

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Raquel Isabel Oliveira da Silva - Melhoria e duplicação de uma linha de montagem na indústria automóvel

Raquel Isabel Oliveira da Silva

Melhoria e duplicação de uma linha de montagem na indústria automóvel



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Raquel Isabel Oliveira da Silva

**Melhoria e duplicação de uma linha de
montagem na indústria automóvel**

Tese de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Ramo de Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho

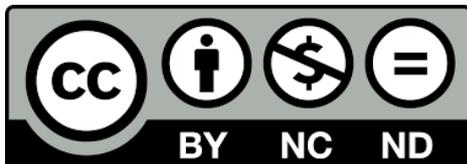
Julho de 2019



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-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



AGRADECIMENTOS

Ao Grupo Preh Portugal, por me terem recebido e permitido a realização deste trabalho. A todos os operários e funcionários dos vários departamentos, de forma particular à equipa de produção, representada pelo seu diretor o Sr. Eng. Luís Lobo, e na qual estive inserida no decorrer deste projeto.

Dedico especial agradecimento à gerência, na pessoa do Sr. Eng. José Mendes, pela oportunidade e pelo voto de confiança dado para a realização deste estágio, e aos engenheiros Filipe Arantes e Paulino Alves que me orientaram, e sempre estiveram disponíveis para me acompanhar e me disponibilizar toda a informação necessária para o desenvolvimento deste projeto.

Dirijo um agradecimento e um apreço ao meu orientador, professor doutor José Dinis Carvalho, que se demonstrou sempre disponível e cujos conselhos e as orientações, sempre sábias e oportunas, constituíram uma mais-valia inestimável para o desenvolvimento deste projeto.

Permitindo uma nota de cariz mais pessoal, um obrigada aos colegas do Mestrado em Engenharia Industrial, pelas muitas palavras de incentivo e pelo entusiasmo que me incutiram nos momentos mais difíceis desta jornada, e ainda um agradecimentos a toda a minha família pela confiança incondicional e por toda a compreensão, de uma forma particular e especial aos meus pais, Elvira Fernanda e José Alberto, que sempre me acompanharam e apoiaram.

A todos o meu sincero agradecimento.



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.



RESUMO

Num mercado cada vez mais competitivo a busca pela perfeição é cada vez maior, e foi neste contexto, e com o propósito de uma melhoria sistemática, que surgiu o pensamento *Lean*, cujo principal objetivo é fazer mais com menos, aumentando assim a competitividade das empresas no mercado. O intuito deste projeto é precisamente fazer uso das ferramentas e metodologias desta filosofia para melhorar uma linha de montagem da indústria automóvel, de maneira a corresponder às exigências do cliente, em especial às quantidades exigidas, que implicou uma duplicação da linha de montagem.

Tendo isto em mente, foram levadas a cabo diversas ações, entre elas o estudo dos problemas de qualidade do produto, a organização do fluxo de materiais com a redefinição dos bordos de linha, que permitam um *set-up* mais eficiente e postos de trabalho mais ergonómicos, a externalização de operações com vista na redução de tempo de ciclo de algumas estações de trabalho, a organização e limpeza da área de trabalho, através da implementação de um sistema de manutenção autónoma, a redefinição do fluxo da área de Recuperação, de forma uniformizar e estabilizar o processo de montagem, evitando conseqüentemente reclamações do cliente, e a aplicação de conceitos de gestão visual para a deteção de problemas e diferenciação de componentes.

Todo o trabalho desenvolvido culminou na poupança direta de cerca de 47568 euros anuais com a resolução de alguns problemas de qualidade. Além disso foi também possível a redução do WIP, a melhoria do fluxo de materiais, a existência de postos de trabalho mais ergonómicos e uma área de montagem mais limpa e organizada, assim como uma melhor organização e identificação dos materiais e uma rápida deteção dos problemas da linha de montagem em tempo real, tudo isto acompanhado por uma organização de equipa mais eficiente.

O reflexo de todas estas ações foi a quase triplicação da produtividade, o aumento substancial do número de peças que passam à primeira nos testes de qualidade, que passou de 52% para 86,3% na linha de montagem inicial, e a passagem de 4906 unidades semanais para 16810, ultrapassando assim as 16000 peças esperadas semanalmente com a duplicação.

PALAVRAS-CHAVE

Duplicação, *Lean*, Melhoria contínua, Montagem.



ABSTRACT

In an increasingly competitive market, the search for perfection is ever increasing, and it was in this context, and for the purpose of a systematic improvement, that Lean thought arose, whose main objective is to do more with less, thus increasing market competitiveness. The purpose of this project is to make use of the tools and methodologies of this philosophy to improve an assembly line of the automotive industry, to correspond to the customer's requirements, especially the required quantities, that implied a duplication of the assembly line.

Therefore, a number of actions have been taken, including the study of product quality problems, the organization of material flow with the redefinition of line edges, allowing a more efficient set-up and more ergonomic workstations, the externalization of operations with a view to reducing the cycle time of some workstations, organizing and cleaning the work area by implementing an autonomous maintenance system, redefining the flow of the recovery area so as to standardize and stabilize the assembly process, thus avoiding customer complaints, and the application of visual management concepts for problem detection and component differentiation.

All the work done culminated in the direct savings of around 47568 euros per year with the resolution of some quality problems. Besides that, it was also possible to reduce WIP, improve the flow of materials, the existence of more ergonomic workstations and a cleaner and more organized assembly, as well as better organization and identification of materials and fast detection of real-time assembly line problems, all accompanied by a more efficient team organization.

The reflection of all these actions was the almost tripling of productivity, the substantial increase in the number of pieces that pass to the first time in quality tests, which went from 52% to 86,3% in the initial assembly line, and the passage of 4906 weekly units to 16810, thus exceeding the 16,000 pieces expected weekly with the doubling.

KEYWORDS

Assembly, Continuous improvement, Duplication, Lean.



ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo.....	v
Abstract	vi
Índice	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação	3
1.4 Calendarização.....	4
1.5 Organização do relatório	5
2 Enquadramento Teórico	6
2.1 Abordagem <i>Lean</i>	6
2.1.1 Princípios <i>Lean</i>	7
2.1.2 Desperdícios <i>Lean</i>	9
2.2 Ferramentas de <i>Lean Manufacturing</i>	11
2.2.1 <i>Kaizen</i>	11
2.2.2 <i>Just In Time</i>	14
2.2.3 <i>Jidoka</i>	15
2.2.4 Gestão Visual.....	15
2.2.5 Tempo de ciclo e <i>takt-time</i>	17
2.2.6 OEE	18
2.3 Abastecimento de materiais à linha	18
2.3.1 Supermercado	19
2.3.2 <i>Mizusumashi</i>	19
2.3.3 Bordo de linha	20



2.4	Ferramentas de gestão de qualidade	20
2.4.1	Fluxograma	21
2.4.2	Diagramas de Causa e Efeito	22
2.4.3	5W2H	23
2.5	Linhas e Células de Montagem	23
2.5.1	<i>Layout</i> por processo ou <i>layout</i> funcional	23
2.5.2	<i>Layout</i> por produto ou em linha	24
2.5.3	<i>Layout</i> por posição fixa	24
2.5.4	<i>Layout</i> celular	24
3	Sistema em Estudo	25
3.1	Apresentação da Empresa	25
3.2	Produto – consola de velocidades para a BMW	28
3.3	Linha BMW-BZM	29
4	Melhoria da linha inicialmente em funcionamento	34
4.1	Estudo dos problemas de qualidade	34
4.1.1	Riscos no <i>knob high gloss</i>	34
4.1.2	Defeitos estéticos da <i>blenda GWS</i>	39
4.1.3	<i>Damping</i>	40
4.2	Melhoria do fluxo de materiais e abastecimento da linha	42
4.2.1	Redefinição dos bordos de linha	42
4.2.2	Criação de <i>blisters</i> para componentes	46
4.3	Externalização de Operações	47
4.3.1	OP280	47
4.3.2	OP290	49
4.4	Melhoria da organização da linha	51
4.4.1	Limpeza da área	51
4.4.2	Manutenção autónoma	51
4.4.3	Implementação de alertas	53



4.4.4	Identificação de embalagens de material	55
4.4.5	Sistema de alerta para falta de material	56
5	Duplicação da linha de montagem	57
5.1	Definição de um <i>layout</i> eficiente.....	57
5.2	Recursos Humanos e plano de formação.....	58
5.3	Plano de movimentação das equipamentos e criação de <i>stock</i> de segurança.....	61
5.4	Implementação.....	63
6	Melhoria das 2 linhas de montagem	65
6.1	Redefinição do fluxo da área de Recuperação	65
6.2	Externalização de operações	67
6.2.1	OP60	67
6.2.2	OP200	69
6.3	Aplicação de gestão visual	71
6.3.1	Diferenciação de componentes	71
6.3.2	Deteção e resolução rápida de problemas	71
6.4	Utilização de Cartões para organização de ordens de produção.....	72
7	Metodologias de organização de equipa.....	76
7.1	Reuniões de Guerra	76
7.2	Reuniões de passagem de turno	79
8	Resultados.....	80
9	Conclusões e trabalho futuro	85
10	Referências Bibliográficas	87
	Anexo I – Lista de Materiais BZM.....	90
	Anexo II – Fluxograma do processo produtivo	103
	Anexo III– Lista de necessidades e organização dos Bordos de Linha	105
	Anexo IV – Desenhos dos Bordos de Linha	108
	Anexo V – <i>Blisters</i> para transporte de material crítico	111
	Anexo VI – Mudança de <i>Layout</i>	113
	Anexo VII – Plano Detalhado da mudança de <i>layout</i>	116
	Anexo VIII – Lista de necessidades de material para Stock de Segurança.....	117



Anexo IX – Ambiente gráfico da aplicação Power BI –Recuperação 119



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Cronograma do projeto.....	5
<i>Figura 2- Casa Lean (adaptado Liker, 2004)</i>	7
<i>Figura 3- Guarda-chuva Kaizen (Imai,1986)</i>	12
<i>Figura 4- Ciclo PDCA (adaptado Pinto, 2014)</i>	13
<i>Figura 5- Caixa Heijunka (Araújo,2009)</i>	17
<i>Figura 6- Simbologia do fluxograma</i>	21
<i>Figura 7- Formato diagrama causa e efeito</i>	22
Figura 8- Preh Portugal (Preh,2018).....	25
Figura 9- Organograma da Produção	27
Figura 10- Organograma da organização	28
Figura 11- Lubrificação em linha	30
Figura 12- Lubrificação em ponto	30
Figura 13- Processo Zamack.....	30
Figura 14- Produto final do subgrupo do knob	31
Figura 15- Produto final da linha de montagem BZM.....	31
Figura 16- Layout inicial do projeto BMW-BZM – Área 3	33
Figura 17- Produto final.....	33
Figura 18- Diagrama de causa-efeito - Riscos no knob high gloss	35
Figura 19- Zonas do knob high gloss afetadas com riscos	35
Figura 20- Película para knob high gloss	37
Figura 21- Localização das não conformidades nas blendas GWS.....	39
Figura 22- Registo damping.....	40
Figura 23- Diagrama de causa-efeito do damping	41
Figura 24- Corrediças para tabuleiros	44
Figura 25- Tubos.....	44
Figura 26- Carrinho de auxílio	44
Figura 27- Evolução do bordo de linha	45
Figura 28- Blister da colagem do knob.....	46
Figura 29- Blister da lower part- Poka-yoke.....	47



Figura 30- Processo antes (lado esquerdo) e após a adição do ninho externo da OP280 (lado direito).....	48
Figura 31- OP 280 após externalização	49
Figura 32-Processo antes (lado esquerdo) e após a adição do ninho externo da OP290 (lado direito).....	50
Figura 33- OP290 após externalização	51
Figura 34- Material removido do shop floor	51
Figura 35- Plano de manutenção autónoma.....	52
Figura 36-Localização dos utensílios de limpeza.....	53
Figura 37-Avisos afixados	54
Figura 38- Instruções de trabalho	55
Figura 39- Identificação das embalagens de componentes críticos	56
Figura 40- Alerta luminoso para paragens por falta de material.....	56
Figura 41- Plano de modificação de layout.....	61
Figura 42 - Flutuação da produção e do First Pass Yield	63
Figura 43- Áreas sinalizadas	63
Figura 44- Novo fluxo da área de Recuperação	66
Figura 45- Processo antes (lado esquerdo) e após a adição do ninho externo da OP60 (lado direito).....	68
Figura 46- OP 60 após implementação do ninho externo	69
Figura 47- Processo antes (lado esquerdo) e após a adição do ninho externo da OP200 (lado direito).....	70
Figura 48- OP200 após implementação do ninho externo	70
Figura 49- Bordo de linha das molas	71
Figura 50- Máscara para guiamento das molas	71
Figura 51- Quadro de produção	72
Figura 52- Estrutura do cartão de produção branco.....	74
Figura 53- Estrutura do cartão de produção laranja.....	74
Figura 54- Disposição inicial da informação da reunião de equipa	77
Figura 55- Disposição da informação da reunião de equipa após implementação de ações de melhoria	78
Figura 56- Evolução do output e do FPY ao longo do desenvolvimento do projeto	82



