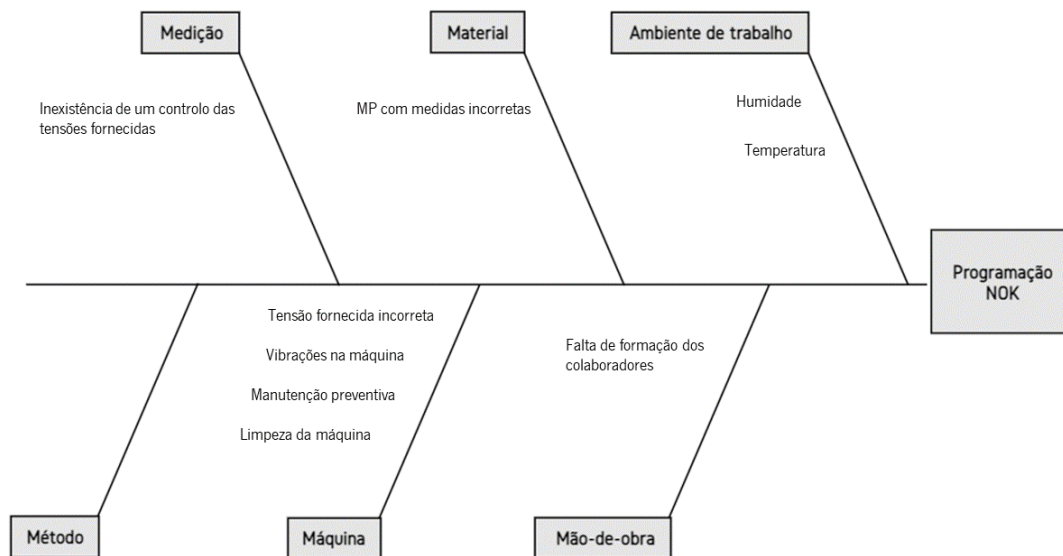


Figura 61 - Diagrama de causa-efeito da Programação NOK

Após a análise dos vários fatores, e ao verificar os dados fornecidos pela base de dados, relativamente a este problema, foi possível concluir que os valores da tensão de abertura da flap, estavam constantemente juntos ao limite superior.

Os limites que estavam designados no plano de controlo da peça, dizia que os valores da tensão de fecho deviam estar entre 0,45 V e 0,55 V, e no que dizia respeito à tensão de abertura, os valores deviam estar entre 4,45 V e 4,55 V. A Tabela 3 apresenta os dados referentes à tensão de abertura e de fecho relativamente a 10 peças, como já foi dito anteriormente, e é possível observar na tabela, os valores que diziam respeito à tensão de abertura da flap encontravam-se muito próximo do limite superior do plano de controlo.

Tabela 3 – Dados da tensão de abertura e de fecho de 10 peças em volts

Amostras	Tensão de fecho	Tensão de abertura
1	0,507	4,539
2	0,504	4,538
3	0,511	4,553
4	0,508	4,555
5	0,514	4,545
6	0,506	4,55
7	0,515	4,55
8	0,507	4,545
9	0,513	4,549
10	0,506	4,551

O fator que condicionava ente valor de tensão era a energia fornecida pelo conector, ao qual a peça conectava para fazer o teste. O valor de referência da tensão que deveria ser fornecida pelo conector era

de 5 V, e ao medir através de um voltímetro, como é possível observar na Figura 62 a), este marcava 5.053 V, sendo que este valor interferia diretamente com o valor devolvido da tensão de abertura da válvula.

Foi testado em bancada, com uma fonte de alimentação de 5 V, a abertura e fecho da flap, por forma a perceber se de facto que com a tensão correta, os valores estariam dentro dos parâmetros especificados. Como é possível observar Figura 62 b), a tensão de abertura medida em bancada numa das peças que tinha dado um valor rejeitável, dava agora um valor dentro de especificação e na média dos limites, 4.492 V.

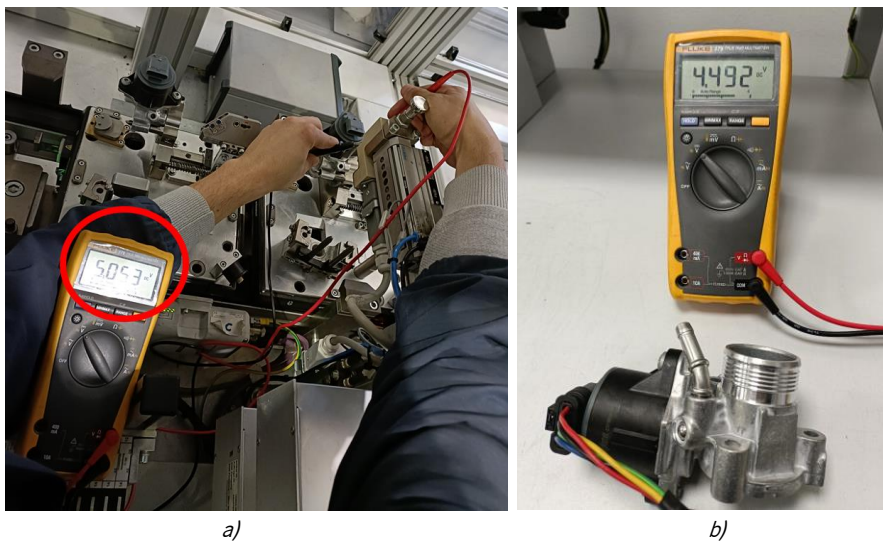


Figura 62 – a) Medição da tensão fornecida à saída do conector; b) Tensão de abertura da flap em bancada

Ainda foi elaborado um teste, que era igual ao que era feito em linha, mas na sala de testes da BorgWarner, cujo resultado pode ser consultado no Anexo 2. A Figura 63, apresenta os dados que eram apresentados na máquina relativamente à tensão à saída do conector, e esta era equivalente à medida com o voltímetro, sendo superior aos 5 V, especificados.

The image is a screenshot of a machine's control interface. At the top, there are labels 'nung', 'Bezugspegel', and 'EOL'. Below these, there is a section titled 'AI Dev1 NI'. It contains a table with two columns: a label and a numerical value. The 'Sensor 5V' row is circled in red.

Label	Value
Luftdruck	0,00
Massendurchfluss	-1,27
Strom DUT 2	-0,00
Kopf Signal Sent	0,52
Sensor 5V	5,05
	0,00

Figura 63 – Tensão à saída do conector visualizado na máquina

Através desta análise, concluiu-se que a causa do problema estava na tensão que era fornecida à peça para a elaboração do teste da tensão de abertura e fecho da flap, provocando assim falsas rejeições, visto que as mesmas peças que foram rejeitadas, quando eram testadas com os 5 V, davam valores corretos e dentro da especificação.

4.2.2.2.3 Fugas – Posto de trabalho 10

O teste de fugas foi realizado no posto de trabalho 10, e tinha como limites no plano de controlo - 2 ccm^3/min a 8,33 ccm^3/min . Para perceber quais as causas para as fugas, foi elaborado o seguinte diagrama de causa-efeito, com as possíveis causas que poderiam originar este defeito.

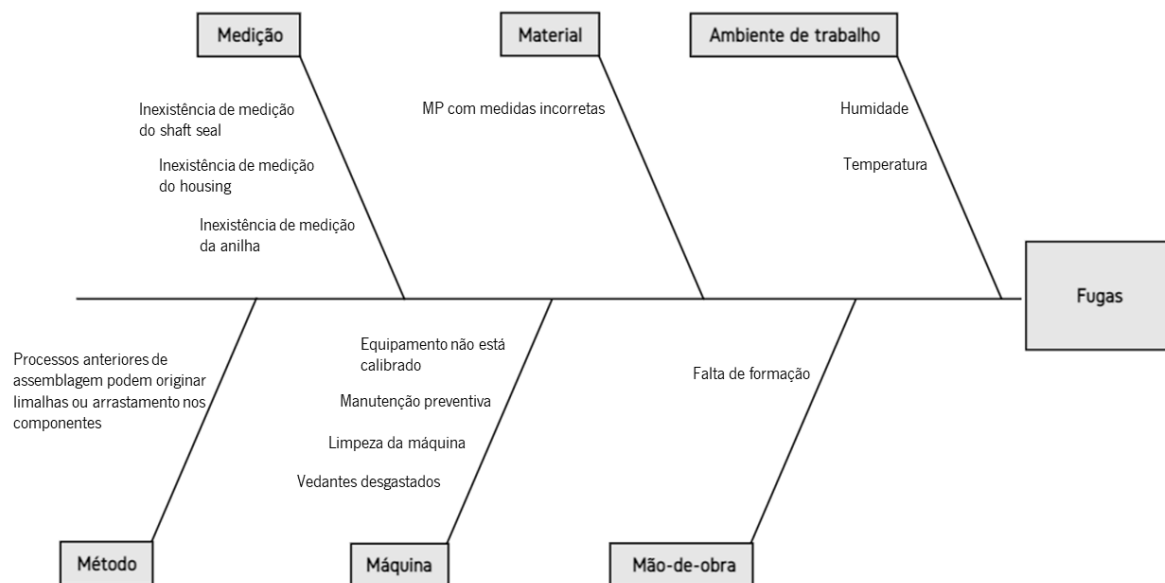


Figura 64 - Diagrama de causa-efeito das fugas

Para tentar perceber com mais profundidade a origem das fugas internas das peças, foram recolhidas 10 amostras de peças que testaram com este tipo de fugas, e foram analisados os seus valores. A Tabela 4 apresenta o resultado desses testes

Tabela 4 – Dados de 10 amostras que testaram com fugas

Nº Peça	1º Valor de Fuga	2º Valor de Fuga	Resultado
1	13,58	8,96	NOK
2	11,59	-0,2	OK
3	31,87	27,02	NOK
4	12,72	-0,13	OK
5	36,58	33,84	NOK
6	13,21	13,81	NOK
7	27,77	27,67	NOK
8	10,11	11,19	NOK
9	10,28	0,02	OK
10	22	17,29	NOK

As peças foram novamente testadas, por forma a perceber a eficácia do Fugómetro, e tal como é possível analisar através da tabela, 30% das peças deram “OK” após terem apresentado um valor de fuga fora de especificação. Posto isto, era importante ter consideração que o processo poderia não se encontrar calibrado ou então o avanço dos cilindros dos vedantes, ou os próprios vedantes poderiam não estar em conformidade e causar, posteriormente, falsas fugas.

O segundo teste efetuado nestas peças, passou por “fugar” as que deram “NOK” manualmente e aplicar o *Leak Finder*, por forma a detetar a presença da fuga. Para este processo, foi utilizado uma ferramenta externa à máquina que continha os mesmos vedantes do posto e era utilizada a mesma pressão de ar. A Figura 65 mostra um resultado que foi apresentado em seis das sete peças que deram NOK nos testes anteriores. Estas, foram as válvulas que “fugaram” pelo conector. Assim, concluiu-se que a montagem do housing com o solenoide ou então a zona onde se encontrava o shaft seal e a anilha, onde entrava o veio do solenoide devia conter algum tipo de limalha ou arrastamento, provocando posteriormente um espaço para a existência de fugas. Na peça onde não foi detetada a fuga pelo conector, esta foi visível pela zona onde era inserida a esfera, na qual é possível verificar através da Figura 67, o housing encontra-se danificado o que pressupunha, que este veio assim de fornecedor ou então no processo da inserção da esfera, no posto de trabalho 4, era feito com demasiada força, provocando a fissura do housing.

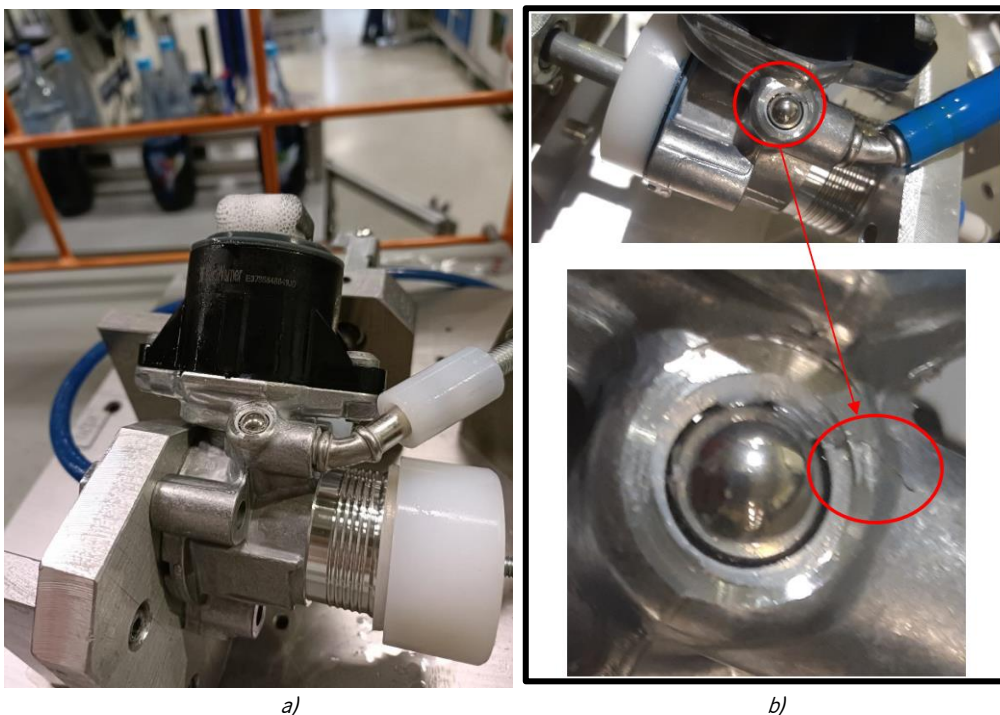


Figura 65 – a) Fuga pelo conector; b) Housing danificado e fuga pela esfera

Por último efetuou-se a desmontagem das peças, para perceber se existia algum dano na montagem entre o solenoide e o housing, acabando por serem apresentadas, em quatro das válvulas analisadas, limalhas, tal como é possível observar na Figura 66.



Figura 66 – Presença de limalhas no Shaft Seal

Um dos fatores contribuía para a presença destas limalhas, acontecia no posto da cravação do shaft seal, da anilha e do bearing, onde a garra que fazia o processo da inserção destes componentes com o acumular da produção, ganhava sujidade e também limalhas. Na Figura 67 é visível a garra que faz este processo.



Figura 67 – Garra de inserção

Através deste estudo, concluiu-se que existiam alguns fatores que podiam condicionar a existência de fugas, tais como o desalinhamento no processo de testes de fugas, provocando falsas fugas ou a presença de limalhas e sujidade que podia ser proveniente dos processos anteriores da cravação dos componentes.

4.2.3 Organização e Limpeza

Ao longo da observação e análise da linha de produção foram identificadas algumas oportunidades de melhoria no que dizia respeito à organização e limpeza, nomeadamente nos seguintes pontos:

- Falta de identificação dos componentes do posto de trabalho 2 e 3, apenas existia a identificação do lado do abastecimento, mas no lado dos operadores, como é possível observar na Figura 68, não havia identificação desses mesmos componentes.
- Falta de identificação no posto da colocação de grease no housing, estando as caixas e os carrinhos no local sem identificação, como é possível observar na Figura 68;

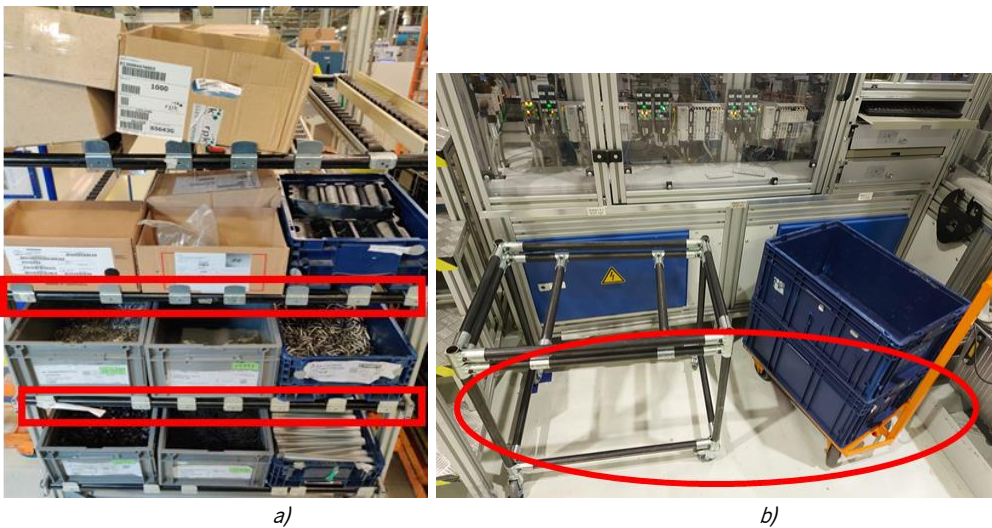


Figura 68 – a) Falta de identificação dos componentes; b) Falta de identificação no posto de trabalho 1

- Sujidade e componentes espalhados dentro e fora da máquina (Figura 69);



Figura 69 – Componentes espalhados fora da máquina

- No posto de trabalho 1, não havia nenhum local identificado para a colação dos pinceis utilizados no processo e, portanto, era possível encontrá-los em diversos sítios com grau elevado de contaminação, como é possível observar na Figura 70.