Figura 57- Evolução da produtividade ao longo do projeto	83
Figura 58- BL 02.....	108
Figura 59- BL 40/50	108
Figura 60- BL 100.....	108
Figura 61- BL 60B/70ª	109
Figura 62- BL 70B.....	109
Figura 63- BL 80.....	109
Figura 64- BL CAP'S	109
Figura 65- BL 265.....	110
Figura 66- BL 270.....	110
Figura 67- BL 280.....	110
Figura 68- BL 290.....	110
Figura 69- Blister montagem de Knob.....	111
Figura 70- Blister Knob Colagem	112
Figura 71- Blister Lower Part.....	112
Figura 72- Blister Slider	112
Figura 73- Layout antes da duplicação – área 3.....	113
Figura 74- Layout após duplicação - área 3.....	114
Figura 75- Layout antes duplicação - área 4	115
Figura 76- Layout após duplicação - área 4.....	115
Figura 77- Power BI- Associação da estação do EOL ao trabalho de Recuperação.....	119
Figura 78- Power BI -Conjunto de gráficos.....	120



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Matriz 6W2H para análise dos riscos do knob	36
Tabela 2- Custos que derivam dos riscos no knob high gloss	38
Tabela 3- Custos de colocação de película no knob high gloss.....	38
Tabela 4- Operadores no estado inicial	59
Tabela 5- Número de operadores necessários para as operações críticas.....	60
Tabela 6- Plano de novos operários	60
Tabela 7- Necessidades de componentes e objetivo por turno para criação se stock de segurança (SS)	62



LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BZM	<i>Bedien Zentral Mitto Console</i>
BMW	<i>Bayerische Motoren Werke</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
LT	<i>Lead Time</i>
WIP	<i>Work in Progress</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
EOL	<i>End Of Line</i>
Auto	<i>Automatic</i>
SWK	<i>Swarovski</i>
OP	Operação
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
BL	Bordo de Linha
FPY	<i>First Pass Yield</i>
SST	<i>Start Stop</i>
ESD	<i>Electrostatic Discharge</i>
EPI	Equipamento de proteção individual
KW	<i>Kalenderwoche</i>
SS	<i>Stock de Segurança</i>



1 INTRODUÇÃO

O intuito deste capítulo é fazer uma introdução ao projeto desenvolvido, começando por um enquadramento onde é apresentado o seu contexto e a necessidade do seu desenvolvimento, passando posteriormente para a definição dos seus objetivos e a metodologia utilizada para os atingir. De seguida encontra-se o cronograma que apresenta, em termos temporais, a sequência das tarefas a serem executadas e por fim é exposta a organização do presente relatório.

1.1 Enquadramento

Com a alta competitividade existente no mercado atual, imposta pelo grande nível de concorrência, as organizações são pressionadas diariamente pelas exigências do cliente, relacionadas com a qualidade do produto, a capacidade que têm de garantir para responder à procura e simultaneamente produzir ao mais baixo custo (Al Amin & Karim, 2013).

A indústria automóvel é um dos exemplos que personifica esta situação, sendo até um dos mercados onde a competitividade e a imposição dos requisitos dos clientes mais se faz sentir. Devido a isso é fundamental a aplicação diária de metodologias de melhoria contínua de forma a originar um aumento do *output*, conjugado preferencialmente com uma redução dos custos produtivos, possibilitando assim a obtenção de um alto grau de competitividade, modernidade e qualidade, de modo a assegurarem a sobrevivência e o crescimento.

Face ao ambiente sentido nesta indústria, aliado com o aumento da procura do cliente, surge a necessidade da Preh Portugal aprimorar e duplicar uma das suas linhas de produção para a BMW, dando assim origem à necessidade do desenvolvimento deste projeto.

Na resposta às exigências do trabalho a desenvolver enquadra-se o conceito de *Lean Thinking*, que teve origem depois da segunda guerra mundial na indústria automóvel japonesa com o nome de *Toyota Production System* (Ohno, 1988). Desde da publicação do livro “*The machine that changed the world*” o *Lean Production* é definido como um sistema inovador, por fazer mais com menos quando comparado com os sistemas produtivos tradicionais (Womack, Jones, & Ross, 1990). Esta filosofia traduz-se num pensamento vocacionado para a eliminação do desperdício e melhoria contínua, conjugado com métodos e técnicas inovadoras que permitem a otimização de processos e a melhoria da organização do posto de trabalho.



Após a identificação dos aspetos a serem melhorados, segue-se o emprego do *Lean Thinking*, que é alcançado através da utilização de diversas ferramentas e metodologias. No entanto, antes de se iniciar a sua aplicação, é importante que haja uma mudança cultural que envolva todas as pessoas da organização, de preferência a começar pela gestão de topo, sendo aí que as práticas de trabalho têm de começar a ser alteradas para, posteriormente, atingirem os níveis inferiores até chegarem aos colaboradores, de forma a transmitir a ideia de que com a implementação destas ferramentas e técnicas todos ganham. Uma das medidas mais simples para os consciencializar disso é com a formação e treino (Pinto, 2006).

Desde da sua criação esta filosofia tem-se globalizado e é aplicada em diversas áreas da economia, tornando-se cada vez mais evidente que a incorporação dos seus métodos, técnicas e filosofias resultam num aumento da eficiência e da produtividade.

1.2 Objetivos

O desenvolvimento desta dissertação prende-se em dois objetivos principais, sendo o primeiro a necessidade de melhorar a linha inicialmente em funcionamento, com o intuito de aumentar a produção em cerca de 65% de forma a chegar a um output de 8000 unidades semanais, para isso será necessário:

- Melhorar as condições de trabalho;
- Reduzir desperdícios;
- Melhorar a qualidade dos produtos;
- Reduzir WIP (*Work in Process*);
- Aprimorar o fluxo de materiais e o seu abastecimento, de forma a reduzir o tempo de *set-up* e as paragens da linha de montagem;
- Aumentar a produtividade.

Aplicadas todas as melhorias pretendidas, irá partir-se para o cumprimento do segundo objetivo, que consiste na duplicação da linha existente, e previamente melhorada, de forma a corresponder às encomendas do cliente e atingir assim o target das 16000 unidades semanais.

Após a instalação das duas linhas, e visto que é sempre possível melhorar, perspetiva-se a realização e implementação de ações de melhoria, que permitam aperfeiçoar todo o sistema de montagem do projeto BMW-BZM, dando assim continuidade ao trabalho desenvolvido



com a linha inicial, mantendo sempre o mesmo modo de pensamento e os mesmos objetivos, que culminam num aumento do *output* e da produtividade do sistema.

1.3 Metodologia de investigação

Como mencionado anteriormente, o nascimento do projeto, que dá a definição ao tema do trabalho que neste documento se descreve, partiu da necessidade da Preh aumentar o *output* da linha de montagem BMW-BZM Auto, e desta forma corresponder às necessidades do cliente.

A realização da dissertação será baseada na metodologia investigação-ação, visto que o investigador e os trabalhadores estarão envolvidos, havendo assim um ambiente colaborativo entre ambos. Esta metodologia tem 4 etapas de realização: diagnóstico, planeamento de ações, implementação e por fim avaliação e discussão de resultados (Saunders et al., 2009).

O horizonte temporal da investigação será longitudinal, visto tratar-se do estudo do mesmo caso ao longo de um período de tempo. Já no que diz respeito aos métodos de investigação serão utilizados essencialmente a observação e a análise qualitativa e quantitativa, para a obtenção e análise de dados.

Para atingir os objetivos do projeto, e de forma a seguir as etapas da metodologia investigação-ação, irá começar-se por **diagnosticar** as dificuldades existentes na linha já em funcionamento que constituem uma barreira para o aumento do *output*, como é o caso dos problemas de qualidade e a necessidade de melhorar o fluxo e o processo de abastecimento de materiais. Esta fase será acompanhada pela realização de uma pesquisa bibliográfica, recorrendo a fontes de informação secundárias e primárias, de forma a adquirir novos conhecimentos acerca dos tópicos necessários para o desenvolvimento do estudo.

Numa segunda etapa, carece-se de um **planeamento** da duplicação da linha de montagem, através da replicação dos equipamentos e dos processos aplicando o conceito *lessons learned*. Neste período será necessário a definição de um *layout* eficiente, que minimize as movimentações de materiais e de recursos humanos. Após a finalização do plano de localização dos equipamentos segue-se um planeamento das mudanças necessárias para a sua execução, assim como os recursos humanos que serão essenciais para o pleno funcionamento da linha adicional.



No entanto, para suportar a produção dos dias em que irão decorrer as mudanças físicas dos subgrupos, será necessário a criação de um *stock* de segurança de modo a garantir a continuidade da produção da linha de montagem.

Após a **implementação** da segunda linha e de todas as alterações anteriormente planeadas, serão aplicadas melhorias de forma a aprimorar continuamente o trabalho já desenvolvido.

Para a execução de grande parte destas tarefas serão tomadas como base e auxílio os princípios e algumas ferramentas da filosofia *Lean*, como por exemplo o pensamento de melhoria contínua acompanhado por uma *standardização* adequada, Gestão Visual, 5W2H, entre outros. Por fim será realizada uma **avaliação e discussão de resultados**.

1.4 Calendarização

Para a elaboração bem-sucedida deste projeto é essencial uma clara definição das tarefas a realizar, sendo elas:

1. Conhecer a empresa, os produtos produzidos e os processos utilizados;
2. Formulação da Proposta;
3. Revisão bibliográfica;
4. Estabilização e melhoria do funcionamento da linha atual;
 - a. Estudo dos problemas de qualidade do produto, de forma a proceder a alterações que permitam a resolução dos mesmos;
 - b. Organização do fluxo de materiais e melhoria do abastecimento da linha;
 - c. Melhoria do tempo de ciclo de algumas estações de trabalho;
 - d. Limpeza e organização da linha de montagem.
5. Preparação e implementação da duplicação da linha de montagem;
 - a. Definição de um *layout* eficiente;
 - b. Planeamento temporal das mudanças de equipamentos;
 - c. Planeamento dos recursos humanos necessários e planificação do tempo indispensável para o treino dos novos operadores;
 - d. Definição e preparação de um *Stock* de Segurança para suportar o plano de produção durante a execução da mudança dos equipamentos;
6. Análise e melhoria da linha de montagem final;
7. Escrita e revisão da dissertação.



Definida toda a metodologia e todos os passos a seguir para o desenvolvimento de um projeto que cumpra todos os objetivos a que se propõe, segue-se uma previsão temporal de todas as tarefas, que se encontra apresentada no cronograma presente na Figura 1.

Atividade	Ano		2018				2019					
	Mês		Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
1. Conhecer a empresa, os produtos produzidos e os processos utilizados												
2. Formulação da Proposta												
3. Revisão bibliográfica												
4. Estabilização e melhoria do funcionamento da linha atual												
5. Preparação e implementação da duplicação da linha de montagem												
6. Análise e melhoria da linha de montagem final												
7. Escrita e revisão da dissertação												

Figura 1- Cronograma do projeto

1.5 Organização do relatório

A presente dissertação encontra-se dividida em 9 partes, sendo que, no Capítulo 1, denominado de introdução, é feita uma contextualização do projeto desenvolvido, os objetivos que se pretendem obter com a execução do mesmo e a respetiva calendarização, assim como a presente organização do relatório.

No capítulo 2, cognominado de Enquadramento Teórico, são apresentados conceitos que servirão de base e que serão abordados ao longo do desenvolvimento prático do projeto.

No capítulo 3, denominado de Sistema em Estudo, é realizada a apresentação do sistema, caracterizado pela tipologia de empresa, de produto e de constituintes da linha de montagem.

No capítulo 4, são apresentadas as ações de melhoria tomadas para melhorar a linha de montagem antes de se realizar a sua duplicação.

No capítulo 5, apelidado de Duplicação da linha de montagem, são expostos todos os preparativos e planeamentos que irão permitir uma implementação bem-sucedida.

No capítulo 6, são referidas todas as medidas tomadas para a melhoria tanto da linha inicial como da duplicação já instalada e em funcionamento.

No capítulo 7, são descritas as formas de organização e as metodologias de passagem de informação da equipa que apoiou a melhoria de todo o sistema.

No capítulo 8, são relatados todos os resultados obtidos com as ações implementadas.

Por fim, no capítulo 9 tecem-se as considerações finais e é sugerido o trabalho futuro a ser realizado.



2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

No presente capítulo será realizada uma revisão bibliográfica sobre os temas que serão abordados ao longo da dissertação, de forma a servir de base teórica para o desenvolvimento das diversas ações do projeto.

Essencialmente irá debruçar-se sobre a metodologia *lean* e algumas das suas ferramentas, assim como conceitos de abastecimento à linha, ferramentas de gestão de qualidade e linhas e células de montagem.

2.1 Abordagem *Lean*

Após a primeira guerra mundial, e de forma a sobreviver no mercado pós-guerra, a Ford inovou no método de produção, passando de uma produção artesanal para a produção em massa. Levados pelos mesmos motivos, e por um mercado em que se exigia grande variedade de produtos com qualidade assegurada a custos reduzidos, após a segunda grande guerra a Toyota, como base nos conceitos já desenvolvidos pela Ford, cria o seu próprio sistema de produção automobilista, usando metodologias inovadoras que permitem aumentar a produtividade e reduzir os custos através da eliminação de todos os tipos de desperdícios, surgindo assim o *Toyota Production System* (TPS).

O TPS surgiu da viagem de Eijii Toyoda até aos Estados Unidos para analisar o modelo de produção aí implementado, com o objetivo de encontrar algumas metodologias de trabalho que pudesse trazer para o mercado Japonês, lá verificou que o método de produção se encontrava estagnado, sem grandes evoluções, e que inclusive apresentava alguns aspetos que podiam ser melhorados. Após o seu regresso ao Japão, atribuiu a função de colocar a produtividade da Toyota ao nível da Ford a Taiichi Ohno, que já tinha conhecimento de como funcionava o sistema produtivo da Ford, e com base nele começou a desenvolver um sistema para a Toyota.