Figura 70 – Pinceis do posto de trabalho 1 em local indevido

- No supermercado, as identificações do lado do abastecimento, como é apresentado na Figura 71, encontravam-se em mau estado e desorganizadas, o que dificultava o trabalho do comboio logístico. Nos círculos azuis apresentados na Figura 71 faltam os cartões Kanban correspondente ao componente, no retângulo a verde, falta a identificação do componente e no círculo vermelho encontram-se os cartões Kanban todos misturados.



Figura 71 – Supermercado lado do abastecimento

5. APRESENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo vão ser apresentadas as propostas desenvolvidas para os problemas identificados no local de trabalho em estudo, com o objetivo de os eliminar/reduzir e, assim, reduzir custos e melhorar os processos. Na Tabela 5 estão expostas as propostas de melhorias através de um plano de ações para os problemas mencionados no capítulo anterior, usando a ferramenta 5W2H (*What, Why, When, Who, Where, How, How much*).

Tabela 5 – Plano de ações segundo os 5W2H

What?	Why?	Where?	How?	Who?	When?	How much?
Redução do Tempo de Ciclo	Aumento da capacidade da linha	Posto de trabalho 8	Ajuste dos caudais pneumáticos	Pedro Fonseca Luís Bandeira Ana Oliveira	Novembro	0 €
		Posto de trabalho 14	Elaborar a marcação da peça sem o background	Pedro Fonseca Nuno Branco Ana Oliveira	Maio	0 €
		Posto de trabalho 15	Otimizar o conjunto de movimentos efetuados pelo robot	Luís Magalhães Carlos Pereira	Junho	15 000 €
Redução do Número de Defeitos	Tensão incorreta à saída do conector	Posto de trabalho 13	Ajuste da tensão	Pedro Fonseca Luís Amorim	Fevereiro	0 €
	Parafusos fora de cotas	Posto de trabalho 8	Envio dos resultados da amostra para o fornecedor	Pedro Fonseca Ana Oliveira Equipa de supply chain	Maio	0 €
Redução das Avarias	Falha na inserção do dovel pin que provoca a paragem da máquina	Posto de trabalho 3	Implementação de botão manual de ativação do pino e mudança do tooling	Pedro Fonseca Ana Oliveira Óscar Costa Nuno Branco	Março	400 €
	Instrução de limpeza	Posto de trabalho 5	Criação de uma instrução de limpeza	Pedro Fonseca	Junho	0 €
Implementação de 5S e Gestão Visual	Falta de identificação no supermercado e limpeza da linha de produção	Supermercado Linha de produção	Identificação do supermercado, limpeza da linha e sensibilização dos colaboradores	Pedro Fonseca	Março	0 €
Processo Melhoria Contínua	Ineficiência no processo de colocação de grease no housing	Posto de trabalho 1	Implementação de um dispensador de grease no posto de trabalho 2	Pedro Fonseca Óscar Costa Nuno Branco Carlos Pereira	Maio	500 €
	Inexistência de um backup dos parâmetros de manutenção	Linha de produção	Criação de um caderno com os parâmetros de manutenção	Pedro Fonseca	Fevereiro	0 €
	Falta de um standard no registo de intervenções	Linha de produção	Criação de um Software de registo de intervenções	Pedro Fonseca Óscar Costa	Maio	0 €

5.1 Redução do tempo de ciclo

Na secção 4.2.1, foi descrito o estudo de tempos elaborado na linha de produção, onde foram identificados o top 3 postos de trabalho com maior tempo de ciclo da linha. Desta forma, foram analisados os postos e em equipa propostas melhorias para a redução de tempo desses postos e, assim,

aumentar a capacidade da linha. Nos próximos pontos serão apresentadas as propostas desenvolvidas para cada um dos postos.

5.1.1 Redução do tempo de ciclo no posto de trabalho 8

Após a medição dos tempos na linha de produção verificou-se que o posto de trabalho 8, onde era elaborado o aparafusamento dos parafusos M2.5, era o *bottleneck* da linha. Aquando da medição de tempos da operação elaborada neste posto, foi possível observar que toda a operação aparentava ser lenta, desde o tempo que demorava a erguer o carrinho transportador até o movimento executado pela aparafusadora.

Através das setas apresentadas na Figura 72 é possível perceber o movimento que a aparafusadora faz horizontalmente, este é um movimento que é repetido, porque os parafusos não são apertados em simultâneo. Este movimento era realizado pelo cilindro pneumático que executava o avanço e recuo da aparafusadora.

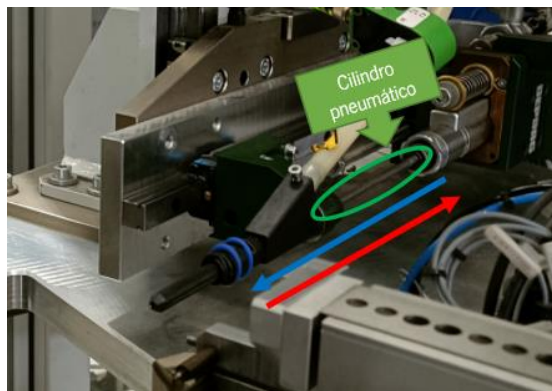


Figura 72 – Movimentos da aparafusadora

De forma a identificar os momentos do processo que podiam ser melhorados, era importante detalhar a ordem de atividades deste posto, sendo a seguinte:

1. Carrinho transportador chega ao posto e é subido;
2. Aparafusadora avança;
3. Aparafusamento do parafuso 1;
4. Aparafusadora recua;
5. Aparafusadora avança;
6. Aparafusamento do parafuso 2;
7. Carrinho transportador é baixado.

Após detalhar as atividades, podíamos concluir que as tarefas 1, 2, 4, 5, e 7, não tinham influência na operação do aparafusamento, não interferindo com a qualidade do mesmo. Importante também de

realçar que nesta fase o carrinho transportador chega ao posto com o solenoide já montado no housing e com os restantes componentes cravados, o que facilitaria num aumento de velocidade no momento de subida e descida do carrinho, visto que não existiria o perigo de os componentes caírem do carrinho.

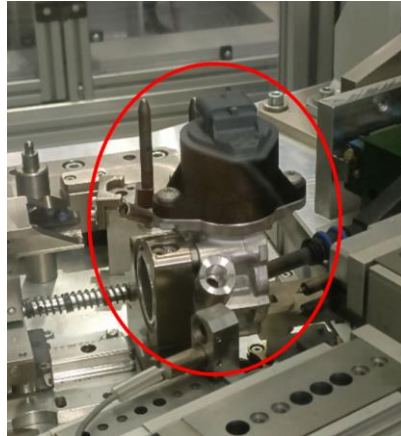


Figura 73 – Peça no posto de trabalho 8

Posto isto, foi executada uma nova configuração na aparafusadora, sendo feito um ajustamento dos caudais pneumáticos, aumentado a velocidade nos mesmos, no avanço e recuo da aparafusadora. Aliado a isto foi também aumentada a velocidade de subida e descida do carrinho.

Após terem sido feitos vários testes, para ver se as alterações influenciavam no aparafusamento em si, foi confirmada alteração e, posteriormente, elaborada uma nova amostra dos tempos para perceber a melhoria.

Como é possível observar na Tabela 6 abaixo apresentada, houve uma melhoria no tempo de ciclo do posto de trabalho 8, com as ações implementadas, de uma redução de 6,3 segundos. Com isto, o posto de trabalho 14 (marcação a laser) passou a ser o *bottleneck* da linha de produção, com 20,8 segundos.

Tabela 6 – Atualização do Tempo de Ciclo do posto de trabalho 8

Amostras	PT 8	PT 8 - Atualizado
1	21,98	16,14
2	21,82	17,2
3	21,77	16,8
4	21,75	16,69
5	22,21	16,14
6	22,79	16,21
7	22,65	15,65
8	22,65	15,78
9	22,74	16,21
10	23,3	16,48
11	21,98	15,55
12	21,82	15,83
13	21,77	15,96
14	21,75	16,01
15	22,21	15,94
16	22,79	16,14
17	22,65	15,34
18	22,65	15,9
19	22,74	15,48
20	23,3	16,6
Tempo_Médio	22,4	16,1

5.1.2 Redução do tempo de ciclo no posto de trabalho 14

No posto de trabalho 14 é elaborada a marcação a laser da peça, como é descrito na secção 4.1.3, aquando retratado o posto 14. Com a melhoria apresentada no ponto anterior do posto trabalho 8, o posto de trabalho 14 passaria a ser o *bottleneck* da linha de produção.

A proposta apresentada para a redução do tempo de ciclo deste posto de trabalho, consistia na remoção do *background* acinzentado que é colocado no DMC e nos restantes parâmetros.

Na Figura 74, é apresentada a marcação executada no posto de trabalho 14, sendo sinalizado o *background* através das setas azuis. No processo da gravação, o laser faz primeiro o revestimento acinzentado que é possível observar na imagem e, posteriormente, faz a marcação de todos os parâmetros.

No posto de trabalho seguinte, onde são efetuados controlos sobre a peça, um desses controlos, verifica a presença de todos os parâmetros presentes nesta marcação.

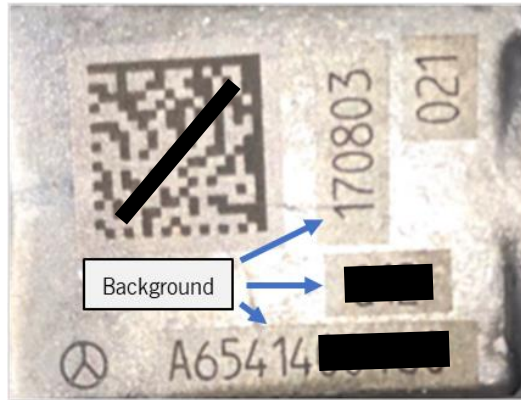


Figura 74 – Background da marcação a laser

Na Figura 75 é apresentado o resultado da peça sem o revestimento, apenas é deixado no DMC, nesta os números continuam legíveis



Figura 75 – Marcação a laser sem background

Com esta alteração, como é possível observar na Tabela 7, o tempo da marcação foi reduzido em 3,5 segundos.

Tabela 7 - Atualização do Tempo de Ciclo do posto de trabalho 14

Amostras	PT 14	PT 14 - Atualizado
1	20,02	17,81
2	20,89	17,08
3	20,08	17,67
4	20,99	17,31
5	20,63	17,17
6	20,73	17,34
7	21,02	17,01
8	21,12	17,2
9	21,4	17,48
10	20,84	17,25
Tempo_Médio	20,8	17,3

Contudo, a câmara que elaborava a inspeção da marcação, no posto de trabalho 15, nem sempre conseguia ler todos os campos sem o *background*, o que provocava muita rejeição.

Na Figura 76, é possível observar a imagem que era devolvida pelo controlo da câmara, onde não era detetado o conjunto de dados selecionados pelo retângulo vermelho. Isto acontecia, porque por vezes, poderia haver alguma entropia nesta área do housing e após a marcação do mesmo sem o *background* a câmara não conseguia detetar alguns algarismos da marcação.

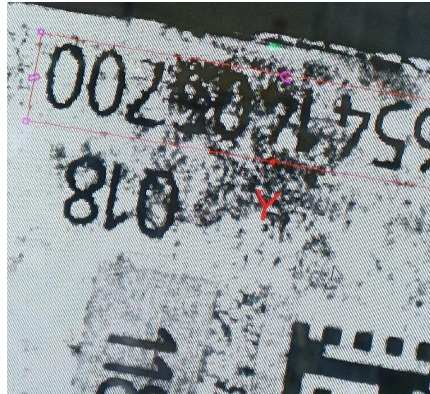


Figura 76 - Imagem da câmara de controlo da marcação a laser

Posto isto, o passo seguinte seria melhorar a câmara, por forma a que esta conseguisse ler os algarismos da marcação sem o *background*, contudo exigiria um investimento o qual a empresa não encontrou necessidade de o fazer neste momento.

5.1.3 Redução do tempo de ciclo no posto de trabalho 15

No posto de trabalho 15, era elaborado o controlo da peça através do robot. Neste são executados vários movimentos da peça, através de uma garra colocando-a em posições específicas para a execução dos testes, tal como já foi referido anteriormente na secção 4.1.4.

Neste ponto a proposta de melhoria passou por uma otimização das posições em que a peça necessitava para elaboração dos respetivos testes, visto que alguns testes eram elaborados na mesma face da peça, e desta forma, eliminar movimentos executados pela garra do robot, o que nos permitia a redução do tempo do robot.

Posto isto, foi contactado o fornecedor da marca do robot sobre a possibilidade de reprogramar os movimentos da garra e as posições da peça, o qual respondeu positivamente, contudo esta alteração necessitava de um investimento de 15 000 €, como não era prioritária esta melhoria, a empresa não encontrou necessidade de implementar a melhoria no decorrer do projeto.

5.2 Redução do número de defeitos

Na secção 4.2.2.2 foram descritos os vários problemas de qualidade que a linha apresentava, tendo sido focados aqueles que tinham um impacto maior na linha de produção. Neste seguimento, nos próximos pontos serão abordadas algumas propostas, por forma a reduzir/eliminar os problemas anteriormente identificados.

5.2.1 Ajuste da tensão no teste da programação

No ponto 4.2.2.2.2, foi analisado este defeito que pertencia ao top 3 dos defeitos que mais condicionavam a qualidade da linha de produção.

Na análise que foi desenvolvida concluiu-se que a tensão que era fornecida através do conector que ligava à peça não estava em conformidade, estavam a ser depositados 5,05/5,04 V, sendo o valor de referência eram os 5V exatos. Os testes que eram realizados neste posto, são testes minuciosos e sensíveis e, portanto, se o aparelho estiver minimamente desviado do valor de referência pode alterar a forma como a operação é executada.

Posto isto e, com o objetivo de ajustar a tensão, primeiramente foi procurada a fonte que fornecia a energia para a o conector, contudo não foi possível identificá-la, devido à dificuldade de análise dos mapas elétricos da linha de produção.

Alternativa corretiva, que solucionou o problema nesta fase foi aplicação de um *offset* negativo de 0,04V, no dispositivo e, assim, retirar o excesso de voltagem que era fornecida no teste. Na Figura 77 está apresentado a execução do *offset*. Após esta alteração foi novamente medido com o voltímetro, como é apresentado na Figura 77, onde se verificou que a tensão à saída do conector estava ajustada com os 5V, que era o valor de referência.

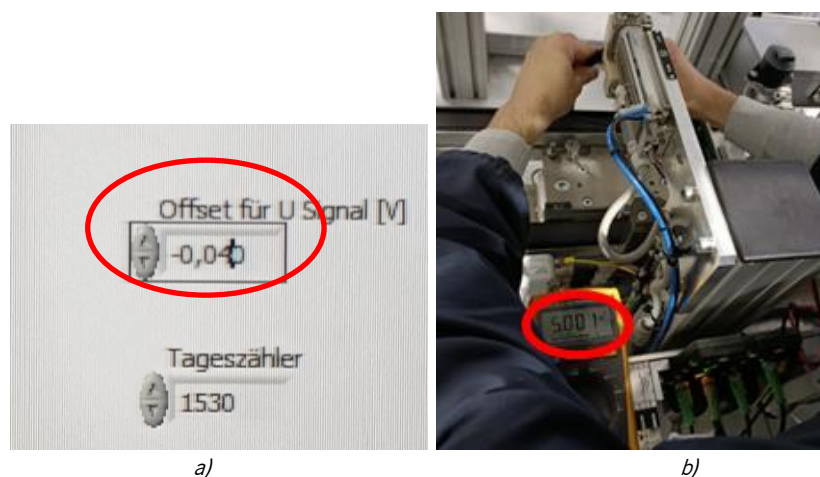


Figura 77 – a) Offset de -0,04V; b) Medição da tensão fornecida à saída do conector após a mudança

Através desta alteração, os valores da tensão começaram a estar mais próximos da média dos limites, como é apresentado na Figura 78, tornando assim o processo mais estável e reduzindo o número de peças rejeitadas.