Mais tarde o conceito de *Toyota Production System* deu lugar à filosofia *Lean*, cuja designação foi introduzida primeiramente por Womack, com o intuito de descrever a metodologia e práticas de trabalho dos fabricantes de automóveis Japoneses. Esta filosofia é orientada para a melhoria dos processos de forma contínua, concentrando-se nos métodos e meios para a



obtenção deste fim, sendo então o seu principal objetivo a eliminação de todos os desperdícios.

Para atingir este ideal o pensamento *Lean* conta com uma estrutura denominada por “Casa Lean”, desenvolvida por Taiichi Ohno e representada na Figura 2, que aglomera todos os aspetos a ter em conta e a serem aplicados aquando da utilização da filosofia (Liker, 2004). A base da casa é composta pela produção nivelada, processos estáveis e padronizados, elevada gestão visual e conhecimento da filosofia Toyota. No seu interior situam-se as pessoas e as equipas de trabalho bem como a redução de desperdícios. O telhado, onde estão representados os objetivos do TPS, assenta em dois pilares fundamentais da filosofia, o *Just In Time* (JIT) e o *Jidoka*.

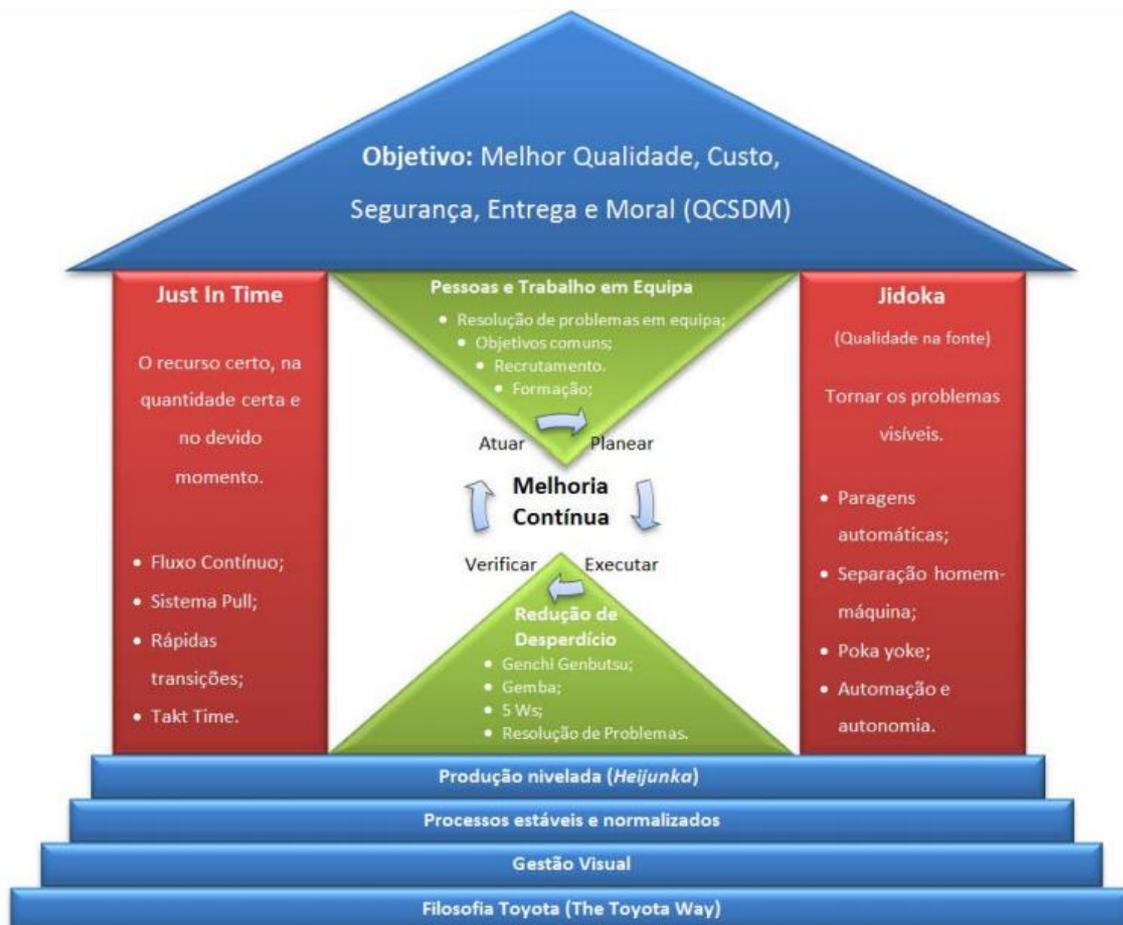


Figura 2- Casa Lean (adaptado Liker, 2004)

2.1.1 Princípios Lean

Devido à constante evolução dos mercados e ao crescente nível de competitividade, o ciclo de vida dos produtos tende a ser cada vez menor, sendo por isso de extrema importância que as



organizações centrem os seus esforços na redução dos seus custos, constituindo esta a principal estratégia para aumentar os seus lucros.

Womack e Jones (1996) analisaram várias implementações de melhoria influenciadas pelo TPS, acabando por identificar 5 causas essenciais das mesmas que foram denominadas de princípios *Lean Thinking*, sendo eles:

1. Identificar o Valor – Consiste nas características do produto pelas quais o cliente está disposto a pagar, são essas particularidades que fazem a diferença no momento da decisão de compra. Quanto maior o valor percebido pelo cliente maior será a satisfação do mesmo e deste modo a fidelidade será crescente, logo as empresas devem identificar as características que são valorizadas e considerar que tudo o que o cliente não está disposto a pagar é um desperdício (Hines et al., 2010).

É importante ter em atenção a mudança constante do mercado, por isso, são essenciais estudos frequentes a fim de ajustar o produto às necessidades em evolução dos clientes.

2. Identificar Cadeia de Valor – Reconhecer as diferentes atividades para o fabrico do produto, sendo que estas, tendo em conta a perspetiva do cliente, podem ser divididas em três categorias:
 - a. Atividades que acrescentam valor;
 - b. Atividades que não acrescentam valor, porém são fundamentais para a realização dos processos e para garantir qualidade;
 - c. Atividades que não agregam valor ao produto, denominadas por desperdícios, que devem ser eliminadas da cadeia de valor, reduzindo automaticamente os custos do processo.
3. Estabelecer o Fluxo Contínuo – Após a identificação das tarefas que agregam valor na perspetiva do cliente, é necessário criar um fluxo contínuo sem interrupções. O resultado da implementação deste princípio centra-se na redução dos tempos de conceção dos produtos, permitindo à empresa dar uma resposta mais rápida e eficaz às necessidades do mercado, sem precisar de um grande nível de *stocks* (Pinto, 2008).
4. Produção *Pull* – Fabricar o produto apenas quando o cliente o pretender, e desta forma, reduzir ao máximo os *stocks*. Denomina-se produção puxada visto que a inicialização da produção é despoletada pela ordem do cliente.



5. Obter a Perfeição – é a busca pela melhoria contínua, também conhecida por *Kaizen*, dos processos, pessoas, produtos, e de todos os fatores que envolvem a conceção do produto final. Para isso é necessário focar todos os esforços da empresa na busca da perfeição, procurando a eliminação de desperdícios e promovendo a criação de valor.

Com uma correta implementação dos 5 princípios descritos, é possível atingir um alto nível de produção aliado a uma redução substancial dos custos inerentes à mesma, atingindo assim o objetivo do pensamento *Lean*.

2.1.2 Desperdícios *Lean*

Como referido anteriormente, os desperdícios são todas as atividades que utilizam recursos, mas que não contribuem para aumentar o valor do produto vendido na perspetiva do cliente, e por isso devem ser eliminadas, sendo apenas mantidos os processos que fazem com que o produto contenha os aspetos e características valorizadas pelo cliente.

De acordo com Ohno (1988), podem existir 7 tipos de desperdícios distintos sendo estes:

1. Defeitos – É entendido como defeito todos os produtos que não estão de acordo com a especificações do cliente, sendo este um dos desperdícios mais usuais. Eles surgem de problemas internos de qualidade, o que automaticamente implicam retrabalho para recuperação de material, ou simplesmente a repetição de todo o trabalho anteriormente executado. Este desperdício está na origem de vários tipos de perdas monetárias devido ao custo dos materiais, de mão-de-obra, maquinaria, movimentações e transportes desnecessários, armazenamento, entre outros, assim como à perda do próprio cliente.

Para se evitar a ocorrência deste tipo de desperdício, deve-se focalizar na melhoria da qualidade do produto/serviço, elaborar instruções de trabalho adequadas e ter um bom controlo interno de qualidade.

2. Excesso de inventário- Os *stocks* de matéria-prima, produto acabado e em processamento, implicam grandes custos que derivam de todos os recursos envolvidos no seu armazenamento, resultantes do excesso de movimentação, da ocupação desnecessária de armazém, da ocorrência de problemas de qualidade e ainda a existência de produtos desatualizados que não têm saída para o mercado.



Isto por vezes também oculta outros problemas da organização, tais como, elevados tempos de *set-up*, retrabalhos, atrasos nas entregas, avarias dos equipamentos, entre outros.

3. Produção em excesso- O excesso de produção implica o consumo antecipado de matérias-primas, a ocupação desnecessária do armazém, a indevida ocupação de meios de transporte e o excessivo *stock* e mão-de-obra para controlar.

De forma a evitar o excesso de produção, deve-se criar apenas o estritamente necessário, com a antecipação e nos tempos necessários.

4. Sobre processamento- Pode ter origem em instruções de trabalho pouco claras, requisitos de clientes não definidos ou pouco específicos ou de especificações excessivas provenientes do departamento da qualidade.

Para se minimizar o efeito deste tipo de desperdício deve-se apostar na padronização do trabalho através, por exemplo, da elaboração de instruções de trabalho claras e procurar conhecer e transmitir os requisitos do cliente devidamente. As especificações de qualidade devem-se cingir apenas às estritamente necessárias.

5. Esperas- Ocorre quando os recursos, e entenda-se recursos humanos ou equipamentos, são obrigados a estar inativos devido a atrasos na chegada de materiais ou de informações.

As causas mais comuns são o mau balanceamento de linhas, mau agendamento de máquinas para produção, falta ou atraso de material, entre outros.

6. Deslocações desnecessárias- Refere-se à ocorrência de movimentos desnecessários do corpo ao executar uma tarefa. Estas movimentações podem derivar de *layouts* mal estruturados ou da desorganização do espaço de trabalho.

7. Transportes- Estes tipos de desperdícios englobam movimentações para o transporte de matérias-primas, produtos acabados ou em processamento, sendo que na sua origem podem estar a conceção deficiente do layout da fábrica, local de trabalho desorganizado, fornecedores longe do local de produção, ...

Estes 7 pontos devem ser vistos, num sistema de produção, como suporte para a identificação de aspetos de melhoria e aproveitamento dos recursos. Adicionalmente, foi considerado um oitavo desperdício denominado de “não aproveitamento do potencial humano”, que está



associado, como o próprio nome indica, à falta de aproveitamento das capacidades dos recursos internos (Liker, 2004).

Após a identificação dos aspetos a serem melhorados segue-se o emprego do *Lean Thinking*, que é alcançado através da utilização de diversas ferramentas e metodologias.

2.2 Ferramentas de *Lean Manufacturing*

Para auxiliar a aplicação desta filosofia, existem ferramentas e técnicas que vão ajudar na eliminação do desperdício e no aumento da produtividade, sendo algumas delas apresentadas neste capítulo.

2.2.1 Kaizen

Esta metodologia, ou filosofia como é considerada por muitos autores, é um dos pilares da casa Lean, como referido anteriormente, e traduz-se do japonês como melhoria contínua. De facto, *Kaizen* refere-se às práticas que contribuem para a melhoria dos processos, envolvendo a participação de toda a hierarquia da organização, desde dos operadores à gestão de topo, e foca-se essencialmente em três regras básicas: a limpeza, a normalização do trabalho e a eliminação dos desperdícios (Thomaz, 2015).

Como o próprio termo indica, esta ferramenta procura eliminar, de forma contínua e gradual, os desperdícios e todas as atividades sem valor acrescentado para o cliente, com o intuito de aumentar a produtividade sempre com o objetivo final de alcançar um alto nível competitivo. Segundo Imai (1986), *Kaizen* não é uma metodologia que age de forma independente, mas sim uma técnica que engloba todas as ferramentas de melhoria e faz a ligação entre elas, sendo por isso vulgarmente representada como um guarda-chuva que abarca todas as técnicas, tirando o máximo proveito do que cada uma pode oferecer (Figura 3).



Figura 3- Guarda-chuva Kaizen (Imai,1986)

O *Kaizen* pretende ser uma forma de procurar continuamente melhorias sem ser necessário recorrer a grandes investimentos financeiros, mas sim à colaboração dos operadores motivados. A implementação desta metodologia é um processo demorado e não é simples, no entanto, os benefícios que pode trazer são indiscutíveis, tendo-se revelado serem grandes e duradouros (Ortiz, 2006).

O *Kaizen* é apoiado pelo ciclo PDCA, que é composto por 4 fases, tal como se pode ver na Figura 4, sendo elas:

- *Plan* (planear), estabelecem-se os objetivos e as metas a alcançar e seleciona-se o plano de melhoria que vai ser posto em prática;
- *Do* (fazer), põem-se em prática as atividades que constavam do plano de melhoria;
- *Check* (verificar) verifica-se se os resultados obtidos estão de acordo com os resultados esperados;
- *Act* (atuar) fazem-se as correções necessárias para quando se iniciar um novo ciclo se possa fazer um novo plano sem se recair nos mesmos erros.



4.º Ajustar

5. Se as contramedidas forem eficazes: uniformizar;
6. Partilhar e registar as lições aprendidas;
7. Se as contramedidas não forem eficazes: recomeçar do *Plan*.

3.º Verificar

8. Comparar os resultados com o planeado;
9. Determinar os desvios e perceber a sua origem;
10. Procurar perceber o que correu bem e mal;
11. Enfrentar os factos;



1.º Planear

1. Definir objectivamente o problema;
2. Definir o *background* e o contexto para que todos possam ter uma base de entendimento comum;
3. Realizar a análise *5W* para identificar as causas;
4. Realizar *brainstorming* de contramedidas e criar hipóteses para as testar;

2.º Fazer

5. Aplicar o método científico para testar as hipóteses;
6. Em vez de esperar pela solução perfeita, avançar com pequenas iniciativas que resultem em *quick-wins*;
7. Reunir factos baseados na observação directa;

Figura 4- Ciclo PDCA (adaptado Pinto, 2014)

De ressaltar que a implementação de um ciclo PDCA deve ser sempre seguida pela standardização das melhorias implementadas, de forma a que todos os colaboradores executem as tarefas seguindo os mesmos procedimentos, obtendo assim os mesmos resultados com o mesmo tempo de execução (Pinto, 2008).

Através da utilização de *Standart Work* o processo de melhoria contínua é mais facilitado, visto que é mais simples avaliar e melhorar um conjunto de tarefas que são realizadas de forma organizada e esquematizada do que operações feitas de forma aleatória, contribuindo assim para um processo de melhoria mais eficaz.

Pinto (2014) identifica os três elementos principais do *Standart Work*:

- Tempo de ciclo – expressa a frequência com que uma peça deve sair da linha, ou, por outras palavras, é o intervalo de tempo entre a conclusão de dois produtos;
- Sequência de produção – conjunto de operações executadas pelo operário, segundo uma ordem predefinida, que permite a repetição do ciclo de forma consistente ao longo do tempo. Assim evita-se que o operador execute aleatoriamente as suas tarefas, reduzindo flutuações no tempo de ciclo de um produto;
- Nível WIP – quantidade mínima de peças em circulação que garante o fluxo constante de produção, quando o processo está a decorrer sem nenhuma variabilidade.

O processo de standardização é vulgarmente dividido em 3 etapas centrais:

1. Definir as melhores sequências de trabalho a executar, tendo em conta a opinião dos colaboradores e as condições de trabalho;



2. Documentar todas as atividades que proporcionaram uma melhor forma de executar o trabalho;
3. Distribuir os documentos pelos colaboradores e postos de trabalho adjacentes, e simultaneamente sensibilizar e formar os operadores para a importância de execução das tarefas de acordo com o padrão definido no documento.

A aplicação de *Kaizen*, apoiado pelo ciclo PDCA, seguido pela standardização das melhorias efetuadas, deve ser aplicado ciclicamente de forma a que diariamente seja perseguido o objetivo máximo desta metodologia - alcançar a perfeição ao melhorar continuamente.

2.2.2 *Just In Time*

Esta metodologia determina que tudo deve ser comprado, transportado ou produzido no momento necessário e nas quantidades necessárias, baseando-se então num sistema de produção puxada (*Pull System*), onde todo o processo é despoletado pelo cliente, sendo este o posto de produção seguinte ou o cliente final, e onde o fluxo de informação é paralelo ao fluxo de material mas no sentido oposto, ou seja, o fluxo de informação inicia-se no cliente final e percorre todo o processo produtivo até chegar ao fornecedor primário, enquanto que o material parte do fornecedor primário até ao cliente final.

O *Pull System* contrasta com o sistema de produção empurrada (*Push System*), onde a produção é despoletada no início do processo e empurrada até ao cliente final.

O *Just In Time* defende o conceito de *One Piece Flow*, onde cada posto de trabalho processa apenas uma peça de cada vez e pouco antes do posto seguinte necessitar dela, sendo o objetivo eliminar totalmente o WIP (*Work In Process*, em português, produtos em processo de fabrico).

No entanto existem alguns aspetos que devem ser tomados em conta antes da aplicação desta metodologia (Correa et al.,1993):

- É necessário haver uma procura estável;
- No caso de haver alguma interrupção numa parte do processo, causada por exemplo por uma avaria, este será obrigado a parar visto que o stock de WIP é reduzido;
- Caso haja interrupções administrativas, como greves, as encomendas para o cliente podem ser colocadas em causa, visto que o stock de produto acabado é bastante reduzido.

A aplicação desta ferramenta é fundamental para atingir uma produção *Lean*, já que permite:



- Redução de inventário;
- Libertação de espaço;
- Redução de movimentações;
- Entre outros.

2.2.3 *Jidoka*

O termo japonês *Jidoka* consiste na autonomação dos equipamentos, de forma a possibilitar um maior rendimento e controlo dos processos, podendo ser definido como “automação com um toque humano” (Hinckley, 2007). Esta ferramenta permite que as máquinas e os trabalhadores parem o processo assim que detetam uma anomalia, possibilitando desta forma uma deteção imediata dos problemas, nomeadamente de qualidade, de maneira a evitar que produto defeituoso chegue ao fim do processo e necessite de ser reparado (Silveira & Coutinho, 2008). O *Jidoka* permite também que o operador não esteja apenas alocado a uma máquina, podendo assim desempenhar outro tipo de funções ou supervisionar um conjunto alargado de equipamentos, possibilitando a eliminação de custos desnecessários. No entanto este conceito não se aplica apenas às máquinas, mas também a linhas de produção manual, neste caso o operador tem a liberdade de interromper a produção caso detete alguma irregularidade com o produto. Uma das técnicas utilizadas na aplicação do *Jidoka* é o *Poka-yoke*, que serve para prevenir os erros de forma física. *Poka-yoke* é um sistema anti erro com o objetivo de evitar a ocorrência de defeitos em processos produtivos (Carlage & Davanso, 2001). Para isso este mecanismo baseia-se na remoção da causa do defeito ou, caso isto seja impossível, na inspeção, simples e sem grandes custos, de forma a pará-lo o quanto antes no decorrer do processo (Fisher, 1999).

Segundo Shingo (1986), os erros não podem ser evitados, já que as pessoas não se conseguem manter sempre totalmente concentradas e proceder permanentemente conforme as instruções de trabalho, no entanto os defeitos são apenas a permissão que um erro chegue ao cliente, o *Poka-yoke* pretende controlar essa passagem de forma automática e sem dependência do ser humano.

2.2.4 Gestão Visual

Os olhos conseguem absorver muita informação, de forma rápida, desde que esta lhe seja fornecida de forma adequada, e aqui enquadra-se a gestão visual, que tem como objetivo



primordial permitir, de forma simples e intuitiva, que toda a organização tenha conhecimento da situação dos processos (Pinto, 2014).

Apesar do nome, esta ferramenta não engloba apenas elementos visuais, podendo também ser utilizados sistemas sonoros para dar indicações de diversas situações. A gestão visual é vulgarmente utilizada para (Thomaz, 2015):

- Fornecer indicações de segurança ou de qualidade, o que simplifica a prevenção e identificação de anomalias;
- Indicar avaria de equipamentos ou faltas de material;
- Dar informação sobre os procedimentos de trabalho para a realização de tarefas, desde a ordem sequencial das mesmas até ao tipo de ferramentas utilizadas.

No *Gemba* (local físico onde é executado o processo), podem ser aplicados vários sinais visuais como é o caso:

- Das marcas horizontais no chão, para sinalizar corredores, locais para colocação de produtos, entre outros;
- *Andon*, que são vulgarmente utilizados para sinalizar o estado de um equipamento, ou para dar a conhecer, em tempo real, os principais indicadores do processo;
- Caixas *Heijunka*, que auxiliam o nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período de tempo definido, e é onde se colocam os *Kanbans* de transporte. Tem uma forma semelhante a uma tabela, onde as linhas, representam os tipos de produto e as colunas, o tempo. No entanto, é possível encontrar a caixa *Heijunka* desenhada noutra disposição. Este objeto, representado na Figura 5, auxilia a aplicação da ferramenta *Heijunka* que tem como objetivo nivelar a produção através da correta sequência de produtos a serem produzidos, todo isto com o intuito de eliminar os *Bottleneck* (gargalos do processo), de forma a trazer estabilidade.
- *Kanban*

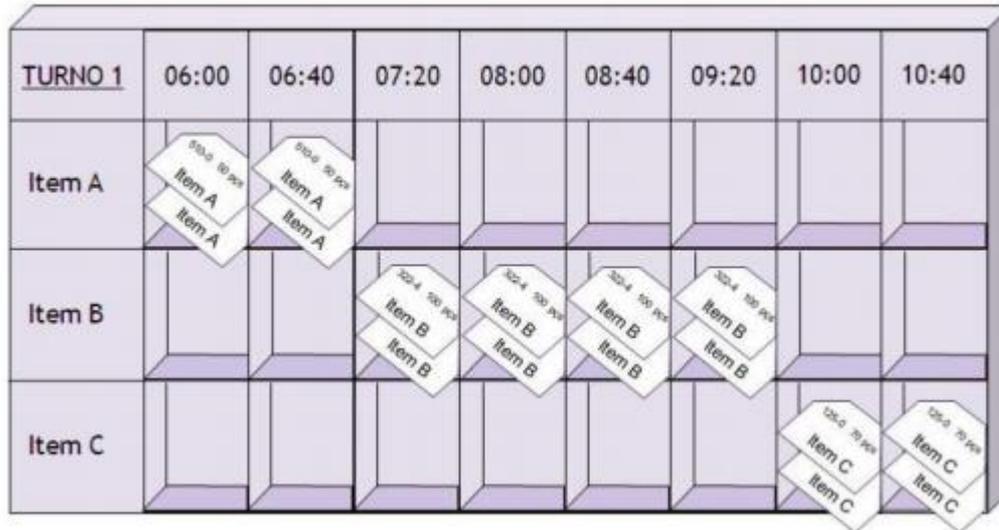


Figura 5- Caixa Heijunka (Araújo,2009)

2.2.5 Tempo de ciclo e *takt-time*

De maneira a quantificar os benefícios obtidos são tomados como auxílio alguns parâmetros, sendo eles (Roldão & Ribeiro, 2007):

- *Takt-time* – Este parâmetro traduz vulgarmente as necessidades do cliente, que consequentemente irá dar o ritmo da produção, ou seja, quando o cliente aumenta as encomendas o *Takt-time* da produção deve diminuir de forma a corresponder aos pedidos do mesmo.

Assim sendo o *Takt-time* é dado pela equação 1, que se traduz na divisão do tempo disponível para trabalho pelo *output* (produtos que saem da linha).

$$Takt_time = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível}}{\text{Output}} \quad (1)$$

- Tempo ciclo – é uma característica vulgarmente atribuída a cada equipamento, que corresponde ao tempo entre a produção de dois componentes sucessivos. É com base neste critério que se define o *Bottleneck* do processo, que corresponde á atividade com maior tempo de processamento.
- Lead time – é o tempo que decorre desde do início de uma atividade até ao seu termino, ou seja, é a soma do tempo de processamento.



2.2.6 OEE

O termo inglês *Overall Equipment Effectiveness* e abreviado vulgarmente para OEE, é uma ferramenta que possibilita a monitorização do estado da linha de forma a identificar os pontos onde existem perdas que impediram que a produção fosse igual ou superior à pretendida. Normalmente, para isso são analisados 3 indicadores (Ahuja & Khamba, 2008):

- Qualidade - é influenciada pelos produtos que não cumprem os requisitos mínimos para serem enviados para o cliente. Estes defeitos de qualidade podem ser originados por erros do operador, problemas com as máquinas, defeitos de matéria-prima, entre outros. Este indicador resulta da equação 2.

$$Qualidade = \frac{Produto\ conforme}{Produto\ conforme + Produto\ não\ conforme} \quad (2)$$

- Disponibilidade - normalmente as perdas de disponibilidade provem de avarias nos equipamentos, *set-up* e ajustamentos, entre outros. No entanto todas as paragens programadas, como é o caso de manutenção autónoma e refeições não entram para este indicador, que resulta da equação 3.

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ de\ produção}{Tempo\ total\ disponível} \quad (3)$$

Onde:

Tempo total disponível = tempo do turno – Paragem de almoço – Outras paragens programadas

Tempo de produção = Tempo total disponível – *set-ups* – avarias prolongadas

- Produtividade- Traduz-se na equação 4.

$$Produtividade = \frac{Produto\ conforme + Produto\ não\ conforme}{Tempo\ total\ disponível} \quad (4)$$

2.3 Abastecimento de materiais à linha

No desenvolvimento da presente dissertação são utilizados alguns conceitos relativos ao abastecimento de materiais à linha, que serão apresentados neste capítulo.



2.3.1 Supermercado

Vulgarmente os grandes volumes de componentes necessários para a produção encontram-se no armazém, no entanto, em alguns casos, poderão existir áreas de armazenamento de menor dimensão dispersas pela área de produção de forma a facilitar o fluxo logístico.