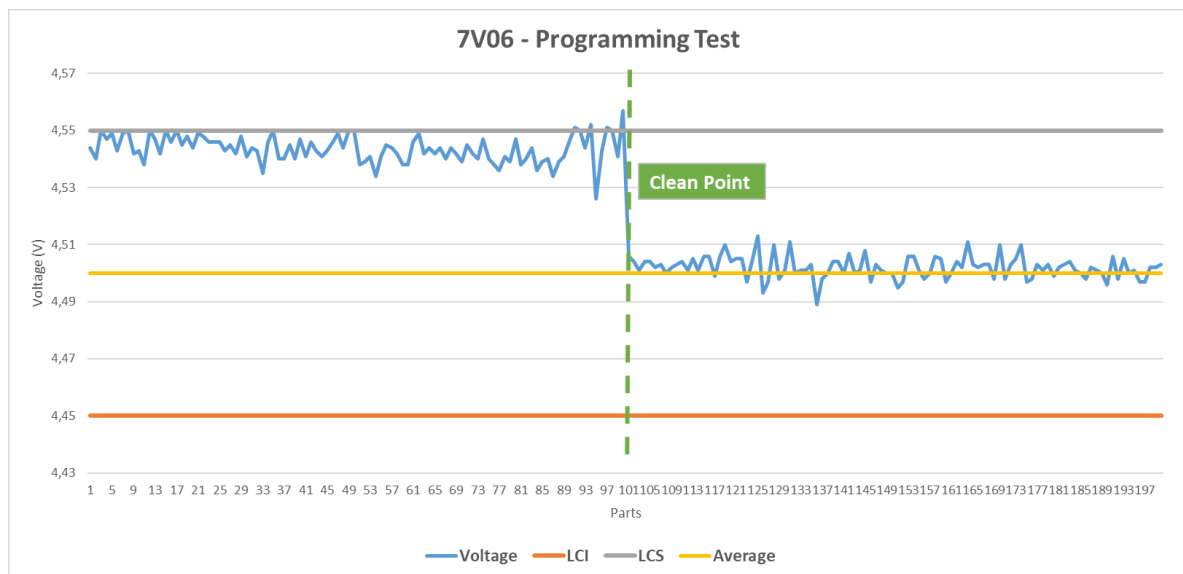


Figura 78 – Tensão de abertura antes e depois do ajuste

Importante também de referir que o outro teste que era elaborado neste posto de trabalho, o teste de “hysteresis”, apesar de não estar no top referido inicialmente, com este ajuste no posto de trabalho acabou por ser afetado positivamente, contendo valores mais estabilizados, e contribuindo igualmente para a redução da rejeição.

5.2.2 Melhoria da qualidade dos parafusos M2.5

Como foi visto na secção 4.2.2.2.1, na análise efetuada a uma amostra de 10 parafusos aleatórios de um lote, quatro deles encontravam-se fora de especificação.

Com o objetivo de avaliar o compromisso do fornecedor enviar componentes dentro de especificação, após reunir com a equipa de compras foi decidido enviar este conjunto de dados para o fornecedor. Adicionalmente, foi também acordado elaborar medições a cada lote de parafusos recebido por parte do fornecedor e enviar para o mesmo uma análise das amostras analisadas, para que houvesse assim, não só um seguimento da evolução do problema, mas também uma base de apoio ao fornecedor na melhoria do seu processo.

5.3 Redução do número de avarias

A disponibilidade era o parâmetro que mais condicionava a eficiência da linha e, portanto, como foi apresentada uma análise detalhada às avarias da linha de produção no capítulo 4.2.2.1, por forma a

identificar a causa-raiz e oportunidades de melhoria. Nesta secção vão ser apresentadas as propostas de melhoria identificadas para a redução do número de avarias.

5.3.1 Implementação de um botão de ativação do dovel pin e mudança do tooling (chapa + deckel)

O posto de trabalho 3 era um posto que continha um elevado número de avarias, tal como foi possível ver na análise elaborada à disponibilidade da linha de produção na secção 4.2.2.1, sendo responsável de mais de 50 horas de paragem da linha no mês de outubro.

Na análise detalhada no problema, conclui-se que havia uma dupla causa-raiz: o tempo de vida do deckel e da chapa que não tinha sido calculado tinha chegado ao fim e também a inexistência de um sistema de limpeza do grease que se ia acumulando no sensor.

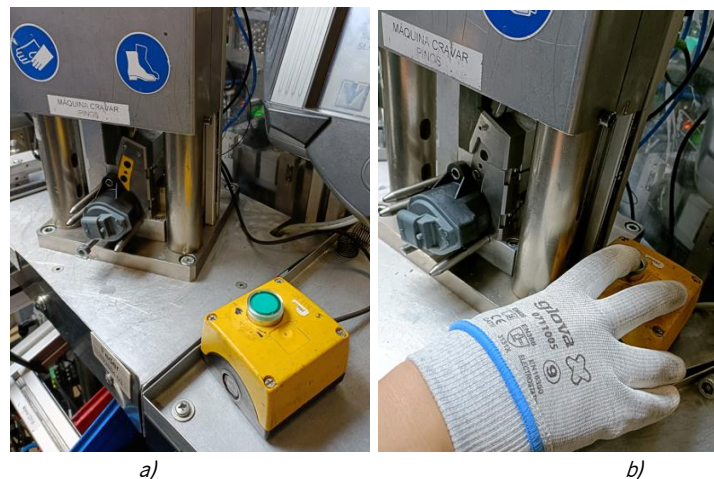
Posto isto, foram elaboradas duas ações para combater os dois problemas, nomeadamente:

- A implementação de um botão de ativação do dovel pin;
- A troca do deckel e da chapa.

A primeira ação, foi uma ação de carácter corretivo, visto que a solução ideal seria a inclusão de um sistema de limpeza dentro da máquina. Contudo, devido à extrema dificuldade da aplicação de um sistema de limpeza num curto-médio prazo, a implementação de um botão, que tivesse a mesma função que o sensor foi a proposta mais viável discutida em equipa.

Com esta alteração a colaboradora ao colocar o solenoide na máquina de cravação de pinos, o pino deixaria de ser ativado automaticamente pelo sensor presente na máquina, mas sim quando o colaborador clicasse no botão.

Na Figura 79, é possível observar tanto o botão implementado, como a utilização do mesmo por um colaborador.



a) Botão de ativação do dovel pin; b) Ativação do botão

Com a implementação do botão, mesmo com a acumulação de grease dentro da máquina, o pino era ativado sempre que o colaborador carregava no botão.

No que diz respeito à segunda ação, tal como foi analisado, o deckel e a chapa, estavam ambos desgastados, o que fazia com que houvesse um posterior desalinhamento da agulha e esta não cravasse o pino no orifício do solenoide, mas sim no veio, acabando por partir ou então por encravar a máquina.

Posto isto, em equipa e com o suporte de um fornecedor foi comprado um deckel e uma chapa, em conformidade com a máquina utilizada na linha. Adicionalmente, foi registado e documentado o dia em que foram colocados os componentes, por forma a que quando estes estiverem desgastados, seja mais fácil de perceber o tempo de vida útil dos mesmos.

Na Figura 80 é apresentado o deckel e a chapa e também o resultado final, após a colocação do mesmo na máquina de cravação de pinos.

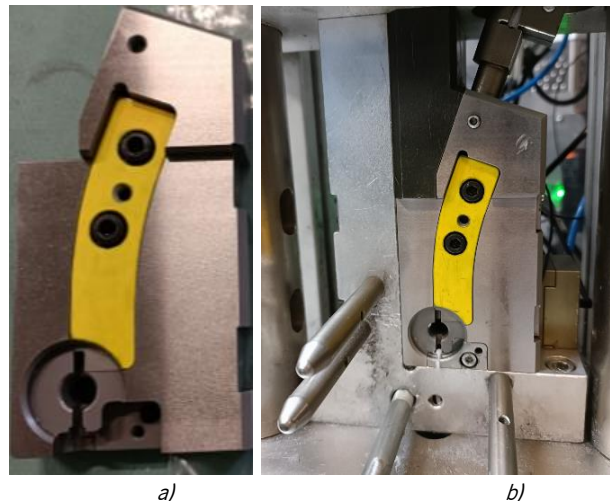


Figura 80 – a) Deckel + chapa; b) Máquina de cravação de pinos

5.3.2 Instrução de limpeza dos componentes recolhidos na linha de produção

Ao analisar o problema dos alimentadores do posto de trabalho 5, conclui-se que uma das causas-raízes era a inexistência de um método de recolha/limpeza dos componentes caídos na máquina e que posteriormente eram reaproveitados para os alimentadores.

Posto isto, foi criada uma instrução de limpeza, por forma a criar um *standard* de recolha, separação, limpeza e abastecimento de todos os componentes que são recolhidos da linha de produção e posteriormente reaproveitados.

A instrução de limpeza criada pode ser observada no Apêndice 11.

5.4 Implementação dos 5S e Gestão Visual

Alguns dos problemas identificados na secção 4 foram a desorganização da linha de produção e a falta de identificação de alguns componentes no supermercado. Adicionalmente, também foi descrito o problema no posto de trabalho 1, onde os pinceis que eram utilizados para a operação de colocação de grease no housing, não tinham um local definido para a sua arrumação e, na maioria das vezes estavam expostos à contaminação.

No que diz respeito ao primeiro ponto foram identificados todos os produtos do supermercado do lado do operador, onde esta era inexistente. A Figura 81 apresenta o supermercado, com as identificações elaboradas a amarelo.



Figura 81 – Supermercado com a identificação de prateleiras

Ainda no supermercado, no lado do abastecimento, tanto as identificações dos componentes para a logística, como os cartões Kanban encontravam-se desorganizados e em mau estado o que dificultava o trabalho do comboio logístico. Posto isto, foram elaborados cartões Kanban novos e foram colocados nos seus respetivos locais, tal como as identificações dos componentes. Esta atualização pode ser observada na Figura 82.



Figura 82 – Organização dos cartões Kanban do supermercado da linha de produção

Adicionalmente, com a linha de produção parada, foi elaborada também uma limpeza tanto por dentro das máquinas da linha, como por fora, onde foram encontrados vários componentes perdidos em diversos locais da linha. O resultado da recolha de elementos não usados durante a limpeza é apresentado na Figura 83.



Figura 83 – Componentes descobertos na limpeza da linha de produção

Após esta limpeza e arrumação da linha de produção, foi ainda feita uma ação de sensibilização junto dos colaboradores e dos *Team Leaders*, por forma a explicar a importância de cumprirem as instruções de limpeza que se encontravam expostas na linha e o perigo que pode ser para o produto e para o processo o incumprimento das mesmas.

5.5 Melhoria contínua

Ao longo da análise da situação crítica da linha de produção foram identificadas algumas ineficiências e alguns pontos que poderiam ser melhorados, nomeadamente: ineficiência do posto de trabalho 1, falta de standard de registo de avarias, o que dificultou a análise crítica das mesmas e, também a inexistência de um backup de parâmetros de manutenção.

Posto isto, nos próximos pontos vão ser detalhadas as ações propostas para a melhoria dos problemas referidos no paragrafo anterior.

5.5.1 Implementação do dispensador de *grease*

Como foi possível analisar na secção 4.2.1.2, no posto de trabalho 1, a operação de colocação de *grease* através de pincel no *housing* era uma operação que continha vários desperdícios, não só na ineficiência da tarefa, mas também por conter movimentações e transportes por parte do colaborador.

A implementação do dispensador de *grease*, foi proposta para o posto de trabalho 2, onde era elaborada a colocação de componentes no carrinho transportador (bearing, flap e spigot), assim como o *housing* e o-ring montado neste.

Esta ferramenta foi inspirada numa outra, que estava presente numa linha da área das válvulas, onde já era usado este processo de colocação de *grease* num determinado componente através de um dispensador. Na Figura 84 é apresentado primeiro a ferramenta que serviu de inspiração e na segunda imagem a ferramenta construída para linha de produção em estudo.

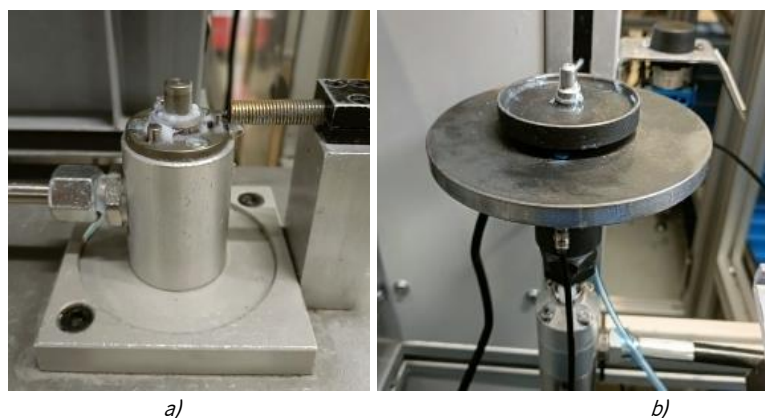


Figura 84 – a) Dispensador de outra linha de produção; b) Dispensador de *grease* implementado na linha em estudo

Através da implementação desta ferramenta pode-se melhorar vários pontos, nomeadamente:

- Eliminar transportes e movimentações;
- Melhorar a tarefa de colocação de *grease* no *housing*;
- Ganhar espaço;

- Melhorar a limpeza e organização;
- Estandarizar a quantidade de *grease* colocado no *housing*.

No que diz respeito ao primeiro ponto, o colaborador já não ia necessitar de ir até ao local onde dá entrada os *housings*, onde posteriormente transportava a caixa até ao espaço onde é colocado o *grease* e após esta tarefa transportava novamente a caixa até a rampa de abastecimento. Estando implementado o dispensador no posto de trabalho 2, foi alinhado com a equipa de logística o abastecimento por parte do comboio logístico diretamente na rampa de abastecimento, eliminando assim os deslocamentos e transportes neste processo. Na Figura 85 é apresentado no layout da linha de produção o esquema de entrada dos *housings* e o local da colocação de *grease* no posto de trabalho 2.

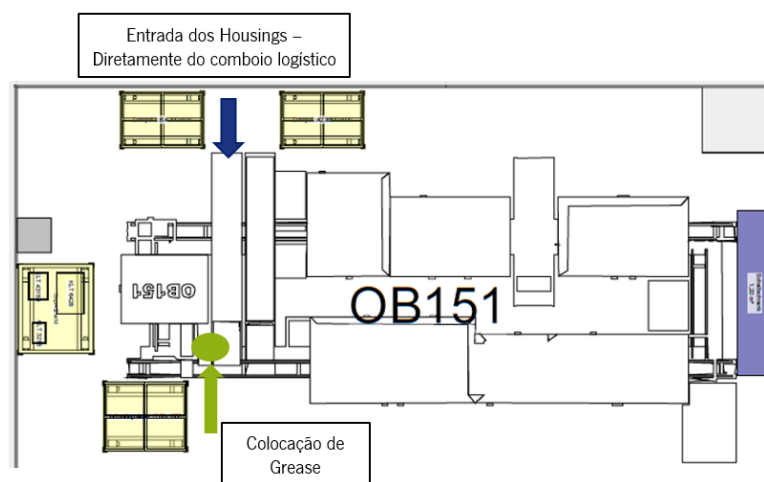


Figura 85 – Nova entrada de housings e colocação de grease

Quanto ao segundo ponto, com a implementação deste sistema, não era necessário retirar o *housing* da caixa, aplicar o *grease* no mesmo com o pincel e, posteriormente colocá-lo novamente na caixa para abastecer a linha, este passou a ser retirado da caixa, aplicado o *grease* através do dispensador e colocado diretamente no carrinho transportador, tal como pode ser observado no Apêndice 12, na instrução de operação criada após a implementação do sistema.

Em relação ao terceiro ponto, houve um ganho de espaço, eliminando os locais (apresentados na capítulo 4, secção 4.2.1.1) onde anteriormente eram abastecidos os *housings* e onde era colocado o *grease*, que correspondiam a uma área de $2,5 \text{ m}^2$.

Com a implementação deste dispensador, também foram eliminados problemas de sujidade e desorganização, visto que como foi possível visualizar na secção 4.2.3, não havia um local especificado para guardar os pinceis de colocação de *grease* e, portanto, ficavam em qualquer lugar e sujeitos à contaminação. Desta forma, e estando centralizado a colocação de *grease* neste dispensador, bastava limpá-lo no fim de cada turno, não havendo tanto risco de contaminação.

Por último, com esta ferramenta, tem-se a possibilidade de regular a quantidade de massa lubrificante que se quer aplicar no *housing* e, assim é possível diminuir o desperdício de *grease* e a falta de um *standard* para a quantidade aplicada, que sendo a tarefa elaborada através do pincel tanto ia bastante *grease* como pouco.

No Apêndice 13 é apresentado o estudo à quantidade de *grease* aplicado pelo dispensador.

5.5.2 Criação de um caderno de parâmetro de manutenção

A linha de produção em estudo, como foi possível perceber no capítulo 4, era uma linha que continha a maior parte dos postos de trabalho automáticos. Nestes eram processadas várias inserções e montagens de componentes e também executados os testes à peça. Por serem postos de trabalho automáticos, estes são programados e parametrizados, por forma a que a montagem dos componentes vá de encontro às especificações do desenho da peça. Contudo, com o passar do tempo, existe o desgaste das garras, alguns deslocamentos dos cilindros ou dos eixos, o que faz com que a máquina comece a apresentar erros no processo e seja necessária a intervenção técnica. O problema surge quando o técnico que vai repor a parametrização, não sabe quais são os valores corretos, e acabam por efetuar a intervenção através de tentativa erro, até conseguirem acertar com os valores que fazem com que o processo esteja dentro de especificação.

Posto isto, foi decidido em equipa com o suporte dos técnicos de manutenção, elaborar o caderno onde estivessem os parâmetros *standard* de manutenção da linha de produção, tanto para a consola, como para o computador da linha. Resumidamente, este caderno continha parametrização de forças e posicionamentos dos vários postos de trabalho. Após elaborado este caderno foi exposto junto à linha de produção num dos quadros que estava presente na linha, como é possível observar na Figura 86.



Figura 86 – Caderno de parâmetros de manutenção

5.5.3 *Software* de registo de intervenções

Um dos problemas detetados ao longo da análise crítica, foi a inexistência de um *standard* no registo das intervenções. Normalmente, o registo era feito num relatório onde cada técnico, à sua maneira, descrevia o sucedido. Muitas vezes por palavras/termos diferentes, os técnicos estavam a referir-se ao mesmo problema, o que dificultava a análise dos dados tendo sido necessário a ajuda dos técnicos e *team leaders* para categorizar as intervenções.