Pode-se então definir supermercado como sendo uma área de armazenamento, estrategicamente localizada, de forma a abastecer os bordos de linha de maneira rápida e simples, e assim aumentar a eficiência de todo o processo de *picking*. De maneira a atingir esta finalidade, o supermercado deve ter as seguintes características:

- Contentores pequenos;
- Permitir uma gestão simples e visual;
- Assegurar FIFO;
- Facilitar o acesso ao *picking*.

2.3.2 *Mizusumashi*

O abastecimento às linhas de produção pode ser executado de duas maneiras, pelo método tradicional, na qual o transporte de materiais é realizado por operadores que utilizam empilhadores, porta-paletes ou carros de transporte sempre que há necessidade de materiais nas linhas de montagem, sendo que este método provoca desordem para o motorista, pois este tem de memorizar qual atividade a fazer, devido à inexistência de uma sequência nas operações (Freire, 2008). Para além da forma tradicional, existe também o abastecimento utilizando um *Mizusumashi*.

O *Mizusumashi*, ou comboio logístico, tem como principal função disponibilizar o material aos operadores na quantidade necessária e quando necessário, em tempos de ciclos fixos e pontos de paragem obrigatórios e também transportar nos trajetos de retorno os pedidos a satisfazer nos ciclos seguintes. Utiliza-se também em alguns sistemas de produção o termo “*Milk Run*” para denominar este método.

Como forma de distinção, os autores associam o “*Milk Run*” ao abastecimento exterior à organização, ao contrário do *Mizusumashi* em que o abastecimento é feito no interior da empresa, como abastecimento às linhas de produção (Silva et al., 2013).

No entanto o trabalho realizado pelo *Milk Run* e pelo comboio logístico, assentam sobre as mesmas funções (Silva et al., 2013):



- As ordens de produção são movimentadas pelo sistema de *Kanbans* integrado na rota;
- Recolher as caixas nas células, localizadas no supermercado, para novo abastecimento da linha de produção;
- Restabelecer o material consumido nos processos.

Deste tipo de abastecimento à linha, advêm diversos ganhos, principalmente, em termos de tempo gasto em deslocações do abastecedor e de falta de material na linha de produção. Isto sem mencionar a organização, que será uma mais-valia para toda indústria que adote este conceito.

2.3.3 Bordo de linha

Os bordos de linha são estruturas que facilitam o acesso do operador aos componentes, devendo também estar estruturados de forma a permitir uma receção de material lógica e organizada.

Aquando do desenvolvimento deste tipo de equipamento, devem ser tidos em conta:

- A frequência de utilização dos componentes;
- Quantidade necessária de componentes a estarem disponíveis no bordo, de forma a não comprometer a produção nem a atividade logística;
- As dimensões dos contentores ou caixas em que viram os componentes;
- Fluxo de embalagens vazias existente.

Um bordo de linha bem concebido deve minimizar os movimentos de *picking* dos operadores e diminuir os movimentos de quem abastece as linhas, assim como reduzir o tempo necessário para mudança de componentes, para a produção de um outro produto final, de maneira a que este valor seja aproximadamente nulo. Além dos pontos descritos, é também fundamental que a decisão de reabastecer ou repor componentes seja visível e instantânea (Coimbra, 2009).

2.4 Ferramentas de gestão de qualidade

Para a melhoria contínua dos processos e dos produtos é também essencial uma correta, e eficiente, gestão da qualidade. Para atingir este objetivo a qualidade é munida de um vasto leque de ferramentas, que constituem métodos práticos a ser aplicados a aspetos específicos de forma a facilitar melhorias. Estes procedimentos permitem a descoberta da causa-raiz dos



problemas e conseqüentemente auxiliar a resolução dos mesmos e assim evitar possíveis prejuízos (McQuater et al., 1995).

Entre as ferramentas existentes, 7 delas destacam-se como sendo consideradas as ferramentas básicas, sendo elas:

- Fluxogramas;
- Diagramas de Causa e Efeito;
- Diagramas de Pareto;
- Diagramas de Dispersão;
- Gráficos de Controlo;
- Folhas de Verificação;
- Histogramas.

Sendo que a presente dissertação fará uso das 2 primeiras.

2.4.1 Fluxograma

Esta ferramenta tem como objetivo simplificar a compreensão da sequência de um processo, permitindo facilmente detetar os pontos de decisão existentes. Para atingir esta meta o fluxograma recorre a vários símbolos, com diferentes significados, cuja sua junção permite descrever, com um aspeto gráfico mais apelativo, o desenrolar do processo.

Na Figura 6, encontra-se representados os formatos essenciais e básicos utilizados nesta ferramenta.

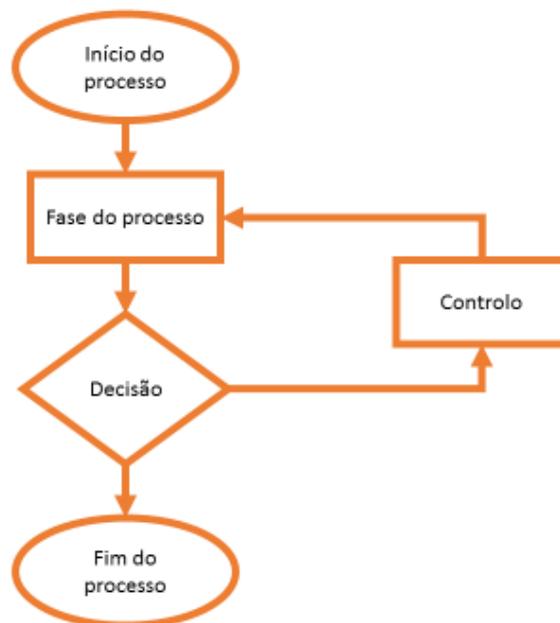


Figura 6- Simbologia do fluxograma



2.4.2 Diagramas de Causa e Efeito

Esta ferramenta foi desenvolvida pelo guru da qualidade Kaoru Ishikawa, sendo vulgarmente denominada também por diagrama espinha de peixe, que é utilizada para auxiliar a investigação dos problemas, de forma a encontrar a causa raiz dos mesmos (Blaga & Boer, 2012).

Normalmente, a construção deste diagrama inicia-se pela realização de um *brainstorming*, de forma a encontrar as possíveis causas do problema, onde estão presentes os representantes dos departamentos que estão envolvidos direta, ou indiretamente, com o produto.

Após apurar as possíveis causas, estas são aglomeradas em 6 categorias principais:

- Método;
- Máquina;
- Medida;
- Meio-Ambiente;
- Material;
- Mão-de-obra.

Após as etapas descritas, o diagrama fica com a configuração representada na Figura 7.

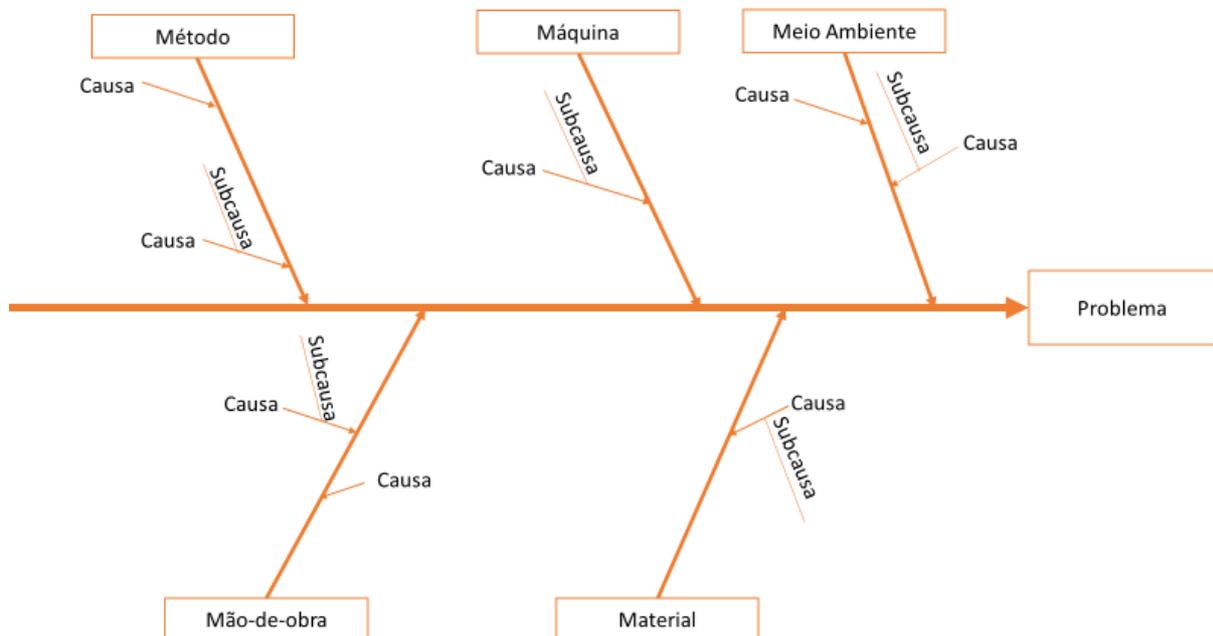


Figura 7- Formato diagrama causa e efeito



2.4.3 5W2H

É uma ferramenta que tem como função auxiliar o planeamento das atividades a serem desenvolvidas para a resolução de um determinado problema, assim como descrever as mesmas e proceder à sua execução e controlo (Rocha et al., 2015).

O objetivo da aplicação do 5W2H é facilitar o poder de decisão, ao conseguir, aglomerar de forma estruturada, toda a informação do problema, para isso são colocadas sete questões essenciais:

- *What?* – O quê?
- *When?* – Quando?
- *Why?* – Porquê?
- *Where?* – Onde?
- *Who?* – Quem?
- *How?* – Como?
- *How much?* – Quanto vai custar?

2.5 Linhas e Células de Montagem

Layout designa-se pela distribuição de recursos pela área disponível, sendo que esta repartição de espaço implica, por norma, investimentos substanciais de recursos, visto que um mau planeamento e implementação inicial irá ter uma repercussão negativa no futuro.

De forma a atender às diferentes necessidades das empresas existem essencialmente 4 tipos de *layouts* (por processos ou *layout* funcional, por produto ou em linha, posição fixa e celular), podendo, por necessidades da organização, existir uma combinação das características das diferentes tipologias (Slack et al., 2002).

2.5.1 *Layout* por processo ou *layout* funcional

Nesta tipologia de disposição, as funções semelhantes ficam concentradas na mesma área. Uma das grandes características deste *layout* é a facilidade de modificar o fluxo, dando assim uma maior flexibilidade à produção. Este método é também vantajoso no caso de ser necessário alguma estrutura especial para dar apoio ao equipamento, como por exemplo, canalização de ar comprimido, sistema de extração, entre outros, visto que permite uma poupança na instalação destes mecanismos.



No entanto, a grande desvantagem é que o material percorre uma grande distância para se poder deslocar entre as estações de trabalho, aumentando consequentemente o *lead time*.

2.5.2 *Layout* por produto ou em linha

Normalmente utilizado na produção de grandes volumes e com pouca variedade, o *layout* por produto ou em linha é caracterizado pela disposição dos equipamentos em linha segundo a sequência de produção, sendo normalmente utilizado na indústria de montagem automóvel. Todavia, esta metodologia não é recomendada para sistemas que necessitem de um grau de flexibilidade elevado, e no caso de avariar um dispositivo toda a restante produção é colocada em causa.

Este *layout* implica um bom balanceamento da linha de forma a não comprometer a produção das estações subsequentes.

2.5.3 *Layout* por posição fixa

Tendencialmente utilizada em produtos que não são propensos a deslocações devido às suas elevadas dimensões, este tipo de *layout* é caracterizado por tudo girar à volta do produto, desde de máquinas pessoas e materiais. É vulgarmente utilizado na indústria naval e aérea.

2.5.4 *Layout* celular

O conceito base desta tipologia é a concentração dos equipamentos necessários para a produção específica num local determinado, o que acarreta várias vantagens como por exemplo uma maior velocidade e flexibilidade de resposta e consequentemente uma redução do *lead time* e de *stocks* intermédios, que culmina na redução dos custos em geral.

O *layout* celular pode apresentar vários designs (Silveira, 1994):

- Célula em linha: neste formato o produto movimentasse pelos vários postos de trabalho, que se encontram alinhados e onde estão os trabalhadores que acrescentam valor ao produto;
- Célula em “U”: o layout em “U” permite um melhor fluxo de materiais ajudando assim a diminuir o *lead time*, possibilitando também uma boa comunicação e a ocupação de menos espaço no chão de fábrica;
- Célula em “loop”: nesta configuração o produto é apenas processado em alguns equipamentos, sendo que estes encontram-se distribuídos em circuito fechado.



3 SISTEMA EM ESTUDO

Como referido anteriormente, este projeto nasceu da necessidade da Preh Portugal aumentar o seu *output* numa das suas linhas de produção denominada de BMW-BZM, de forma a corresponder às encomendas e necessidades futuras de um dos seus principais clientes, a BMW.

3.1 Apresentação da Empresa

A Preh é um grupo alemão que se iniciou pela Preh-Werke, criado em 1919 pelo Sr. Jacob Preh em Bad Neustadt, na Alemanha. Ao longo dos anos o grupo foi conquistando o mercado e atualmente conta com empresas em vários países, como Portugal, México, Roménia, China, Polónia e Estados Unidos da América. Atualmente o sócio maioritário da organização é o grupo chinês Joyson.

Em 1969 nasce na Trofa a Preh Portugal, Lda. (Figura 8), uma sociedade por quotas liderada atualmente pelos gerentes António Lima e José Mendes.