Posto isto, foi criado um *software* de registo das intervenções, já com as intervenções mais recorrentes e conectadas ao respetivo posto onde costumavam ocorrer. Para além disso, esta forma de registo era mais intuitiva e rápida para o técnico de manutenção, facilitando assim o seu trabalho diário. Adicionalmente, os dados que eram colocados nesta folha, eram automaticamente tratados, por forma a concluir os postos que tinham um maior impacto em termos de frequência e tempo de paragem na linha de produção. O menu visionado neste *software* está presente na Figura 87.

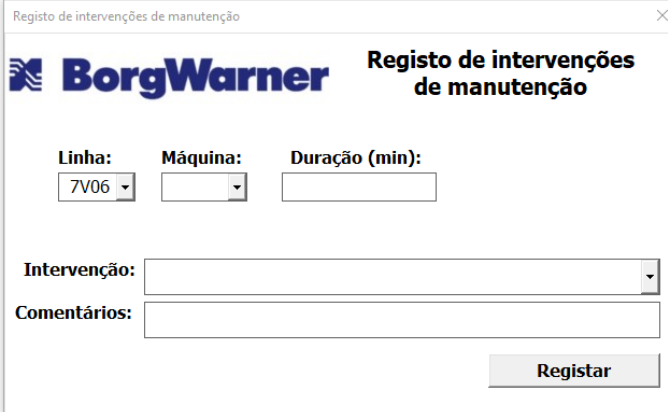


Figura 87 – Menu do *software* de registo de intervenções

5.5.4 *Dashboard* da linha de produção

Para perceber a evolução da linha de produção, era importante ter um relatório simples e que oferecesse a informação necessária, por forma a obter uma “fotografia” da linha de produção. Posto isto, foi elaborado um *dashboard*, através da ferramenta Power Bi, que continha os dados considerados mais relevantes para a discussão e seguimento da linha, nomeadamente:

- OEE (%);
- Avarias (%), sucata (%), retrabalho (%);
- Peças por turno;

O *dashboard* mencionado pode ser visualizado no Apêndice 14.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das ações propostas e que foram implementadas, analisando-se os ganhos que a organização obteve com as melhorias resultantes das propostas. Para o cálculo dos ganhos, foi essencial que a equipa financeira fornecesse os dados de custos de máquina e operador que a empresa tinha na linha de produção em estudo. Numa primeira fase são apresentados os ganhos relativamente à melhoria do tempo de ciclo e, posteriormente, são expostos os resultados relativamente à redução do tempo de paragens e de defeitos, produtividade e, também referente à melhoria da organização da linha.

6.1 Redução do tempo de ciclo

Após terem sido implementadas as melhorias no posto de trabalho 8, onde era elaborado o aparafusamento dos parafusos M2.5, foi novamente cronometrado, como é demonstrado na secção 5.1.1, onde o tempo deste posto passou de 22,4 segundos para 16,1 segundos. A Figura 88 apresenta os tempos dos postos da linha de produção, posteriormente à atualização do tempo do posto de trabalho 8, onde é possível concluir que o tempo de ciclo da linha seria o posto de trabalho 14 com 20,8 segundos, havendo uma redução do tempo de ciclo da linha de 1,6 segundos, que corresponde a uma melhoria de 7%.

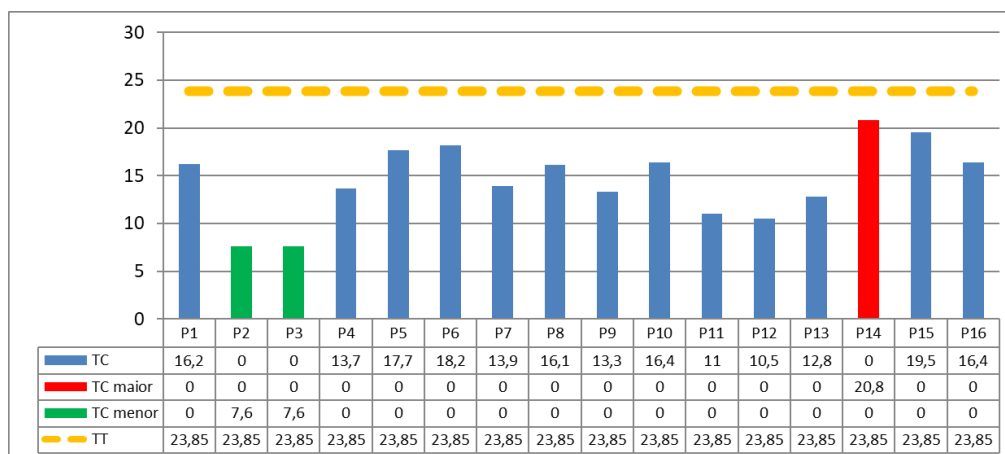


Figura 88 – Tempos após atualização no posto de trabalho 8

Com a redução do tempo de ciclo já apresentada, foi possível verificar melhorias. Para o cálculo dos ganhos, foi considerada uma produção diária de 2800 peças e calculou-se a diferença entre o tempo utilizado antes e depois da melhoria, concluindo-se que ganharíamos 1,25 horas e, posteriormente foi calculado o valor ganho, multiplicando o tempo pelo custo dos quatro operadores, resultando de um valor anual de 15.052,80€. No que diz respeito ao custo de máquina, com a colaboração da equipa

financeira foram recolhidos os dados do valor contabilístico anual da linha de produção. No cálculo é elaborado o rácio do output e multiplicado este pelo valor de amortização da máquina, que dá o custo da máquina produzindo com o novo output. Subtraindo o valor da máquina por este último calculado é dado o ganho de 10.033€. A soma dos ganhos, dá nos um ganho total de 25.085,80€ com esta melhoria, tal como é possível observar na Tabela 8.

Tabela 8 – Cálculo dos ganhos com a melhoria do tempo de ciclo no PT8

Ganhos a nível de máquina e operador	
Média de peças produzidas por dia	2 800 peças
Tempo de ciclo inicial	22,4 segundos
Tempo de ciclo final	20,8 segundos
Tempo ganho por dia	$(2\ 800\ peças * 22,4\ segundos) - (2\ 800\ peças * 20,8\ segundos) = 4\ 480\ segundos = 1,25\ horas$
Custo operador por hora	12 €
Ganho de operador por ano (x4 operadores)	$(1,25\ horas * 12\ € * 21\ dias * 12\ meses) * 4\ operadores = 15\ 052,80\ €$
Valor contabilístico da linha de produção por ano (máquina)	140 462 €
Capacidade disponível com 22,4 segundos por ano	911 250 peças
Capacidade disponível com 20,8 segundos por ano	981 346 peças
Ganhos de máquina por ano	$140\ 462\ € - ((140\ 462\ € * (911\ 250\ peças / 981\ 346\ peças)) = 10\ 033\ €$
Ganho total por ano (operador + máquina)	$10\ 033\ € + 15\ 052,80\ € = 25\ 085,8\ €$

6.2 Melhoria da eficiência

No que diz respeito à eficiência da linha de produção, como foi descrito na secção 4.2.2, foi focada a disponibilidade e a qualidade, visto que, estes eram os fatores que mais condicionavam a eficiência da linha. De um modo geral, as ações implementadas nestes dois parâmetros, tiveram influência direta no OEE, como é possível observar na Figura 89.

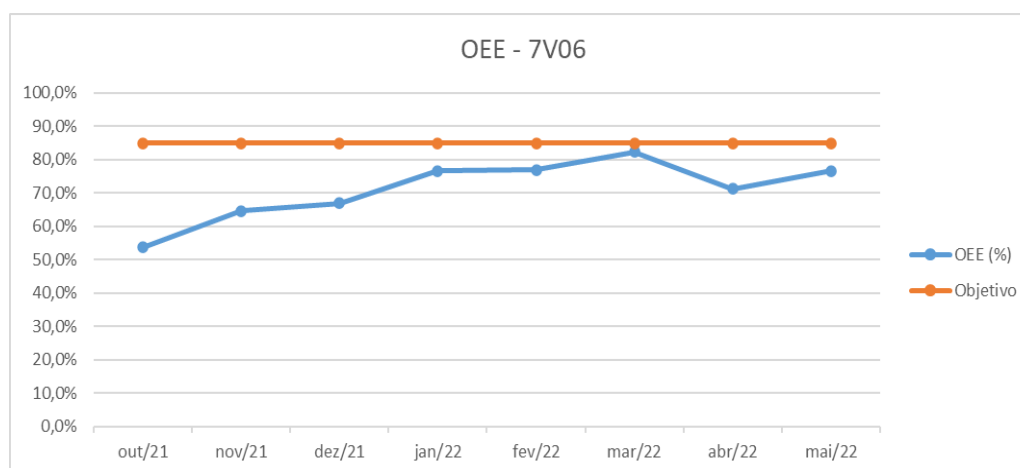


Figura 89 – Evolução do OEE ao longo do projeto

No início do projeto, o OEE encontrava-se nos 55%, havendo uma evolução positiva deste indicador com o desenvolvimento e implementação das ações, alcançando um máximo no mês de março de 83% o mais próximo do objetivo definido pela fábrica de 85%. Apesar de se não ter conseguido atingir o objetivo,

houve um aumento significativo deste indicador, que permitiu a linha de produção ser mais eficiente e produtiva.

Nos próximos pontos são detalhados os resultados obtidos com as ações implementadas tanto para a redução da rejeição como para a redução das avarias.

6.2.1 Ajuste da tensão no teste da programação

Com a implementação desta ação obtiveram-se melhorias diretas na rejeição que era observada neste problema, tal como é possível observar na Figura 90. Desde o mês de novembro tinha-se em média de 600 peças rejeitadas, com a melhoria efetuada no mês de fevereiro, obteve-se uma redução substancial de, aproximadamente, 90%.

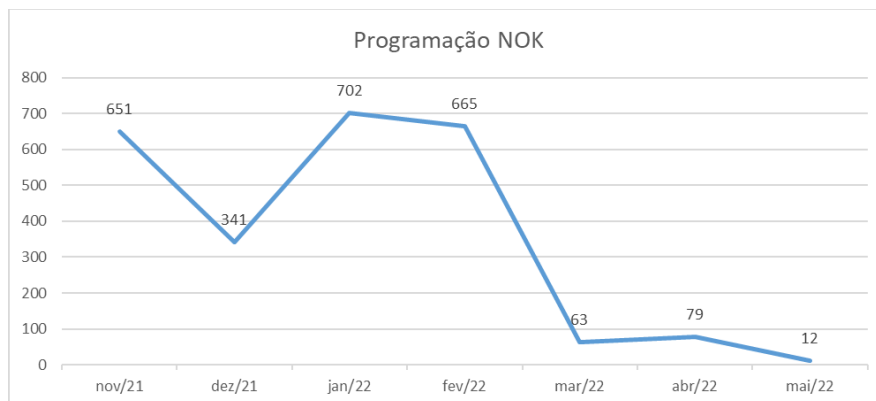


Figura 90 – Evolução do problema “Programação NOK”

Adicionalmente, com este ajuste no posto de trabalho era elaborado tanto o teste da programação como o da “hysteresis”, este último também melhorou a sua eficiência, visto que a tensão também não estava calibrada para esse teste. Através da Figura 91 é possível observar o decréscimo da rejeição neste teste, que anteriormente rondava as 350 peças rejeitadas e no mês de maio foram rejeitadas apenas 45 peças, uma redução de 88%.

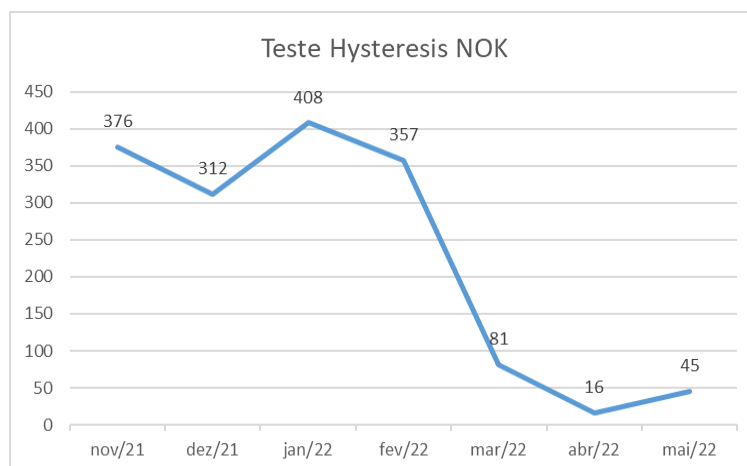


Figura 91 – Evolução da rejeição do teste da “hysteresis”

Esta ação proporcionou uma redução tanto de sucata, como de retrabalho, como é possível observar na Figura 92. O retrabalho vem numa tendência de diminuição desde o mês de novembro de 2021, onde 14% das peças produzidas eram retrabalhadas e, atualmente em maio de 2022 atingiu os 5,4%. No que diz respeito à sucata, esta diminuiu de 2% para 0,7%.

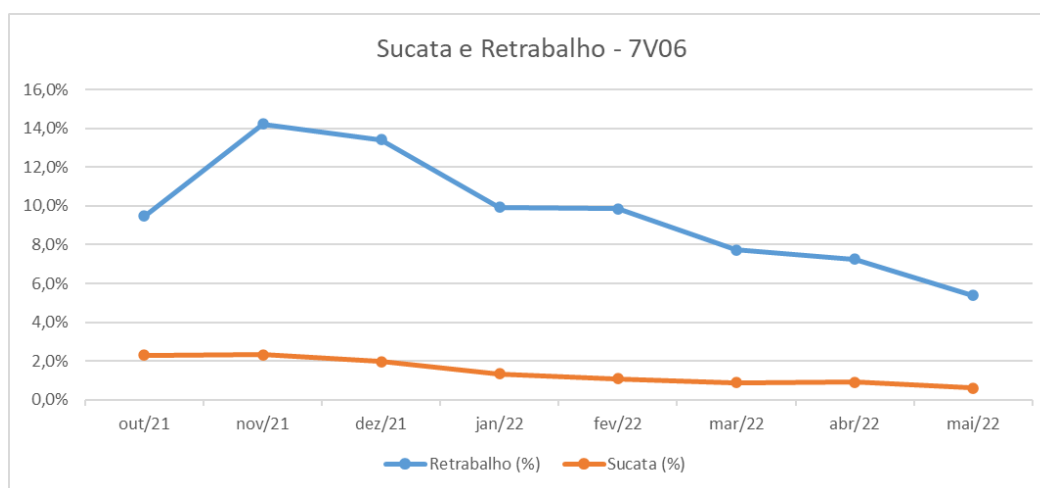


Figura 92 – Evolução da sucata e do retrabalho da linha 7V06

Quanto à redução de custos que foi conseguido obter com esta melhoria, tal como é possível observar na Tabela 9, deixaram-se de retrabalhar em média 40 peças por dias, que consistia num tempo de retrabalho executado pelo operador de 0,23 horas que foi deixado de fazer, poupando assim 625,52 €. Quanto ao custo de máquina foi considerado, os gastos que tidos por passar a mesma peça novamente na linha de produção, sendo este custo 0,60 €, que ao final anualmente representava um gasto de 6 673,52 € que se deixou de ter.

Tabela 9 - Cálculo dos ganhos com a melhoria do retrabalho

Ganhos a nível de máquina e operador	
Peças retrabalhadas por dia (programação + hysteresis)	45 peças
Tempo de ciclo do retrabalho	20,8 segundos
Peças retrabalhadas (programação + hysteresis) por dia após melhoria	5 peças
Tempo ganho por dia	$(45 \text{ peças} - 5 \text{ peças}) * 20,8 \text{ segundos} = 832 \text{ segundos} = 0,23 \text{ horas}$
Custo operador por hora	12 €
Ganho de operador por ano (x1 operador)	$0,23 \text{ horas} * 12 \text{ €} * 21 \text{ dias} * 12 \text{ meses} = 625,52 \text{ €}$
Valor contabilístico da linha de produção por ano (máquina)	140 462 €
Otimização do output por dia	40 peças
Otimização do output por ano	10 080 peças
Gastos gerais de fabrico por peça	0,60 €
Ganhos de máquina por ano	$0,60 \text{ €} * 10 080 \text{ €} = 6 048 \text{ €}$
Ganho total por ano (operador + máquina)	$6 048 \text{ €} + 625,52 \text{ €} = 6 673,52 \text{ €}$

6.2.2 Implementação de um botão de ativação do dovel pin e mudança do tooling (chapa + deckel)

Esta ação foi implementada no posto de trabalho 3, sendo este um dos postos que impactava mais a disponibilidade da linha de produção tal como foi descrito na secção 4.2.2.1. Após a implementação desta ação de melhoria, foram visualizados resultados positivos relativamente à diminuição do tempo de paragem deste posto que, posteriormente impactou a percentagem de avarias na linha de produção. Como é possível observar na Figura 93 a), o tempo de paragem do posto de trabalho 3, foi diminuindo, principalmente a partir do mês de fevereiro, altura em que estavam implementadas as duas ações definidas para este posto, diminuindo o tempo que rondava em média 1200 minutos para 300 minutos, o que corresponde a uma melhoria de 75%. Além disto, é possível concluir através da Figura 93 b) que o gráfico relativo às avarias da linha de produção, apesar de existir um pico negativo no mês de abril onde houve avaria do fugómetro da linha acabando por provocar uma paragem alongada, acompanha a redução do tempo de paragem no PT3, visto que este fazia parte do top 3 dos postos que mais impactava a disponibilidade da linha.