Figura 8- Preh Portugal (Preh,2018)

Nos primeiros anos de existência centrou a sua produção em componentes para a indústria de grande consumo (rádios, TV, Wi-Fi e vídeo), passando posteriormente, em 1982, para o fabrico de cabos planos para a IBM. Em 1992 deu a entrada na área de negócio automóvel, e



em 1997 é introduzida a tecnologia SMD na produção de placas eletrónicas, que serão integradas no seu produto final (Preh, 2018).

Entre 1992 e 2003, foram criadas diferentes empresas-satélite com objetivos e áreas de negócio distintas:

- Preh Teconex dedicada as interconexões e tecnologias;
- Preh Intermex focada nas tecnologias eletromecânicas;
- Preh II relacionada com a indústria das interconexões.

No entanto em 2003, seguindo uma estratégia de concentração, foi decidido centralizar novamente as atividades na originária Preh Portugal, com o objetivo de expansão da eletrónica automóvel e industrial e descontinuação do negócio de interconexões.

Desde 2011 a Preh Portugal passou a centrar toda a sua atividade apenas na eletrónica automóvel, sendo que entre os principais produtos destacam-se:

- Painéis de comando de climatização;
- Painéis de sinalização para sistemas automáticos de transmissão;
- Sensores potenciométricos;
- Sistemas de apoio à condução;
- Sistemas de comando.

Para fazer face à produção destes artigos a empresa conta com 1125 colaboradores dispersos por 4 núcleos de processo:

- Injeção de componentes plásticos;
- Pintura de componentes plásticos;
- Inserção automática de componentes eletrónicos em placas de circuito impresso, através de tecnologia SMD;
- Montagem e testes dos produtos finais.

Na Figura 9, estão representados todos os departamentos mencionados e a hierarquia comum a cada um deles.



Figura 9- Organograma da Produção

Sendo que os produtos gerados na injeção, pintura e SMD são conduzidos à área de montagem, onde são agregados com outros componentes vindos diretamente do fornecedor. Entre os seus principais clientes encontram-se a Porsche, Mercedes, BMW, Audi, Ford, Opel, entre outros, o que permite à organização ter atualmente um volume de vendas de cerca de 227.795.440 euros.

No dia-a-dia a Preh Portugal rege-se sempre pelos seus princípios essenciais, definidos como:

- **Missão:**

“Ter os melhores produtos e serviços, mantendo todos os parceiros satisfeitos e garantindo ao mesmo tempo uma relação sustentada com o ambiente, aplicando a melhoria contínua permanentemente às competências do capital humano, aos processos e aos produtos.”

- **Visão:** Ser uma referência entre as empresas do grupo Preh, garantindo a preferência dos clientes.

- **Valores:**

- Lealdade;
- Seriedade;
- Profissionalismo;
- Flexibilidade;
- Evolução contínua.



A sua estrutura organizacional segue a hierarquia presente no diagrama da Figura 10, sendo liberado pela gerência que gere os vários departamentos existentes.

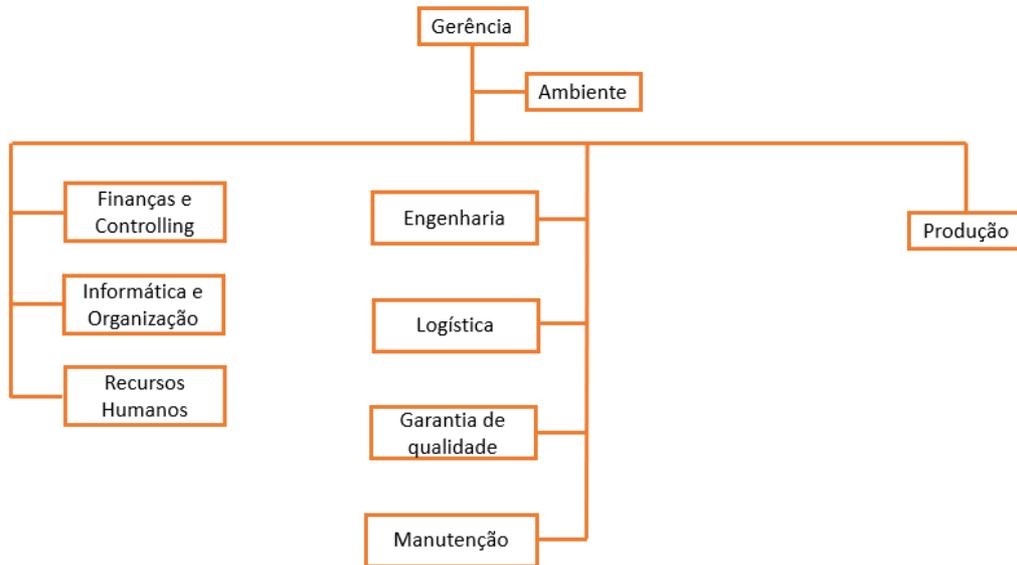


Figura 10- Organograma da organização

3.2 Produto – consola de velocidades para a BMW

O projeto BMW-BZM, usualmente apenas denominado de BZM que deriva da expressão alemã *Bedien Zentral Mitto Console*, é responsável pela produção parcial da consola de velocidades utilizada nas novas versões dos carros da BMW.

A grande diversidade de modelos e categorias existentes dos carros BMW, levam conseqüentemente a uma grande variedade de consolas de velocidades, no total cerca de 6 variantes de caixa manual e 60 de caixa automática, que resultam da combinação de diferentes:

- Lados (Esquerdo ou Direito), dependendo do lado onde se encontra o condutor no veículo, consoante o país de destino do consumidor final;
- Versões (Ativa ou Passiva), cuja diferença reside na aparência e no funcionamento das teclas da peça, onde a versão ativa constitui uma peça mais elaborada, caracterizando-se pelas teclas táteis, o seu acabamento brilhante e visualmente mais agradável. A contrastar existe a versão passiva onde os botões são menos elegantes e com um acabamento mais simples e fosco, além do seu acionamento ser mecânico.
- Tipologias (*High Gloss* ou *Swarovski*), dependendo do tipo de alavanca usada, que poderá ser feita em alto brilho ou em cristal *Swarovski*;



- Tipos de *Swarovski* (8 ou X), visto que no cristal se encontra gravado o modelo do carro;
- Botões (*Start Engine Stop* ou *Start Engine*);
- *Blendas* (Normal ou M);
- Tipo de tecla, que pode conter várias combinações de funcionalidades, desde ligar a câmara traseira, selecionar o modo de condução, selecionar a suspensão adaptativa, assistência ao estacionamento, controlo eletrónico da estabilidade, travão automático de repouso, entre outros.

O produto é constituído, dependendo das versões, por cerca de 78 componentes distintos, que se encontram apresentados no anexo I-Lista de Materiais BZM.

3.3 Linha BMW-BZM

A linha BMW-BZM encontra-se dividida em 2 áreas, sendo que, à exceção do Muro de Qualidade 2 que se encontra na área 4, todos os processos localizam-se na área 3 da zona de montagem.

O sistema em análise é constituído por 4 subgrupos responsáveis por abastecer a linha principal de montagem:

- **Lubrificação**

A aplicação de lubrificante é essencial para evitar que, em movimento, a peça realize ruídos não desejados provocados pela fricção de componentes. Assim sendo o subgrupo da lubrificação é constituído por 4 estações, que realizam 2 formas distintas de aplicar o lubrificante:

- Em linhas, na caixa dos motores (Figura 11), que irá ser utilizada no subgrupo de motores;
- Em pontos, aplicados no *guiding frames*, *slider's* (Figura 12), *lower parts* e *lower part de Knob*.



Figura 11- Lubrificação em linha

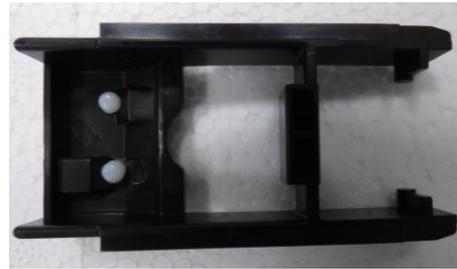


Figura 12- Lubrificação em ponto

- **Motores**

Este subgrupo é constituído por 4 operações:

1. Montagem do *zamack* e colagem dos magnéticos;
2. Colocação de molas no *zamack*;
3. Montagem do motor com a respetiva caixa e placa eletrónica;
4. Colocação do *zamack* no motor.

As fases do produto no decorrer deste processo encontram-se ilustradas na Figura 13.

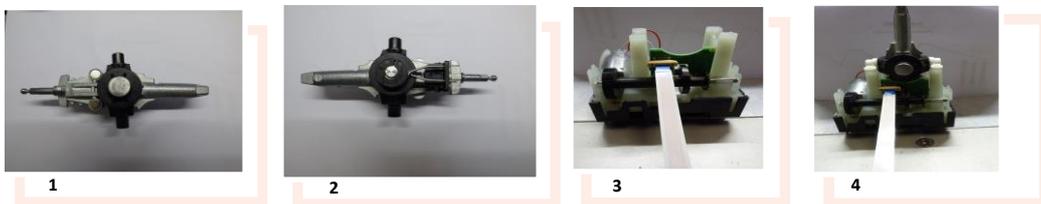


Figura 13- Processo Zamack

- **Colagem**

Esta operação é realizada em todos os componentes *Swarovski* (*Knob* e botão *Start*) e nas *lower part* utilizadas nas versões ativas.

- **Knob**

Subgrupo responsável pela montagem integral de todas as versões do *knobs* (*Swarovski X* ou *8* e *High Gloss*), deixando-os com o aspeto representados na Figura 14.



Figura 14- Produto final do subgrupo do knob

Após as operações realizadas neste núcleo os *knobs* estão prontos para ser integrados na OP280 da linha de montagem.

Todos os produtos provenientes dos subgrupos culminam na **linha de montagem**, que fica encarregue de os agregar com componentes oriundos diretamente do fornecedor ou de outras áreas da empresa como pintura, injeção e SMD.

O processo de montagem da peça final conta com cerca de 11 operações, chegando assim ao produto final (Figura 15).



Figura 15- Produto final da linha de montagem BZM

Algumas das estações de trabalho são apenas utilizadas nas versões passivas, tal como é evidenciado no fluxograma de produção presente no anexo II-Fluxograma do processo produtivo.



Após a montagem, a peça é sujeita a todos os testes automáticos necessários no **EOL (End of Line)**, de forma a verificar que todas as suas funções apresentam o comportamento esperado, para isso são testadas todas as teclas e botões presentes na peça, o contacto elétrico da mesma, assim como o correto movimento da alavanca de velocidades. Este equipamento é constituído por 23 estações, sendo que no total apenas são realizadas 16 operações de verificação, as restantes 7 estações são duplicações que permitiram aumentar a capacidade da linha de teste. As 2 primeiras estações do EOL são individuais e as restantes são realizadas em circuito.

Por fim, e antes de serem embaladas, as peças passam por controlos manuais nos **dois Muros de Qualidade**:

- Muro 1 - onde é realizado um controlo aos problemas estéticos e sonoros, localizado na área 3 juntamente com os restantes elementos;
- Muro 2 - localizado na área 4, onde a peça é conectada a uma base, que lhe dá corrente elétrica, e onde é verificado novamente as suas funcionalidades e é revisto o seu aspeto estético;

As peças que reprovarem nos testes realizados (EOL e Muros de Qualidade) são encaminhadas para a área de **Recuperação**. Aqui é realizada uma análise mais aprofundada com o intuito de encontrar a causa raiz do problema e solucioná-la, após este processo o produto regressa ao início do EOL e é novamente sujeito a todo o fluxo de uma peça normal. Caso o erro não tenha solução possível, a peça é totalmente desmontada e alguns dos componentes regressam à linha.

Na Figura 16, está presente a disposição dos elementos descritos.



Figura 16- Layout inicial do projeto BMW-BZM – Área 3

Tal como referido anteriormente, este procedimento é apresentado de forma ilustrativa no fluxograma presente no anexo II-Fluxograma do processo produtivo.

Após adquirir o seu aspeto final, representado do lado esquerdo da Figura 17, a peça é encaminhada para uma área denominada BMW-ZBE onde serão acoplados os componentes remanescentes.



Figura 17- Produto final



4 MELHORIA DA LINHA INICIALMENTE EM FUNCIONAMENTO

Antes de partir para uma duplicação é importante estabilizar o processo ao máximo e organizar o sistema existente, de forma a minimizar os prejuízos atuais, que futuramente irão duplicar juntamente com o *output*, e nesse contexto surge o presente capítulo.

4.1 Estudo dos problemas de qualidade

Um dos grandes geradores de custos são os problemas de qualidade, que além de implicarem a necessidade de trabalhos de recuperação, ou até mesmo a desmontagem da peça, põem também em risco a relação com o cliente e a sua confiança na equipa da empresa fornecedora, sendo por isso um ponto fulcral a ser explorado.

4.1.1 Riscos no *knob high gloss*

As peças não conformes devido aos riscos no *knob high gloss*, em outubro de 2018, correspondiam a sensivelmente 60% das peças rejeitadas nos muros de qualidade, constituindo assim um aspeto crítico da linha. Para determinar as causas desta não conformidade realizou-se um *Brainstorming*, onde entrevistaram as partes diretamente ligadas a este componente, nomeadamente os responsáveis da pintura, desenvolvimento, produção e logística, resultando na concretização de um estudo mais aprofundado, que permitisse localizar as não conformidades na peça, e de um diagrama de causa-efeito, presente na Figura 18.