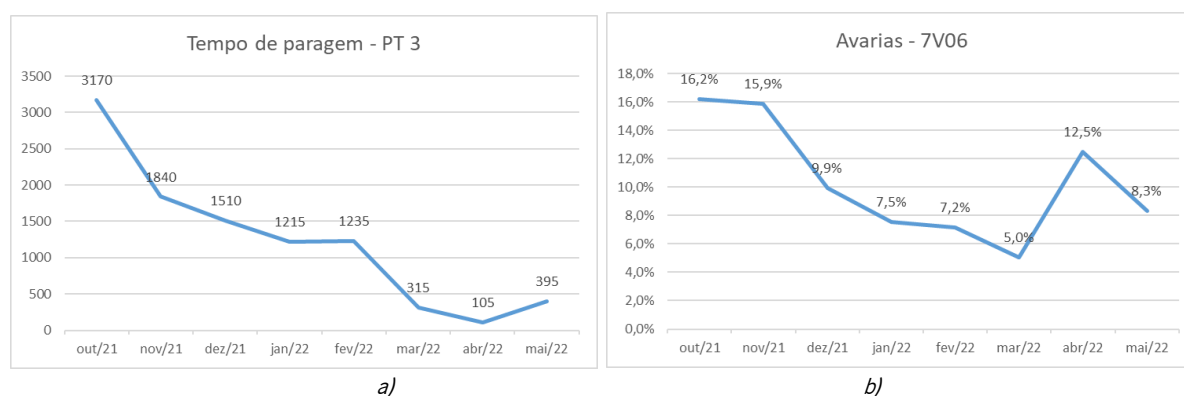


Figura 93 – a) Evolução do tempo de paragem do PT 3; b) Evolução das avarias (%) da linha de produção

Com esta ação foi possível obter uma redução de custos de 17 704 €, onde 3 024 € são referentes ao custo de operador, e 14 680 € ao custo de máquina, tal como é explicado na Tabela 10.

Tabela 10 - Cálculo dos ganhos com a melhoria das avarias

Ganhos a nível de máquina e operador	
Tempo médio de avaria no PT3	1200 segundos
Tempo médio de avaria no PT3 após melhoria	300 segundos
Tempo ganho por dia	1200 segundos - 300 segundos = 900 segundos = 0,25 horas
Custo operador por hora	12 €
Ganho de operador por ano (x4 operador)	$(0,25 \text{ horas} * 12 \text{ €} * 21 \text{ dias} * 12 \text{ meses}) * 4 \text{ colaboradores} = 3 024 \text{ €}$
Valor contabilístico da linha de produção por ano (máquina)	140 462 €
Otimização do output por dia	140 peças
Otimização do output por ano	35 240 peças
Valor contabilístico da linha de produção por ano (máquina)	140 462 €
Capacidade efetiva antes da melhoria	911 250 peças - 35 240 peças = 816 010 peças
Capacidade efetiva após a melhoria	911 250 peças
Ganhos de máquina por ano	$140 462 \text{ €} - ((140 462 \text{ €} * (816 010 \text{ peças} / 911 250 \text{ peças})) = 14 680 \text{ €}$
Ganho total por ano (operador + máquina)	$3 024 \text{ €} + 14 680 \text{ €} = 17 704 \text{ €}$

6.3 Implementação do dispensador de grease

Com a implementação do dispensador de *grease*, tal como é descrito na secção 5.1.1, foi melhorada a ergonomia, houve a eliminação de desperdícios tais como movimentações, transportes e tarefas ineficientes e a criação de um *standard* de quantidade de *grease* utilizada.

No que diz respeito à quantidade de *grease*, tal como pode ser observado no Apêndice 7, na análise à utilização do *grease* através de pincel, verificava-se a falta de *standard* na quantidade utilizada, existindo uma amplitude de 0,1g entre a maior e a menor utilização, sendo a média de *grease* utilizada de 0,075g.

Com a implementação do dispensador de *grease* e como este tem um regulador para controlar a quantidade utilizada, foi definida a quantidade de 0,03g, que era a quantidade necessária para garantir a qualidade do processo, havendo uma redução de 60% na utilização de *grease* no processo.

Na Tabela 11 estão detalhados os cálculos da redução de custos conseguida na utilização de *grease*, com a implementação do dispensador, permitindo reduzir anualmente 508 €.

Tabela 11 – Ganhos na utilização de grease após a implementação do dispensador

Ganhos na utilização de grease	
Média de utilização	0,075g
Média de utilização após dispensador	0,03g
Custo do grease por Kg	16 €
Média de peças por dia	2 800 peças
Utilização de grease por ano	$(2\ 800\ \text{peças} * 21\ \text{dias} * 12\ \text{meses}) * 0,075\text{g} = 52,92\ \text{Kg}$
Utilização de grease por ano após dispensador	$(2\ 800\ \text{peças} * 21\ \text{dias} * 12\ \text{meses}) * 0,03\text{g} = 21,168\ \text{Kg}$
Ganhos na utilização de grease por ano	$(52,92\ \text{Kg} - 21,168\ \text{Kg}) * 16\ \text{€} = 508\ \text{€}$

Adicionalmente, com esta melhoria houve um ganho de 2,78 m^2 , referentes aos locais onde eram abastecidos os *housings* e colocada o *grease* nos mesmos, como é possível ver na secção 4.2.1.1 e uma redução de 8,3 segundos na operação deste posto de trabalho, que correspondiam a atividades de valor não acrescentado, sendo uma melhoria de 51% no posto de trabalho.

6.4 Síntese de resultados

Nesta secção é apresentada uma síntese dos resultados obtidos ao longo do projeto.

É apresentado na Tabela 12, o impacto que as propostas de melhoria obtiveram no projeto, assim como o ganho monetário que proveio de cada uma das melhorias. Concluiu-se que houve um ganho de 49 971,32€, houve reduções na percentagem de avarias, sucata e retrabalho resultando num aumento do OEE em 25%.

Tabela 12 – Síntese dos resultados obtidos

Propostas de melhoria	Resultados obtidos	Ganhos
Ajustes dos caudais pneumáticos	Redução do tempo de ciclo da linha em 7% Aumento da capacidade disponível da linha de 1286 para 1385 peças	25 085,80 €
Ajuste da tensão	Redução do defeito de programação em 90% Redução do defeito de hysteresis em 88% Redução do retrabalho em 5,4% Redução da sucata em 1,3%	6 673,52 €
Implementação de um botão de ativação do dovel pin e mudança do tooling	Redução do tempo de paragem no PT3 em 75% Redução das avarias da linha em 8%	17 704,00 €
Implementação do dispensador de <i>grease</i>	Redução do tempo de paragem no PT3 em 75% Redução do tempo de ciclo do PT1 em 51%	508,00 €
	Ganho total	49 971,32 €
	Investimento de 900 €	49 071,32 €

Quanto à produtividade, também houve um aumento da mesma ao longo do projeto, tal como é possível observar na Figura 94, onde inicialmente eram produzidas aproximadamente 600 peças por turno, tendo sido atingido em março a marca das 1000 peças por turno, sendo este o objetivo definido inicialmente.

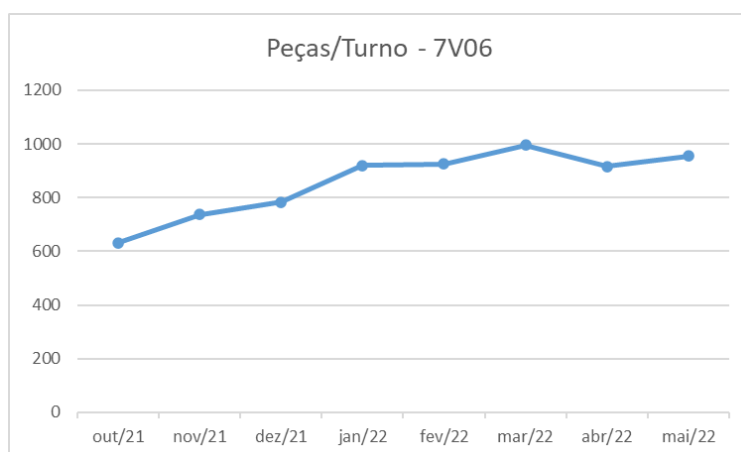


Figura 94 – Peças por turno da linha de produção

7. CONCLUSÃO

Neste capítulo apresenta-se os resultados mais impactantes deste projeto, tal como a indicação de ações que são sugeridas para trabalhos futuros.

7.1 Considerações finais

O projeto iniciou no final de outubro de 2021 com duração até junho 2022, tendo como objetivo a melhoria de desempenho de uma linha de produção utilizando os princípios *Lean Thinking*, com vista a melhorar a eficiência da linha, aumentar a produtividade e reduzir custos.

Com a metodologia de investigação *Action-Research*, numa primeira instância houve uma compreensão do sistema produtivo, adquirindo experiência de toda a equipa para posteriormente, entender o estado atual do sistema, tendo sido definido três campos de ação: redução do tempo de ciclo, melhoria da eficiência, da organização e da limpeza da linha de produção.

No ponto da redução do tempo de ciclo, inicialmente foi elaborado um estudo detalhado dos tempos da linha de produção, com o objetivo de entender qual era o tempo de ciclo da linha e compará-lo com *Takt-Time* e, também identificar ineficiências no processo e oportunidades de melhoria nos postos com maior tempo de ciclo. Os postos com maior tempo de ciclo eram: o posto de trabalho 8, o aparafusamento da flap, o posto de trabalho 14, marcação a laser e, o posto de trabalho 15, o controlo do robot. Adicionalmente, o posto de trabalho 1, continha ineficiências, tais como movimentações, transportes, utilização de grease e, portanto, foi alvo de uma análise aprofundada. Com as ações implementadas, neste ponto, foi possível reduzir o tempo de ciclo de 22,4 segundos para 20,8 segundos e também eliminar desperdícios.

No que diz respeito à eficiência da linha, foi elaborado um estudo aprofundado para entender quais eram os pontos que mais impactavam negativamente o OEE, o indicador que a empresa usa para medir a eficiência. Através do estudo percebeu-se que a disponibilidade e a qualidade, eram parâmetros que podiam ser melhorados, por forma a aumentar o OEE da linha de produção.

Posto isto, para analisar a disponibilidade da linha foi utilizado o diagrama de Pareto, com o objetivo de definir os postos e, posteriormente os modos de falha que mais impactavam este fator. Em equipa foi decidido analisar o top 3 de modos de falha, que mais impactava a disponibilidade, sendo que ao longo do projeto foi conseguido efetuar o estudo de dois. Adicionalmente, foi criado um documento de suporte e seguimento destes problemas, onde continha uma análise “5 Porquês?”, com o objetivo de encontrar

a causa raiz do problema e também um tópico de colocação de ações a executar no curto e longo prazo para eliminar o problema. Este foi um documento útil para perceber o desenvolvimento dos problemas e estando exposto junto à linha de produção, era fácil para todos os colaboradores seguirem e ajudarem na resolução. Com as ações implementadas, foi possível reduzir o tempo de avarias em 1000 minutos por mês, representado um ganho anual de 17 704 €.

Quanto à qualidade da linha, foi elaborado novamente o diagrama de Pareto e, assim foi determinado e elaborado um estudo detalhado do top 3 dos defeitos que mais impactavam a qualidade da linha de produção. Posteriormente, com o suporte da ferramenta diagrama de causa-efeito, foi concluído quais eram as possíveis causas para os problemas. Em equipa, foram analisadas as causas e criado um plano de ações para a resolução dos problemas. Através das ações implementadas, foi possível reduzir tanto o retrabalho e a sucata em 5% e 1%, respetivamente.

No que diz respeito à melhoria da organização e limpeza da linha, foi essencial a implementação dos 5S, não só para tornar a linha mais limpa e organizada, mas também para eliminar desperdícios, como era o caso da perda de tempo do comboio logístico quando abastecia o supermercado da linha de produção, devido à desatualização e desorganização das identificações do supermercado. Além disto, a limpeza da linha e a sensibilização dos colaboradores para cumprirem as instruções de limpeza, foi um aspeto relevante e que surtiu um efeito positivo, pois perceberam que estando tudo mais organizado e limpo na linha de produção, acaba por tornar o trabalho mais eficiente e confortável para eles mesmos.

No que diz respeito aos objetivos, a nível de produtivo, foi definido atingir uma produção por turno de 1000 peças, por forma a responder aos pedidos dos clientes, com as ações implementadas verificou-se um aumento da produtividade por turno desde o início de projeto onde o valor rondava as 600 peças, tendo sido atingido o objetivo das 1000 peças por turno no mês de março.

Quanto aos objetivos de eficiência, o valor definido pela fábrica do indicador OEE era de 85%, o qual não foi atingido no projeto, contudo houve uma melhoria significativa neste indicador, tal como foi descrito na secção 6.2, onde no início do projeto o valor era de 55% e, posteriormente verificou-se uma melhoria de 25%.

No entanto, ao longo do projeto foram sentidas algumas dificuldades, como uma reavaliação dos volumes de produção na linha em que o projeto foi desenvolvido, acabando por haver uma diminuição dos volumes. Portanto, com as ações implementadas, o objetivo da nova produção estaria atingido, o que fez com que houvessem novas oportunidades e prioridades de intervenção noutras linhas de produção.

Notou-se também alguma resistência à mudança, principalmente na mudança do processo de colocação de *grease*, visto que os colaboradores estiveram anos a realizar a mesma tarefa e quando confrontados com a mudança, foi necessário expor as vantagens da utilização na nova ferramenta. Também foi necessário haver uma partilha do conhecimento dos princípios *Lean Thinking*, tendo sido feitas analogias com o quotidiano para a melhor compreensão.

Por fim, é importante referir, a pouca disponibilidade dos técnicos de manutenção que dificultou no desenvolvimento do projeto, visto que para o seguimento e desenvolvimento de algumas oportunidades de melhoria era necessário a intervenção e disponibilidade dos técnicos.

Para concluir, é importante frisar a colaboração de todas as equipas envolvidas, por forma a alcançar os resultados obtidos e a manutenção das ações implementadas, e passarem a ser um *standard*.

No que diz respeito à aprendizagem, foram desenvolvidas várias competências, como o trabalho de equipa, a capacidade de identificar e diagnosticar ineficiências e propor ações de melhoria para as mesmas e, também a capacidade de implementar ações e analisar os ganhos conseguidos a partir das mesmas. Foram ainda aprofundadas áreas de conhecimento, tais como a melhoria contínua e tratamento de dados.

7.2 Trabalho futuro

Ao longo deste trabalho foi referido, que a melhoria contínua é um trabalho contínuo de aperfeiçoamento do sistema produtivo. Posto isto, espera-se que o trabalho que foi desenvolvido seja continuado por parte da empresa.

No que diz respeito ao projeto, faltou a implementação de ações robustas para o modo de falha do posto de trabalho 5, a análise às colisões do posto de trabalho 6 e a discussão e implementação de ações referentes às fugas, que foi um dos defeitos analisados durante o projeto.

No início foram identificados um conjunto de modos de falha e de defeitos que tinham impacto na eficiência da linha, contudo com as melhorias vão aparecer novos modos de falha e de defeitos e são esses que devem ser trabalhados e resolvidos no futuro, por forma a atingirmos os objetivos.

A implementação de uma câmara mais eficiente no controlo do robot que consiga efetuar a leitura da marcação da peça sem o *background*, irá permitir uma redução no tempo de ciclo da linha de produção.

Por fim, é importante continuar a acompanhar de perto os operários e *team leaders*, através de reuniões semanais e auditorias, por forma a garantir que as ações continuam implementadas e a entender as

dificuldades e problemas diários, dando suporte para a sua resolução. Através desta forma de trabalhar, é possível continuar a fomentar um bom ambiente de trabalho e a prática da melhoria contínua.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A. C. (2007). Projecto Dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto [Universidade do Minho]. In *Escola de Engenharia*. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7606>
- Alves, A. C., Carvalho, J. D., & Sousa, R. M. (2012). Lean production as promoter of thinkers to achieve companies' agility. *The Learning Organization*, 19(3), 219–237. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/09696471211219930>
- Alves, A. C., Sousa, R. M., Carvalho, J. D., & Moreira, F. (2015). Production systems redesign in a lean context: A matter of sustainability. *FME Transactions*.
- Amaro, A. P., & Pinto, J. P. (2007). Criação De valor e eliminação de desperdícios. *Revista Qualidade*, 1, 38–44.
- Bell, S. (2005). *Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement*. 73–115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/0471756466.ch4>
- Carvalho, J. (2015). *Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo*. <http://hdl.handle.net/1822/39446>
- Carvalho, J. D. (2008). *Introdução aos Sistemas de Produção*. <http://pessoais.dps.uminho.pt/jdac/apontamentos/IntrodSistProd.pdf>
- Correia, D. M. C. (2018). *Melhoria de uma célula produtiva através da metodologia Lean Six Sigma*. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/56100>
- Costa, T. B. da S., & Mendes, M. A. (2018). Análise da causa raiz : utilização do Diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura. *Simprod*, 2018, 1–11.
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). *Action research for operations management*. International Journal of Operations & Production Management. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, J., & Vieira, S. (2009). *INVESTIGAÇÃO - ACÇÃO: METODOLOGIA PREFERENCIAL NAS PRÁTICAS EDUCATIVAS*. XIII, 455–479. http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/10148/1/Investigação_Acção_Metodologias.PDF
- Dias, F. (2013). *Implementação de ferramentas Lean Production numa empresa do ramo automóvel*. <https://hdl.handle.net/1822/26447>
- Fiuza, A. (2020). *Melhoria de uma linha de produção aplicando princípios Lean Thinking numa empresa de componentes para a indústria do ramo automóvel*. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/70436>
- Gal, L., Mortoiu, D., Tanasoiu, B., Tanasoiu, A., & Muller, V. (2019). Considerations on Optimizing Technological Process for Production of Low Voltage Automotive Cables. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 76, 173–180. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0_20
- Hitomi, K. (1979). *Manufacturing Systems Engineering*.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen* (Bookman (ed.); 2ª).

- Kaplan, G., Patterson, S., Ching, J., & Blackmore, C. (2014). Why Lean doesn't work for everyone. *BMJ Quality & Safety*, 23(12), 970–973. <https://doi.org/https://doi.org/10.1136/bmjqs-2014-003248>
- Lanke, A., Ghodrati, B., & Lundberg, J. (2016). Production improvement techniques in process industries for adoption in mining: a comparative study. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 19(3), 366–386. <https://doi.org/https://doi.org/10.1504/IJQM.2016.079781>
- Leming-Lee, T. S., Polancich, S., & Pilon, B. (2019). The Application of the Toyota Production System LEAN 5S Methodology in the Operating Room Setting. *Nursing Clinics of North America*, 54(1), 53–79. <https://doi.org/10.1016/J.CNUR.2018.10.008>
- Lewis, P., Thornhill, A., & Saunders, M. (2009). *Research Methods for Business Students* (5^a). Prentice Hall.
- Liker, J. (2004). *Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education.
- Liker, J., & Morgan, J. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20, 5–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.5465/amp.2006.20591002>
- Liker, J., & Morgan, J. (2011). Lean Product Development as a System: A Case Study of Body and Stamping Development at Ford. *EMJ - Engineering Management Journal*, 23(1), 16–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10429247.2011.11431884>
- Maxey, J., Uptom, M., George, M. L., & Rowlands, D. (2004). *Lean Six Sigma Pocket Toolbook A Quick Reference Guide To 70 Tools For Improving Quality And Speed* (M.-H. E.- EUROPE (ed.)).
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just in Time* (Engineering & Management Press (ed.); 3^a).
- Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just in Time. Fourth*. [http://dspace.vnbrims.org:13000/jsui/bitstream/123456789/4692/1/Toyota Production System An Integrated Approach to Just-In-Time.pdf](http://dspace.vnbrims.org:13000/jsui/bitstream/123456789/4692/1/Toyota%20Production%20System%20An%20Integrated%20Approach%20to%20Just-In-Time.pdf)
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nitu, E. L., & Gavrilita, A. C. (2019). Lean Learning Factory at the University of Pitesti. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 591(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/591/1/012095>
- O'Brien, R. (1998). An Overview of the Methodological Approach of Action Research. *Faculty of Information Studies, University of Toronto*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Oliveira, M. (2020). *Reconfiguração de uma linha de montagem, usando princípios Lean Thinking numa empresa do setor automóvel*. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/77510>
- Ortiz, C. (2006). All-out kaizen: a continuous improvement plan delivers change to the production floor ... and dollars to the bottom line. *Industrial Engineer*.
- Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control*, 17(1), 77–86.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09537280500414991>

Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking- Introdução ao pensamento magro*. Comunidade Lean Thinking.

Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean* (Lidel (ed.); 6ª).

Productivity Press Development Team. (2002). *Standard Work for the Shopfloor* (1ª).

Rother, M. (2009). *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results*.

Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System*. Cambridge: Productivity Press.

Taylor, F. W. (1911). The Scientific Principles of Management. *Harper & Brothers*, 20.
<https://wps.pearsoncustom.com/wps/media/objects/2429/2487430/pdfs/taylor.pdf>

Wemmerlöv, U., & Johnson, D. J. (2010). Cellular manufacturing at 46 user plants: Implementation experiences and performance improvements. *Https://Doi.Org/10.1080/002075497195966*, 35(1), 29–49. <https://doi.org/10.1080/002075497195966>

Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking - Banish wast and create wealth in your organisation*.

Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – COMPONENTES UTILIZADOS NAS REFERÊNCIAS DA LINHA 7V06

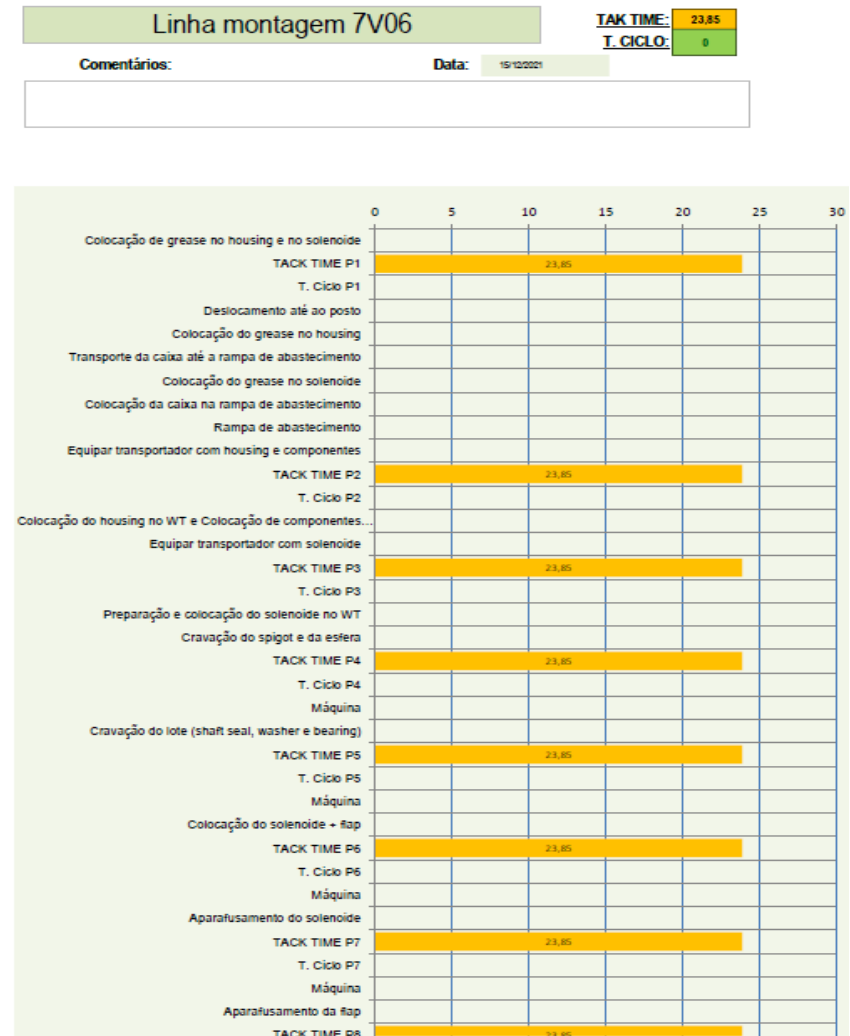
E38400322 35C1	E14488690 12B1	E10988528 00J1	Imagens
Housing	Housing	Housing	
Solenóide	Solenóide	Solenóide	
Driver	Driver	Driver	
Flap	Flap	Flap	
Bearing	Bearing	Bearing	
Washer	Washer	Washer	
Shaft Seal	Shaft Seal	Shaft Seal	

E38400322 35C1	E14488690 12B1	E10988528 00J1	Imagens
Housing	Housing	Housing	
Solenóide	Solenóide	Solenóide	
Driver	Driver	Driver	
Flap	Flap	Flap	
Bearing	Bearing	Bearing	
Washer	Washer	Washer	
Shaft Seal	Shaft Seal	Shaft Seal	

O-Ring	O-Ring	O-Ring	
Esfera	—	Esfera	
Spigot	—	Spigot	
Parafuso M6	Parafuso M6	Parafuso M6	
Parafuso M2.5	Parafuso M2.5	Parafuso M2.5	
Krytox (Grease)	Krytox (Grease)	Krytox (Grease)	
Dovel Pin	Dovel Pin	Dovel Pin	
Spring	Spring	Spring	

APÊNDICE 2 – WORK COMBINATION TABLE

LINHA: Linha montagem 7V06		Data: dez/21										
TACK TIME REQUERIDO: 23,85												
OP	Descrição	Tak Time	Tempo de ciclo	OP inicia no fim da OP:	T Operador	T Máquina	T Deslocamento	Offset	Acumulado	Tempo de ciclo	Ass para T disponível Operator	T disponível Operator
P1 Colocação de grease no housing e no solenoide												
TACK TIME P1		23,85										
T. Ciclo P1			0,0									
1.1	Deslocamento até ao posto										-	-
1.2	Colocação do grease no housing			1.1							-	-
1.3	Transporte da caixa até a rampa de abastecimento			1.2							-	-
1.4	Colocação do grease no solenoide			1.3							-	-
1.5	Colocação da caixa na rampa de abastecimento			1.4							-	-
1.6	Rampa de abastecimento			1.5							-	-
P2 Equipar transportador com housing e componentes												
TACK TIME P2		23,85										
T. Ciclo P2			0									
2.1	Colocação do housing no WT e Colocação de componentes (Spigot,O-ring, Flap,Bearing)										-	-
P3 Equipar transportador com solenoide												
TACK TIME P3		23,85										
T. Ciclo P3			0									
3.1	Preparação e colocação do solenoide no WT										-	-
P4 Cravação do spigot e da esfera												
TACK TIME P4		23,85										
T. Ciclo P4			0									
4.1	Máquina										-	-
P5 Cravação do lote (shaft seal, washer e bearing)												
TACK TIME P5		23,85										
T. Ciclo P5			0									
5.1	Máquina										-	-
P6 Colocação do solenoide + flap												
TACK TIME P6		23,85										
T. Ciclo P6			0									
6.1	Máquina										-	-
P7 Aparafusamento do solenoide												
TACK TIME P7		23,85										
T. Ciclo P7			0									
7.1	Máquina										-	-
P8 Aparafusamento da flap												
TACK TIME P8		23,85										



APÊNDICE 3 – FOLHA DE REGISTO DE TEMPOS

Folha de registo de tempos

Nº op	Nome da tarefa / Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1.1	Deslocamento até ao posto																					
1.2	Colocação do grease no housing																					
1.3	Transporte da caixa até a rampa de abastecimento																					
1.4	Colocação do grease no solenoide																					
1.5	Colocação da caixa na rampa de abastecimento																					
1.6	Rampa de abastecimento																					
2.1	Colocação do housing no WT e Colocação de componentes (Spigot,O-ring, Flap,Bearing)																					
3.1	Preparação e colocação do solenoide no WT																					
4.1	Máquina																					
5.1	Máquina																					
6.1	Máquina																					
7.1	Máquina																					
8.1	Máquina																					
9.1	Máquina																					
10.1	Máquina																					
11.1	Máquina																					
12.1	Máquina																					
13.1	Máquina																					
14.1	Máquina																					
15.1	Máquina																					
16.1	Deslocamento até à mesa de inspeção																					
16.2	Inspeção Visual e Validação DMC																					

APÊNDICE 4 – AMOSTRA DE TEMPOS

Nº op	Nome da tarefa / Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.1	Deslocamento até ao local de colocação do greese no housing	6,6	6,1	7,2	6,35	5,2															
1.2	Colocação do greese no housing	133,44	136,81	133,54	134,43	131,90	134,65	133,52	141,25	136,05	135,16	134,13	134,83	135,57	136,27	134,68	136,93	134,60	135,66	135,02	136,35
1.4	Colocação do greese no solenoide	39,24	39,02	38,99	40	43,15	43,81	38,45	42,14	38,14	40,78	41,64	42,73	43,53	44,91	41,01	41,29	44,87	43,90	37,26	38,98
2.1	Colocação do housing no WT e Colocação de componentes (Spigot,O-ring, Flap,Bearing)	9,06	6,14	7,62	5,8	6,17	5,14	8,94	6,8	5,81	5,77	7,96	8,74	8,52	9,45	8,63	8,65	9,02	9,16	8,6	6,24
3.1	Preparação e colocação do solenoide no WT	6,2	5,2	7,6	6,04	5,84	5,96	6,03	6,25	5,84	5,31	10,4	10,6	9,09	8,13	9,53	7,06	8,67	9,38	9,6	9,25
4.1	Máquina	13,02	13,44	13,3	14,3	13,89	13,34	13,39	13,65	13,43	13,96	14,03	13,02	13,11	14,61	13,83	13,72	13,81	14,25	14,39	13,67
5.1	Máquina	16,68	17,92	16,71	18,35	18,41	17,12	17,32	17,68	18,36	16,79	18,05	17,96	17,84	17,16	18,12	19,91	16,98	17,3	17,21	17,7
6.1	Máquina	17,53	18,92	17,07	18,02	17,48	17	17,48	17,5	17,65	17,18	18,33	18,99	19,01	19,3	18,78	19,04	19,36	18,78	18,69	18,32
7.1	Máquina	13,87	14,3	13,84	13,59	14,08	14,12	13,88	14,05	13,95	14	13,85	14,48	13,72	13,35	14,46	13,44	13,48	13,57	13,71	13,62
8.1	Máquina	21,98	21,82	21,77	21,75	22,21	22,79	22,65	22,65	22,74	23,3	21,98	21,82	21,77	21,75	22,21	22,79	22,65	22,65	22,74	23,3
9.1	Máquina	12,33	13,02	12,6	12,33	12,98	12,33	12,98	13,42	13	13,5	13,65	13,81	14,47	13,51	13,76	13,63	13,77	13,79	13,72	13,69
10.1	Máquina	15,83	16,01	16,12	16,59	15,71	15,6	16,1	15,78	16,14	15,94	16,8	16,63	16,71	16,55	17,32	17,13	16,61	16,65	16,63	17,02
11.1	Máquina	10,77	11,93	11,77	9,97	10,73	11,54	11,06	10,8	10,25	11,33	10,78	10,56	10,77	10,33	11,09	11,38	11,74	10,89	11,24	10,36
12.1	Máquina	10,82	9,41	10,35	10,22	10,11	10,98	10,28	10,38	10,28	11,93	10,68	10,63	10,32	10,47	10,57	10,33	10,69	10,75	10,71	10,66
13.1	Máquina	12,51	11,85	12,69	13,6	12,25	12,42	13,02	12,85	12,63	12,34	13,4	13,25	13,12	12,78	12,84	12,5	13,01	13,09	12,95	12,87
14.1	Máquina	20,02	20,89	20,08	20,99	20,63	20,65	20,45	21,03	20,95	20,84	21,18	20,09	20,36	21,64	21,15	20,97	20,73	21,02	21,12	21,4
15.1	Máquina	19,18	19,58	19,18	19,25	19,56	18,99	19,17	19,27	19,33	20,62	19,42	19,41	19,09	19,1	19,88	19,72	20,1	19,78	19,65	19,47
16.1	Deslocamento até à mesa de inspeção	5,2	7,4	6,2	7,4	5,1															
16.2	Inspeção Visual e Validação DMC	112,52	109,3	104,35	102,84	104,3	113,97	123,53	94,04	98,21	87,05	100,09	94,58	101,52	100,06	101,64	95,76	97,32	96,12	95,76	94,89

Por forma a perceber se o número de amostras era suficiente, foi calculado o número de amostras necessário para um intervalo de confiança de 95%. Na tabela abaixo é possível perceber que as amostras retiradas eram suficientes para este intervalo de confiança (IC).