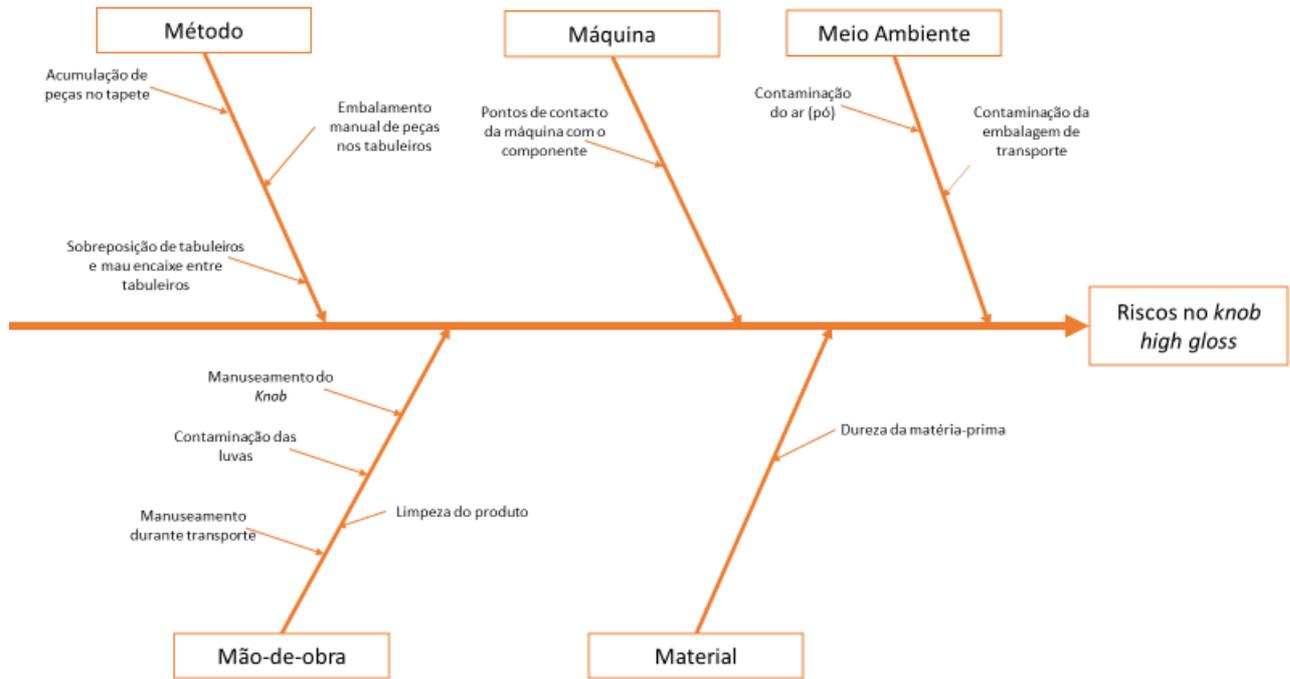
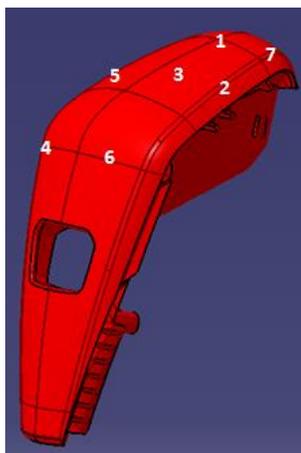


Figura 18- Diagrama de causa-efeito - Riscos no knob high gloss

Ao analisar os *knobs* rejeitados durante 3 dias de montagem, foi possível detetar que a zona superior do componente tinha maior incidência de riscos (Figura 19). Feita a análise aos componentes que apresentaram esse defeito, durante o período mencionado, foi possível constatar que as não conformidades seguiam a seguinte distribuição:



- 13,3% na área 1;
- 6,0% na área 2;
- 67,5% na área 3;
- 2,4% na área 4;
- 2,4% na área 5;
- 3,6% na área 6;
- 4,8% na área 7.

Figura 19- Zonas do knob high gloss afetadas com riscos

Conclui-se assim que a área 3 era a mais crítica, no entanto após fazer um seguimento da peça constatou-se que nenhum equipamento entrava em contacto com área mencionada.



A realização desta análise apoiou também a formulação de uma matriz 6W2H, apresentada na Tabela 1, que permitiu organizar toda a informação já recolhida e auxiliou no direcionamento da resolução do problema.

Tabela 1- Matriz 6W2H para análise dos riscos do knob

6W2H Análise do problema

Problema:	
Riscos no knob de alto brilho	
1. O que?	O que vê?
Riscos maioritariamente superficiais em várias zonas do knob.	
2. Onde?	Onde ocorre?
Cerca de 92% dos knobs encontrados com riscos foram detetados no Muro de Qualidade 1. No que diz respeito ao produto, como já foi referido, 67,5% dos riscos surgem na área 3.	
3. Porquê?	Porque ocorre?
Devido ao facto dos Knobs apresentarem um padrão de riscos semelhantes e sempre na mesma direção o problema poderá advir do facto do knob apanhar pó ou alguns resíduos e ser limpo constantemente nas estações da produção. Existem, no entanto, casos que ocorrem devido a outros acontecimentos ocasionais.	
4. Quando?	Quando ocorre?
O problema sempre ocorreu desde do início do processo, tendo algumas variações ao longo do tempo.	
5. Quem?	Com quem ocorre? (diferentes turnos)
Os riscos ocorrem com a mesma frequência e gravidade em todos os turnos, assumindo assim um comportamento semelhante.	
6. A quem?	Como afeta as outras partes da organização
Os knobs com riscos causam problemas a toda a linha, uma vez que exigem trabalho extra como a recuperação dessas peças, interferindo assim na capacidade da linha de montagem.	
1. Como?	Circunstâncias da ocorrência
Os riscos ocorrem com uma certa frequência daí a necessidade de um estudo mais aprofundado, no entanto não foi identificada nenhuma mudança no processo, até então, que despoletasse um pico de knob riscados.	
2. Quanto?	Magnitude do problema
O problema apresentou algumas variações em termos de quantidade rejeitada, no entanto nunca terá ultrapassado os 5% de peças rejeitadas. Sendo que em média cerca de 3,6% dos knobs produzidos são rejeitados.	

Feita a análise à não conformidade, e a aplicação de algumas ferramentas de auxílio, foram tomadas ações imediatas, como a mudança dos parâmetros de cura da pintura e a aplicação de um controlo a 100% durante o processo de montagem da peça, de forma a compreender se os riscos eram provocados por algum equipamento específico ou resultavam do



manuseamento da peça. Após uma semana a aplicar estas ações, durante a qual foram feitas análises e o acompanhamento do produto no decorrer do processo, constatou-se que a mudança de parâmetros da pintura não solucionou o problema. Tendo em conta que todos os operadores já utilizam luvas, e que durante o período laboral são proibidas de usar acessórios que possam interferir com o produto, como pulseiras e relógios, concluiu-se que as ações possíveis para aperfeiçoar o manuseamento das peças já se encontravam implementadas, partindo-se assim para a possibilidade de proteger a peça em si de fatores externos com a aplicação de uma película protetora, cujo desenho se encontra na Figura 20.



Figura 20- Película para knob high gloss

Antes de implementar esta ação foram realizados estudos de viabilidade financeira com base nos seguintes pressupostos:

- Aquando da ocorrência da não conformidade o único componente que será sucitado é o vidro do *knob* e os restantes poderão ser reaproveitados;
- Número de peças *high gloss* analisadas, utilizado nos cálculos, teve como base as unidades testadas nos muros de qualidade aquando da realização do estudo (semana 48);
- A percentagem média de *knobs* rejeitados teve como base os dados de rejeição dos muros de qualidade da semana 48;
- Para número de estações de processamento foram consideradas a OP240, OP250, OP280 e OP290 assim como as unidades de teste, EOL0.0, EOL0.1 e circuito EOL, visto que grande parte dos defeitos apenas eram detetados nos muros de qualidade;
- O tempo médio de operações foi baseado no tempo de ciclo das estações consideradas aquando da realização do estudo;



- O custo por hora foi uma informação fornecida pela empresa;
- O custo da película foi um dado facultado pelo fornecedor da mesma.

Tendo isto em conta foi possível chegar aos valores apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2- Custos que derivam dos riscos no knob high gloss

a) Custo de 1 peça (€)	1,58
b) Número de peças <i>high gloss</i> analisadas (unidades)	1050
c) % média de <i>knobs</i> rejeitados	3,6%
i) Custo diário de material rejeitado (€) = $a \times b \times c$	59,73
d) Nº de estações por onde passa o <i>knob</i> na sua montagem	7
e) Tempo médio de operação por estação (segundos)	35
f) Tempo de reparação da peça (segundos)	600
g) Custo por hora (€)	10
ii) Custo de montagem e reparação de 1 <i>knob</i> (€) = $\frac{((d \times e) + f)}{3600} \times g$	2,35

Conclui-se assim que os prejuízos diários resultantes desta não conformidade, sem a utilização da película, e usando a fórmula 5, são de sensivelmente 148,56 euros e consequentemente 3268,32 euros mensais.

$$f = (ii \times b \times c) + i \quad (5)$$

Já no que diz respeito à possibilidade de colocação de película, o cálculo dos custos encontram-se discriminados na Tabela 3.

Tabela 3- Custos de colocação de película no knob high gloss

h) Custo de 1 película (€)	0,01
b) Número de peças <i>high gloss</i> analisadas (unidades)	1050
iii) Custos diários de material (€) = $h \times b$	10,5
j) Tempo de colocação (segundos)	3
k) Custo por hora (€)	10
iv) Custo colocação de 1 película (€) = $\frac{j}{3600} \times k$	0,008
v) Custo diário de colocação (€) = $iv \times b$	8,4
Custo total (€) = $iii+v$	18,9

Através dos cálculos conclui-se que a colocação da película permite uma poupança diária de 126,7 euros, já que se evita a rejeição de cerca de 38 peças diárias no nível de produção atual,



sendo que este número irá aumentar graças ao aumento de produção previsto com a instalação da 2ª linha de montagem, tornando assim viável a sua implementação.

4.1.2 Defeitos estéticos da *blenda* GWS

Um dos problemas estéticos de grande relevância são os defeitos da *blenda* GWS, responsáveis pela rejeição de 2,3% de peças produzidas. No entanto, ao contrário do caso anterior, a peça não apresentava apenas riscos como também picos, o que indicava que a origem, provavelmente, estaria ligada ao processo de pintura. De forma a comprovar esta teoria foram analisadas algumas das peças rejeitadas, onde, em 453 peças produzidas, 13 foram rejeitadas. Após uma análise adequada das peças defeituosas, foi possível concluir que cerca de 89% apresentavam picos e os restantes 11% riscos superficiais e sem um local fixo de ocorrência, como se pode verificar na Figura 21, onde os pontos a vermelho identificam o local da não conformidade.



Figura 21- Localização das não conformidades nas *blendas* GWS

Visto que a tipologia de picos encontrados era originária do processo de pintura, a solução para estas não conformidades passou por mudar os parâmetros da pintura de forma a eliminar estes efeitos estéticos.

Uma semana após a aplicação desta solução o número de peças rejeitadas caiu drasticamente para 0,25% e o problema foi dado como controlado. Esta melhoria permitiu evitar a rejeição de 474 *blendas* por mês e consequentemente uma poupança de sensivelmente 1176 euros mensais.



4.1.3 Damping

O *damping*, detetado na estação 0.0 do EOL, constituía o maior problema de qualidade do sistema, sendo responsável por rejeitar sensivelmente 6% da produção diária. De forma simples, este erro deve-se à irregular, e muitas vezes inexistente, fricção das teclas das peças ativas, que permitem dar ao condutor a sensação de acionamento.

Ao implementar um sistema de autocontrolo na área de reparação, onde estas peças eram abertas e analisadas, e com o auxílio do quadro presente na Figura 22, foi possível concluir que este erro advém essencialmente do mau dimensionamento de alguns componentes, aquando do desenvolvimento do produto, e da incorreta execução do processo, que culmina, por exemplo, na má colocação de componentes na peça final.

Folha de registos no retrabalho - BMW BZM

Problema: **Damping e Oscilação**

Data: _____

Shift: _____



Tracenumber	Tipo de erro		Causa-raiz										Rework efetuado						Verificação após retrabalho				
	Damping	Oscilação	Cap mal encaixada	Friso cromado mal encaixado	Cola mal posicionada ou pouca/muita cola	Lower Part mal encaixada	Condutor de luz mal encaixado	Cabo do motor mal conectado	Esfera fora do local	Hard paper	Molas	Falta/excesso de esferas	Causa-Raiz não encontrada	Outra	Desmontagem total da peça	Colocar esfera em falta/ local correto e substituir cap	Corrigir encaixe da cap	Remove Hard Paper	Corrigir encaixe de friso cromado	Sem retrabalho efetuado	Outra	VISU Tool	Reteste no EOL
3000																							
3000																							
3000																							
3000																							
3000																							
3000																							

Figura 22- Registo damping

Seguindo a mesma estratégia dos defeitos estéticos dos *knob high gloss*, foram realizadas reuniões com os representantes dos departamentos ligados a este problema, e que poderiam ajudar na sua resolução. Daqui resultou o diagrama causa-efeito presente na Figura 23.