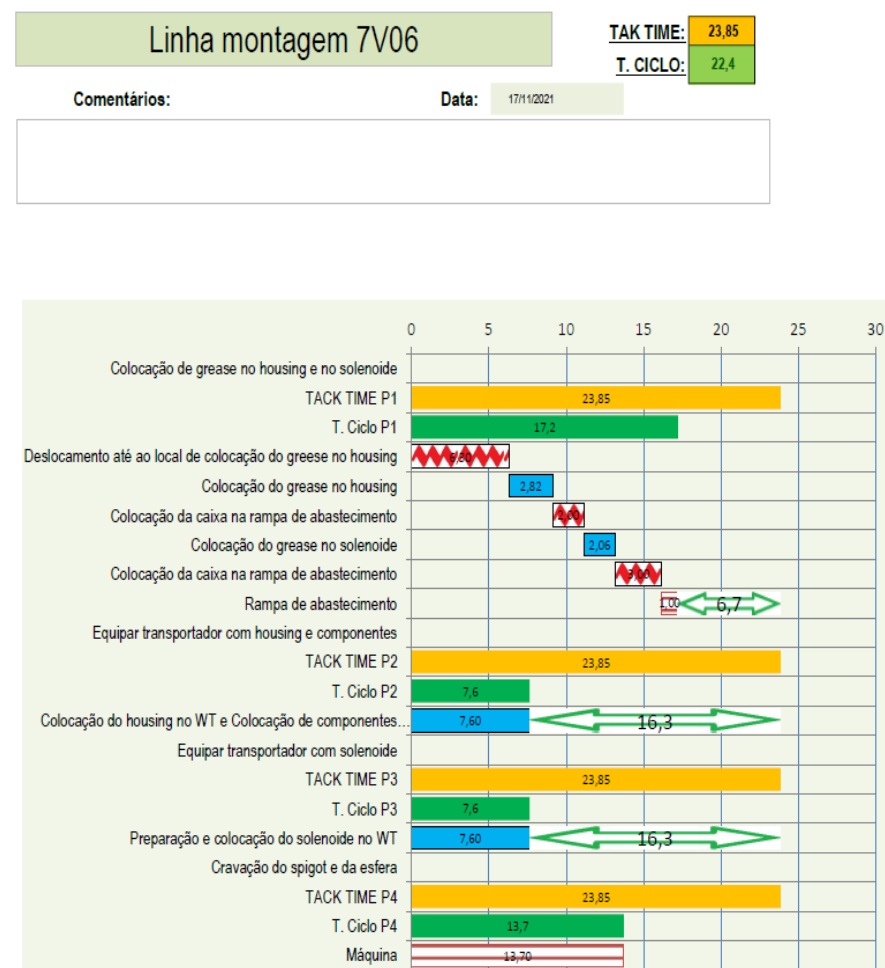
A fórmula utilizada em Excel para o cálculo do número de amostras necessárias para o IC de 95% foi a seguinte:

$$N^{\circ} \text{ de amostras (IC = 95\%)} = \frac{1.96 * \text{Desvio Padrão}}{0.05 * \text{Tempo médio p/peça}}$$

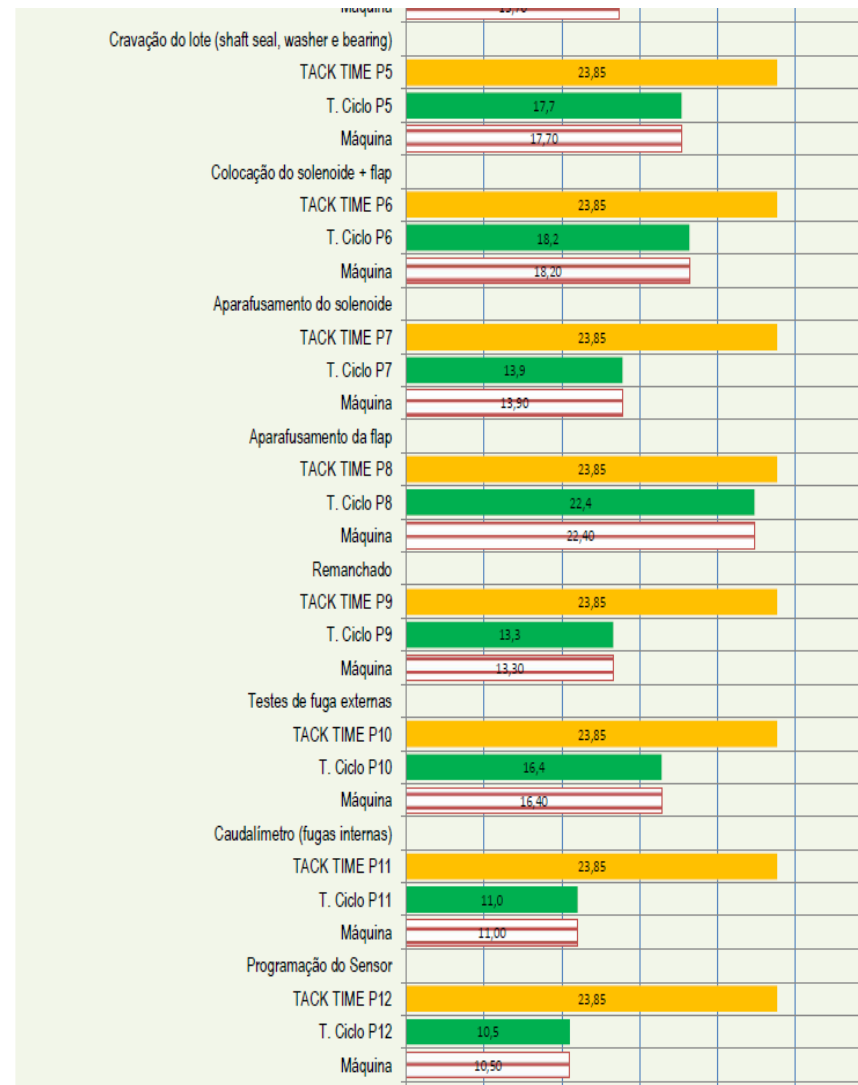
Nº op	Nome da tarefa / Amostras	Média	Tempo Médio p/peça	Desvio Padrão	Número de Amostras
1.1	Deslocamento até ao local de colocação do greese no housing	6,3	6,3	0,73	5
1.2	Colocação do greese no housing	135,2	2,8	30,29	9
1.4	Colocação do greese no solenoide	41,2	2,1	2,37	2
2.1	Colocação do housing no WT e Colocação de componentes (Spigot,O-ring, Flap,Bearing)	7,6	7,6	1,45	7
3.1	Preparação e colocação do solenoide no WT	7,6	7,6	1,82	9
4.1	Máquina	13,7	13,7	0,46	1
5.1	Máquina	17,7	17,7	0,77	2
6.1	Máquina	18,2	18,2	0,8	2
7.1	Máquina	13,9	13,9	0,32	1
8.1	Máquina	22,4	22,4	0,52	1
9.1	Máquina	13,3	13,3	0,59	2
10.1	Máquina	16,4	16,4	0,5	1
11.1	Máquina	11,0	11,0	0,54	2
12.1	Máquina	10,5	10,5	0,47	2
13.1	Máquina	12,8	12,8	0,42	1
14.1	Máquina	20,8	20,8	0,44	1
15.1	Máquina	19,5	19,5	0,4	1
16.1	Deslocamento até à mesa de inspeção	6,3	6,3	1,13	7
16.2	Inspeção Visual e Validação DMC	101,4	10,14	8,35	3

APÊNDICE 5 – WORK COMBINATION TABLE PREENCHIDA

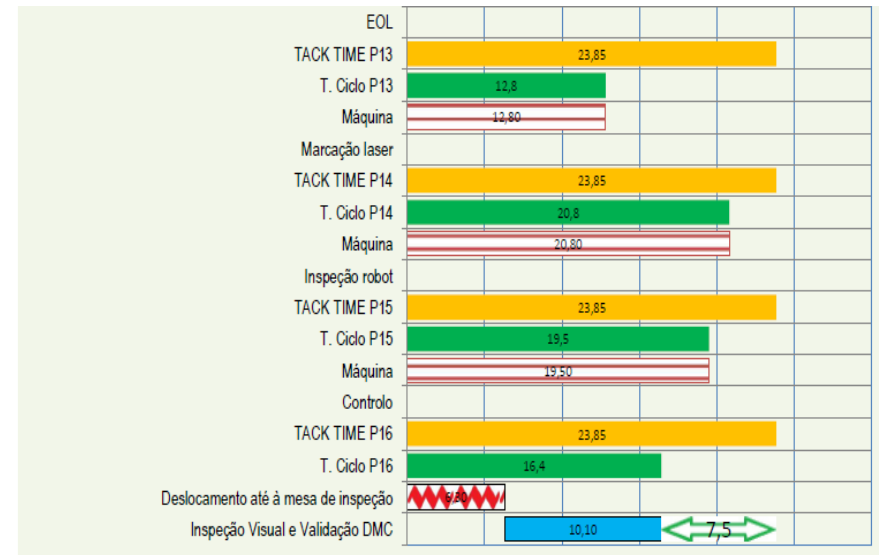
LINHA: <u>Linha montagem 7V06</u> Data: <u>nov/21</u>										
TACK TIME REQUERIDO: 23,85										
OP	Descrição	Tak Time	Tempo de ciclo	OP inicia no fim da OP:	T Operador	T Máquina	T Deslocamento	Offset	Acumulado	Aux para T disponível Operador
Tempo de ciclo										
T disponível Operador										
P1 Colocação de grease no housing e no solenoide										
TACK TIME P1		23,85								
T. Ciclo P1			17,2							
1.1	Deslocamento até ao local de colocação do grease no housing					6,30	0,0	6,3	6,3	-
1.2	Colocação do grease no housing			1,1	2,82			6,3	9,1	-
1.3	Colocação da caixa na rampa de abastecimento			1,2		2,00		9,1	11,1	-
1.4	Colocação do grease no solenoide			1,3	2,06			11,1	13,2	-
1.5	Colocação da caixa na rampa de abastecimento			1,4		3,00		13,2	16,2	-
1.6	Rampa de abastecimento			1,5		1,00		16,2	17,2	6,7
P2 Equipar transportador com housing e componentes										
TACK TIME P2		23,85								
T. Ciclo P2			7,6							
2.1	Colocação do housing no WT e Colocação de componentes (Spigot,O-ring, Flap,Bearing)			7,60				0	7,6	16,3
P3 Equipar transportador com solenoide										
TACK TIME P3		23,85								
T. Ciclo P3			7,6							
3.1	Preparação e colocação do solenoide no WT			7,60				0	7,6	16,3
P4 Cravação do spigot e da esfera										
TACK TIME P4		23,85								
T. Ciclo P4			13,7							
4.1	Máquina					13,70		0	13,7	-



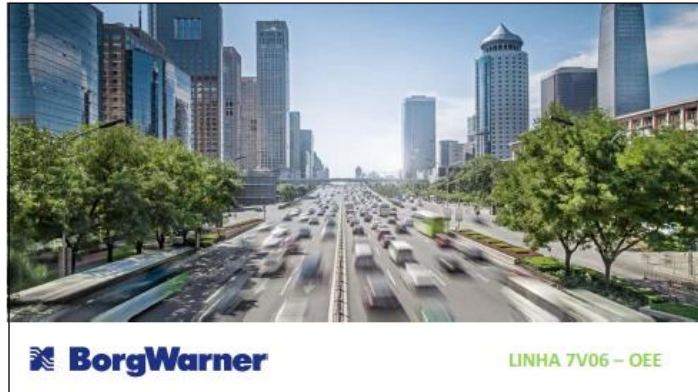
P5 Cravação do lote (shaft seal, washer e bearing)				
TACK TIME P5		23,85		
T. Ciclo P5		17,7		17,7
5.1	Máquina		17,70	0 17,7
P6 Colocação do solenoide + flap				
TACK TIME P6		23,85		
T. Ciclo P6		18,2		18,2
6.1	Máquina		18,20	0 18,2
P7 Aparafusamento do solenoide				
TACK TIME P7		23,85		
T. Ciclo P7		13,9		13,9
7.1	Máquina		13,90	0 13,9
P8 Aparafusamento da flap				
TACK TIME P8		23,85		
T. Ciclo P8		22,4		22,4
8.1	Máquina		22,40	0 22,4
P9 Remachado				
TACK TIME P9		23,85		
T. Ciclo P9		13,3		13,3
9.1	Máquina		13,30	0 13,3
P10 Testes de fuga externas				
TACK TIME P10		23,85		
T. Ciclo P10		16,4		16,4
10.1	Máquina		16,40	0 16,4
P11 Caudalímetro (fugas internas)				
TACK TIME P11		23,85		
T. Ciclo P11		11		11,0
11.1	Máquina		11,00	0 11
P12 Programação do Sensor				
TACK TIME P12		23,85		
T. Ciclo P12		10,5		10,5
12.1	Máquina		10,50	0 10,5



P13 EOL										
TACK TIME P13		23,85								
T. Ciclo P13		12,8								12,8
13.1	Máquina			12,80		0		12,8		
P14 Marcação laser										
TACK TIME P14		23,85								
T. Ciclo P14		20,8								20,8
14.1	Máquina			20,80		0		20,8		
P15 Inspeção robot										
TACK TIME P15		23,85								
T. Ciclo P15		19,5								19,5
15.1	Máquina			19,50		0		19,5		
P16 Controlo										
TACK TIME P16		23,85								
T. Ciclo P16		16,4								16,4
16.1	Deslocamento até à mesa de inspeção				6,30	0		6,3	6,3	
16.2	Inspeção Visual e Validação DMC	16.1	10,10			6,3		16,4	7,5	



APÊNDICE 6 – APRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DAS AVARIA AOS COLABORADORES



1

OEE

- O objetivo é monitorizar o desempenho da linha de produção;
- É calculado através de 3 parâmetros:
 - disponibilidade x desempenho x qualidade
- **Disponibilidade** indica a percentagem de tempo que a linha esteve a produzir relativamente ao tempo planeado de produção.
- **Desempenho** calcula a velocidade da nossa linha relativamente ao tempo de ciclo.
- **Qualidade** indica a percentagem de produto conforme.

2

OEE linha 7V06

- Olhar para o objetivo de 85% como uma oportunidade de melhoria;
- O fator que mais condiciona o nosso OEE é a Disponibilidade.

3

BorgWarner

Disponibilidade ↓ = Muitas paragens das máquinas

Análise Pareto - Avarias Outubro

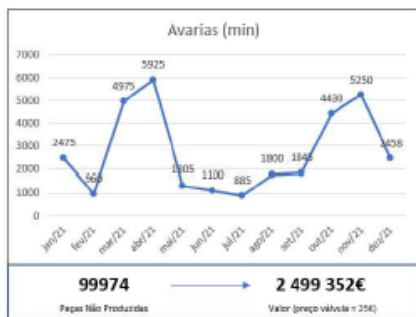
Análise Pareto - Avarias Novembro

Existe uma repetição das avarias

- Em outubro tivemos 4430 minutos (73h) parados devido avarias.
- Que representa aproximadamente 12000 peças não produzidas = 300K €, o mês de Novembro já superou este valor

4

Overview Avarias 2021



5

BorgWarner

Quais são as avarias que têm mais impacto?

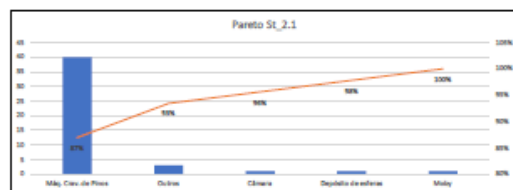
Após consultar dados da empresa + opinião dos colaboradores

- Estação 2.1 (Cravação dos pinos no solenoide e colocação do mesmo no WT)
- Estação 4.1 (Cravação do lote)
- Estação 5.1 (Colocação do solenoide + flap)
- Estação 13.1 (Robot)

6

BorgWarner

Estação 2.1



Principais problemas:

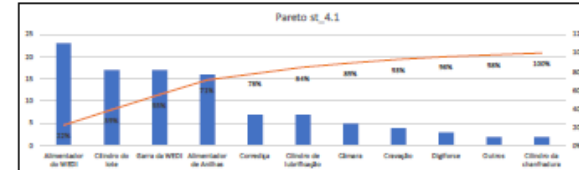
- Máquina de cravação de pinos

Desgaste

7

BorgWarner

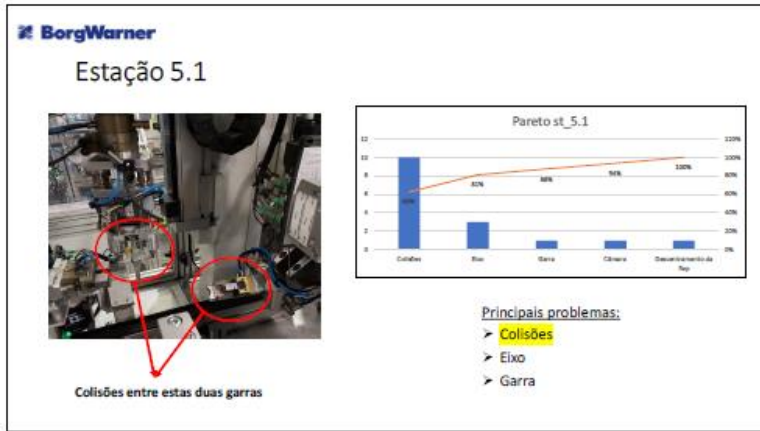
Estação 4.1



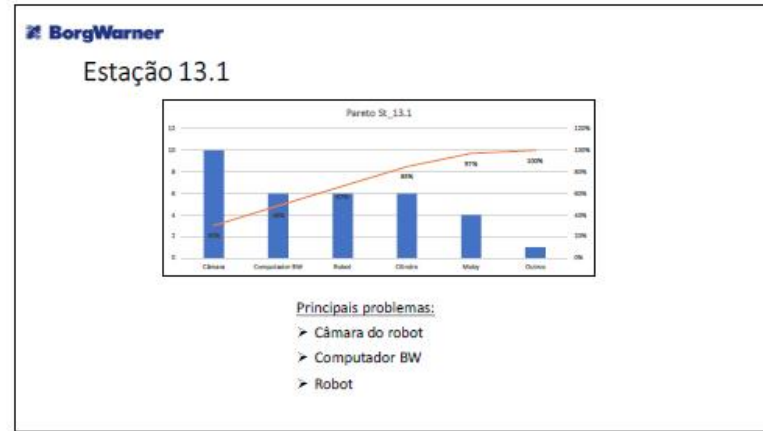
Principais problemas:

- Alimentador WEDI
- Cilindro (lote e lubrificante)
- Garra da Wedi
- Alimentador de Anilhas
- Corrediça

8



9




10

BorgWarner

Como vamos melhorar esta situação?

- > Sermos rigorosos com a manutenção preventiva;
- > Intervir nas avarias que têm mais impacto;
- > Focar na realização das tarefas para a resolução dos problemas;

Trabalhar em equipa!



Sem standard não há melhoria!

11

BorgWarner

Documento de seguimento e resolução



12


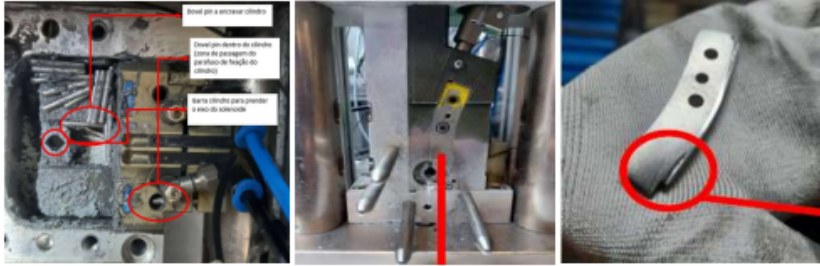
APÊNDICE 7 – ANÁLISE DE UTILIZAÇÃO DE GREASE

Amostras	Housing S/Grease (g)	Housing C/Grease (g)	Grease (g)
1	174,84	174,93	0,09
2	174,33	174,41	0,08
3	173,82	173,88	0,06
4	174,03	174,09	0,06
5	175,16	175,21	0,05
6	174,36	174,41	0,05
7	174,81	174,91	0,1
8	174,33	174,43	0,1
9	174,36	174,44	0,08
10	174,87	174,94	0,07
11	174,12	174,2	0,08
12	174,67	174,79	0,12
13	175,16	175,27	0,11
14	174,01	174,07	0,06
15	174,87	174,92	0,05
16	174,48	174,57	0,09
17	174,64	174,67	0,03
18	175,55	175,63	0,08
19	174,34	174,38	0,04
20	174,55	174,62	0,07
21	174,63	174,72	0,09
22	174,47	174,6	0,13
23	174,52	174,58	0,06
24	174,25	174,3	0,05
Média de utilização (g)		0,075	
Mínimo usado (g)		0,03	
Máximo usado (g)		0,13	
Amplitude (g)		0,1	

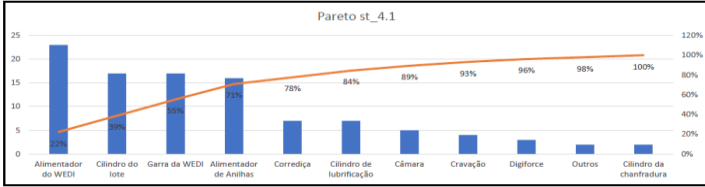
APÊNDICE 8 – DOCUMENTO DE ANÁLISE DE AVARIAS

BorgWarner		Manutenção - Identificação e Resolução da Causa Raiz	
Investigação Inicial / Equipa			
Área: Válvulas	Responsável:	Team Leader/Tecnico de manutenção	
Linha: 7V06	Estação:	Estação do Problema	
Equipa:	Equipa de suporte: MQT, MQE, PL, TL. ...		
Definição do Problema			
Problema	Identificação do problema (ex: Colisão entre garra do solenoide e flap provoca paragem e rejeição)		
Descrição do problema	O que aconteceu? De que problema se trata?		
Análise da Causa Raiz			
5 Porquês			
Porquê 1?	5 porquês por forma a encontrar a causa raiz do problema		
•Porquê 2?			
•Porquê 3?			
•Porquê 4?			
•Porquê 5?			
Causa Raiz:			
Ações a implementar/implementadas			
Ação	Data/Resp.	Resultados	
Ações que possam ser implementadas	Data de implementação e responsável	Resultado da ação	

APÊNDICE 9 – DOCUMENTO DE ANÁLISE DE AVARIAS – POSTO DE TRABALHO 3

		Manutenção - Identificação da Causa Raiz	
Investigação Inicial / Equipa			
Área: VÁLVULAS		Responsável: Nuno Branco	
Linha: 7V06		Estação: 2.1	
Equipa: Nuno Branco; Luis Bandeira; Abilio Lopes; Eduardo Fernandes; Carlos Pereira; Pedro Fonseca; Luis Magalhães; Ana Oliveira; Zélia Ferreira; Oscar Costa; Jorge Vasconcelos			
Definição do Problema			
Nome do problema	Falha na inserção do pino no solenoide		
Descrição do problema	Em poucos ciclos de utilização a chapa que se encontra na máquina de cravação de pinos fica desgastada, provocando o desalinhamento da agulha no momento da inserção do pino. Paralelamente a este problema, o grease vai-se acumulando no sensor, fazendo com que este não detete o solenoide ou por vezes o detete duas vezes, ativando dois dovel pins, dando posteriormente erro na inserção do pino.		
			
Análise da Causa Raiz			
5 Porquês			
•Porquê 1?			
Falha na inserção de pinos			
•Porquê 2?			
Desalinhamento da agulha no momento da inserção do pino Erro no sensor de deteção do solenoide e ativação do dovel pin			
•Porquê 3?			
Conjunto de inserção (tooling) encontra-se desgastado, provocando o desvio da agulha no processo de cravação Acumulação de grease no sensor			
•Porquê 4?			
Foi atingido o tempo de vida útil do tooling (não calculado) Inexistência de um sistema de limpeza de grease no processo			
•Porquê 5?			
Causa Raiz: Foi atingido o tempo de vida útil do tooling (não calculado) Inexistência de um sistema de limpeza de grease no processo			
Ações			
Ação	Data/Resp.	Resultados	
Implementação de um botão de ativação (manual) do Dovel Pin - Corretiva	15/02/2022	Melhoria de desempenho da estação	
Substituição do tooling (deckel) e consecutiva análise do processo - Definitiva	15/02/2022	Melhoria de desempenho da estação	
Ações complementares: Calcular tempo de vida do deckel; incluir na manutenção preventiva limpeza da máquina.	mai/22		

APÊNDICE 10 – DOCUMENTO DE ANÁLISE DE AVARIAS – POSTO DE TRABALHO 5

		Manutenção - Identificação da Causa Raiz																									
Investigação Inicial / Equipa																											
Área: VALVULAS		Responsável: LUIS BANDEIRA																									
Linha: 7V06		Estação: 4.1																									
Equipa: LUIS BANDEIRA; NUNO BRANCO; ABILIO LOPES; EDUARDO FERNANDES; CARLOS PEREIRA; PEDRO FONSECA; LUIS MAGALHÃES; ANA OLIVEIRA; ZELIA FERREIRA; OSCAR COSTA; JORGE VASCONCELOS																											
Definição do Problema																											
Nome do problema	Encravamento dos alimentadores do Shaft Seal e Anilhas																										
Descrição do problema	<p>Os alimentadores encravam provocando a paragem da máquina e a intervenção do técnico de manutenção para o desenrramento da mesma.</p>   <table border="1"> <caption>Pareto st_4.1</caption> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentagem</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Alimentador do WEDI</td><td>23%</td></tr> <tr><td>Cilindro do lote</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Garra da WEDI</td><td>16%</td></tr> <tr><td>Alimentador de Anilhas</td><td>15%</td></tr> <tr><td>Corrediza</td><td>7%</td></tr> <tr><td>Cilindro de lubrificação</td><td>6%</td></tr> <tr><td>Câmara</td><td>5%</td></tr> <tr><td>Crevação</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Digiforce</td><td>3%</td></tr> <tr><td>Outros</td><td>2%</td></tr> <tr><td>Cilindro da chanfradura</td><td>1%</td></tr> </tbody> </table>			Componente	Porcentagem	Alimentador do WEDI	23%	Cilindro do lote	16%	Garra da WEDI	16%	Alimentador de Anilhas	15%	Corrediza	7%	Cilindro de lubrificação	6%	Câmara	5%	Crevação	4%	Digiforce	3%	Outros	2%	Cilindro da chanfradura	1%
Componente	Porcentagem																										
Alimentador do WEDI	23%																										
Cilindro do lote	16%																										
Garra da WEDI	16%																										
Alimentador de Anilhas	15%																										
Corrediza	7%																										
Cilindro de lubrificação	6%																										
Câmara	5%																										
Crevação	4%																										
Digiforce	3%																										
Outros	2%																										
Cilindro da chanfradura	1%																										
Análise da Causa Raiz																											
5 Porquês																											
*Porquê 1?																											
Encravamento dos alimentadores																											
*Porquê 2?																											
Presença de componentes fora de especificação nos alimentadores																											
*Porquê 3?																											
São colocados componentes não conformes nos alimentadores																											
*Porquê 4?																											
Inspeção visual ineficiente na separação dos componentes reaproveitados		Lotes de MP com componentes fora de especificação (fornecedor)																									
*Porquê 5?																											
Inexistência de um método/instrução de separação dos componentes		Ineficácia do Poka-Yoke (Poke-Yoke mecânico)																									
Causa Raiz:																											
Ausência de método de validação de componentes reaproveitados (componentes caídos em máquina) Ineficácia do Poka-Yoke																											
Ações																											
Ação	Data/Resp.	Resultados																									
Criar instrução para método de reaproveitamento/limpeza de componentes	20/06/2022																										
Rever sistema de abastecimento	jun/22																										
Análise à sequência do sensor da corrediza	jun/22																										

APÊNDICE 11 – INSTRUÇÃO DE LIMPEZA DOS COMPONENTES

		INSTRUÇÃO DE LIMPEZA DOS COMPONENTES RECOLHIDOS DA MÁQUINA		Data: 20/06/2022 Página 1 de 1	
<p>1º. - Recolher os componentes caídos na máquina para um saco ESD</p>		<p>2º. - Separar os componentes na mesa de retrabalho</p>			
<p>3º. - Limpar os componentes com um pano e Álcool</p>		<p>4º. - Verificar o estado dos componentes, caso não estejam em conformidade devem ser colocados na caixa vermelha para sucatear</p>	<p>Exemplo</p> 		
		<p>5º. - Colocar os componentes OK nas respectivas caixas de abastecimento</p>			
Elaboração:	Validação MQE	Validação PL:	Validação AE: NÃO APLICÁVEL	Validação Packaging: NÃO APLICÁVEL	Validação SST: NÃO APLICÁVEL
Data da revisão:		Motivo da revisão:			
20/06/2022		Criação da instrução de limpeza			

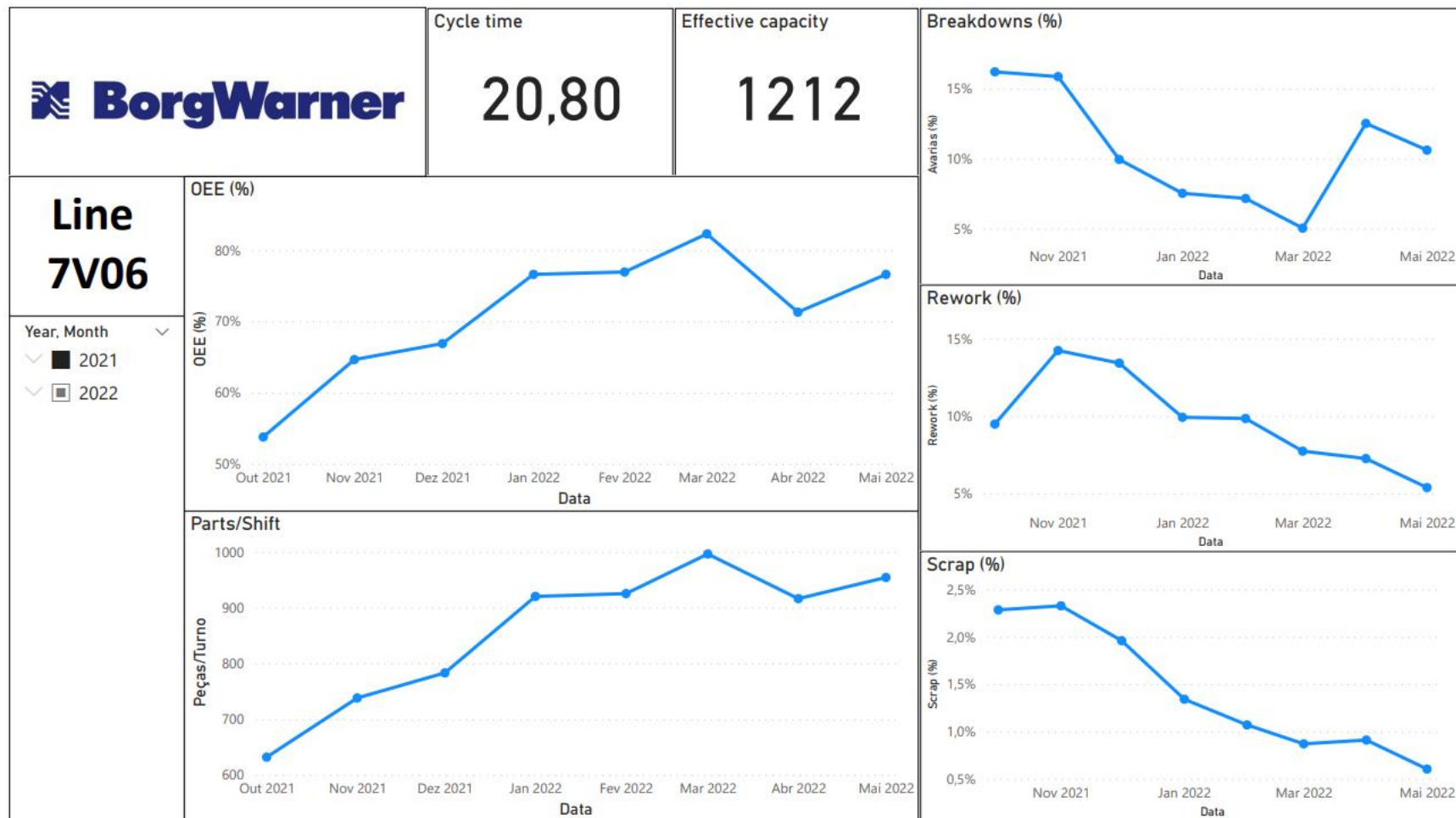
APÊNDICE 12 – INSTRUÇÃO DE OPERAÇÃO DO DISPENSADOR DE GREASE

		INSTRUÇÃO DE OPERAÇÃO		Nº Instrução: IO 2020/357	
				Data revisão: 19/05/2022	
				Página: 1 de 1	
	Cliente:	Referência interna:	Denominação da peça:		
		Y00J1 35C1 .12B1	EGR Valves		
	Refº Cliente:	Código do sub-conjunto:	Denominação de sub-conjunto:		
			EGR Valves		
N.º de linha:	N.º de máquina:	Código da operação:	Código da sub-operação	Denominação da sub-operação:	
7V06-1	110000015041			Colocação de grease	
Descrição Modo Operatório					
1	Colocar grease no orifício do solenoide com injeção de grease por agulha (fig.1) ou, como alternativa, com uma bisnaga (fig.2) devidamente identificada.				
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>fig.1</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>fig.2</p> </div> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>					
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar Housing da caixa (fig.3) 2. Pressionar o Housing no dispensador de grease uma vez (fig.4) 3. Verificar a presença de grease na peça (fig.5) 4. Colocar o Housing no WT (fig.6) 				
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>fig.3</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>fig.4</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>fig.5</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>fig.6</p> </div> </div>					
<p>NOTA: Para o housing da referência E1448869012B1 esta etapa não é realizada, uma vez que a válvula não leva esfera.</p>					
Elaboração:	Validação MQE	Validação PL:	Validação AE:	Validação Packaging:	Validação SST:
			NÃO APLICÁVEL	NÃO APLICÁVEL	NÃO APLICÁVEL
Data da revisão:		Motivo da revisão:			
28/09/2020		Nova instrução			
02/10/2020		Atualização do método de aplicação de grease no solenoide			
10/11/2021		Atualização do método de aplicação de grease no solenoide - adicionada alternativa com bisnaga			
19/05/2022		Atualização do método de aplicação de grease no housing - adicionado dispensador de grease			

APÊNDICE 13 – ANÁLISE DE UTILIZAÇÃO DE GREASE APÓS DISPENSADOR

Amostras	Housing S/Grease (g)	Housing C/Grease (g)	Grease (g)
1	174,39	174,42	0,03
2	175,93	175,94	0,01
3	174,6	174,63	0,03
4	176,13	176,15	0,02
5	175,09	175,12	0,03
6	175,04	175,07	0,03
7	175,3	175,34	0,04
8	175,42	175,45	0,03
9	175,12	175,15	0,03
10	175,51	175,54	0,03
11	175,64	175,65	0,01
12	175,69	175,72	0,03
13	175,74	175,75	0,01
14	174,3	174,32	0,02
15	175,78	175,8	0,02
16	174,7	174,71	0,01
17	174,66	174,71	0,05
18	175,94	175,98	0,04
19	175,27	175,3	0,03
20	175,35	175,4	0,05
21	176,2	176,24	0,04
22	174,36	174,41	0,05
Média de utilização (g)			0,029
Mínimo usado (g)			0,01
Máximo usado (g)			0,05
Amplitude (g)			0,04

APÊNDICE 14 – DASHBOARD



ANEXOS

ANEXO 2 – TESTE À TENSÃO DE ABERTURA DA FLAP