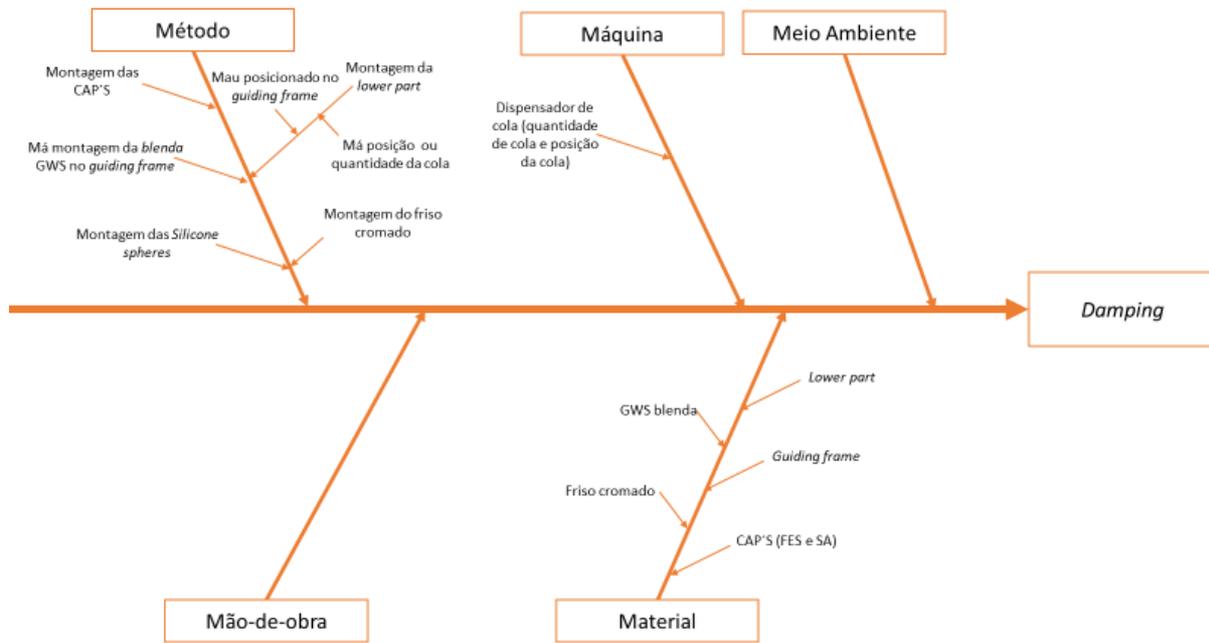


Figura 23- Diagrama de causa-efeito do damping

Feito o levantamento de todos os dados considerados relevantes, concluiu-se que a resolução deste problema necessitava da mudança de *design* de alguns componentes que constituem a peça, e do processo de montagem, ao substituir a atual colagem pelo aparafusamento, que irá a aumentar a fixação dos componentes e conseqüentemente diminuir a fricção entre os mesmos. No entanto estas ações envolvem grandes modificações e conseqüentemente têm um tempo de preparação elevado.

A curto prazo foram definidas algumas ações que permitiram, não eliminar o problema, mas sim diminuir a percentagem de peças afetadas, através do aumento da eficiência do teste que deteta este tipo de anomalia. Isto foi possível devido à inserção de uma marca branca num ponto estratégico da peça, já que o teste é realizado com o auxílio de um laser que incide luz na peça, sendo esta refletida para um recetor, visto que o material é preto, e o branco é um melhor refletor, surgiu a necessidade de aplicar esta estratégia para melhorar os resultados obtidos. Com isto o problema diminuiu cerca de 25%, caindo assim para uma rejeição de 4,5% da produção diária, no entanto continua a ser uma percentagem considerável.



4.2 Melhoria do fluxo de materiais e abastecimento da linha

Devido ao transporte inadequado de materiais considerados delicados, como é o caso dos componentes lubrificados, e da má conceção dos bordos de linha existentes, que tornam ineficiente o abastecimento da mesma, surgiu a necessidade de melhorar fluxo de materiais e abastecimento da linha, com o intuito de reduzir em cerca de 85% o tempo de set-up e diminuir drasticamente as paragens de linha.

4.2.1 Redefinição dos bordos de linha

Em Outubro de 2018, a linha de montagem apresentava bastantes micro-paragens relacionadas com o facto de os bordos de linha (BL) não terem capacidade e organização adequada para suportar a produção. Estas ocorrências eram frequentes aquando à execução de *set-ups*, e também devido ao facto de o material ser abastecido manualmente por operadores da assistência, que necessitavam de o levar do supermercado existente na área até à respetiva máquina. Era recorrente não existir um espaço adequado para o fornecimento de material, e alguns dos existentes não eram funcionais para o operador. Tendo estes aspetos em conta, e visto que se teria de reconstruir os bordos de linha para os adaptar ao comboio logístico que posteriormente foi implementado, foi necessário fazer uma redefinição dos mesmos.

A primeira etapa a ser realizada, de forma integral pela autora desta dissertação, centrou-se no levantamento das necessidades que deveriam ser satisfeitas com a reestruturação e a constituição de cada bordo de linha, a lista recolhida e elaborada encontra-se no anexo III-Lista de necessidades e organização dos bordos de linha. Para uma construção eficiente dos bordos de linha, além dos aspetos recolhidos, e tendo como base alguns critérios da empresa assim como as condições a serem implementadas futuramente, teve-se em consideração:

- Uma estrutura flexível e facilmente adaptável;
- Todo o material necessário para a operação deve ser colocado, preferencialmente, próximo do braço direito do operador, tornando assim o acesso mais ergonómico;
- Utilização de material ESD anti estático, para reduzir ou mesmo anular danos em componentes eletrónicos, provocados por passagens de correntes elétricas geradas por cargas estáticas;



- Um retorno próprio em cada BL, para que estes estejam aptos à mudança de contentores;
- Necessidade de proteção dos níveis inferiores, com a colocação de fenólico nos níveis superiores, de forma a evitar contaminações;
- Sempre que possível, deve-se colocar material suficiente no bordo de linha para abastecer a máquina durante 1 hora, visto que este será o tempo de ciclo do comboio logístico. Neste caso, e visto que futuramente são esperadas 8000 peças por semana para cada linha de montagem, o ideal será preparar o bordo de linha para produzir sensivelmente 73 peças. As borrachas, *lower part* do botão SST, os arames, os *foil's*, os condutores de luz, as molas, as shell, os chapéus, os *trim's*, os EPB's e as CAP's, devido a sua pequena dimensão e ao facto de alguns deles até serem abastecidos por tubo, e no caso do último por derivarem de uma operação da linha de montagem, não são considerados críticos em termos de quantidade;
- Os bordos devem estar preparados para terem material, sempre que possível, para todas as referências e tipos de produto, de forma a assegurar os set-ups.

Tendo em conta a tipologia de material utilizado na linha de montagem, foram adotadas algumas estratégias distintas para a construção dos bordos de linha:

- Calhas regulares;
- Corrediças para tabuleiros - esta diferença deve-se ao facto de alguns materiais chegarem ao bordo de linha em tabuleiros provenientes do departamento de pintura da empresa, como mostra a Figura 24;
- Tubos - responsável pelo abastecimento de componentes de menor dimensão e com pouca fragilidade (Figura 25).



Figura 24- Corrediças para tabuleiros



Figura 25- Tubos

Alguns dos elementos descritos já eram utilizados nas estruturas antigas tendo sofrido apenas um reposicionamento.

Com a intervenção do departamento de equipamento assim como do fornecedor de estruturas, em alguns casos, onde não existiam tapetes transportadores entre operações, foram adicionadas pequenas estruturas, representadas na Figura 26, com capacidade para 4 peças, com o intuito de servirem como *buffer* para a pequena quantidade de WIP existente entre operações, e desta forma limitar a quantidade de peças em processamento.



Figura 26- Carrinho de auxílio



Definidos os pontos a considerar, foram projetados todos os protótipos que satisfazem todas as necessidades, chegando assim aos desenhos presentes no anexo IV-Desenhos dos bordos de linha. Um exemplo do cenário antes e depois da implementação dos bordos de linha encontra-se apresentado na sequência abaixo, que no caso é do BL 60. Como se pode ver inicialmente não havia lugar definido para todas as referências de botões utilizados, sendo por isso necessário, sempre que se realizava um *set-up*, que a assistência à linha, responsável por fornecer o material, fizesse a troca de componentes. Graças a isto, muitas vezes os operários recorriam ao espaço livre em cima dos tubos para acondicionar o tabuleiro de botões utilizado na referência anterior, colocando, desta forma, o material em risco. Outro ponto a ter em conta é a falta de retornos existentes, que obrigava a que algumas embalagens de componentes, utilizados em outros postos de trabalho, fossem retornadas pelos bordos de linha não correspondentes, criando assim congestionamento (Figura 27).

Com a redefinição do BL60, foi possível criar níveis para as diferentes referências de botões, e aproximar os tubos, que fornecem componentes de pequenas dimensões, do posto de trabalho, tornando desta forma a estação mais ergonómica. O problema com os retornos foi também resolvido, visto que todos os bordos projetados possuem formas eficientes de devolver as embalagens vazias dos próprios componentes.



Figura 27- Evolução do bordo de linha



4.2.2 Criação de *blisters* para componentes

De forma a proteger as peças consideradas críticas, como é o caso de componentes frágeis e dos produtos sujeitos a colagem e com pontos de lubrificação, foram desenvolvidos *blisters* em colaboração com o departamento de equipamento, com o objetivo de assegurar um transporte de componentes seguro, de maneira a que estes não sejam danificados.

Os materiais selecionados para serem transportados por *blisters* foram:

- *Slider*;
- *Lower parts* após colagem;
- *Knob* após colagem;
- *Lower part do knob* após lubrificação.

No anexo V- Blisters para transporte de material crítico, encontram-se os desenhos de cada *blister* desenvolvido, e na Figura 28 está representado, como forma de exemplo, o *blister* criado para a colocação do *knob* proveniente da colagem.

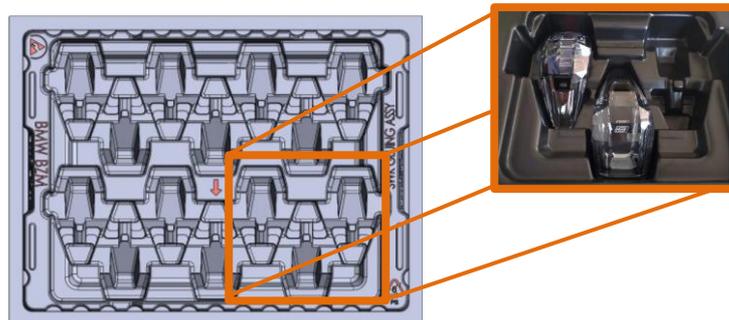


Figura 28- Blister da colagem do knob

Para assegurar a correta colocação dos componentes nas embalagens de transporte foi usado o sistema *poka-yoke*, de maneira a que a colocação da peça no *blister* seja feita sempre da forma correta. Tal como se pode ver na Figura 29, onde é apresentado o exemplo das *lower parts*, a peça apenas fica bem encaixada no *blister* se for colocada segundo a forma definida, caso contrário, esta fica levantada, impossibilitando assim o empilhamento de *blisters* e consequentemente o seu transporte.



Figura 29- Blister da lower part- Poka-yoke

4.3 Externalização de Operações

De forma a diminuir o tempo de ciclo de algumas estações de trabalho, e desta forma atingir o *target* de 31 segundos de tempo de ciclo para a linha de montagem, definido pelo líder de projeto tendo em conta as quantidades que se perspetivavam atingir, houve a necessidade de externalizar algumas operações de 2 processos, OP280 e OP290, mantendo o número de operadores. Isto foi viável porque durante o tempo de processamento da máquina, o operador encontrava-se à espera da peça sem qualquer atividade que acrescentasse valor ao produto. Ao instalar um ninho externo, ou seja, uma plataforma com um formato apropriado que permite montar a peça de forma a evitar a sua danificação, desenvolvido conjuntamente com a equipa do equipamento, foi possível ocupar este tempo de espera com a preparação da peça, que posteriormente é colocada na máquina.

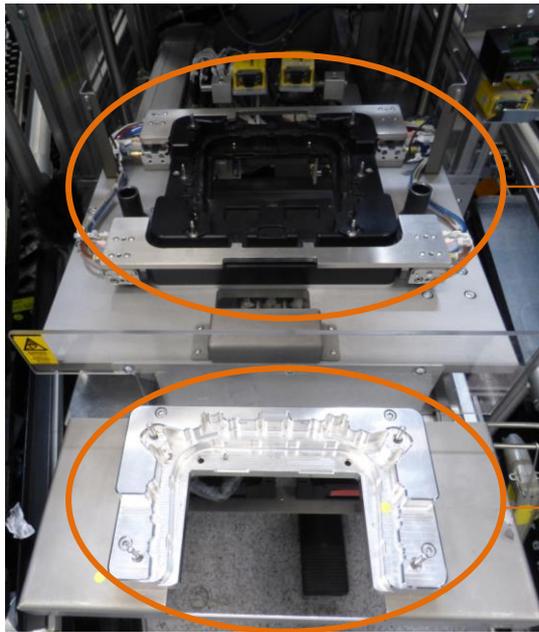
4.3.1 OP280

No posto de trabalho OP280, a operação sinalizada a amarelo no esquema do lado esquerdo da Figura 30 constituía tempo de improdutividade para o operador. A solução passou por criar uma base externa onde foi possível realizar a montagem do chapéu, *blenda* GWS, *trim* e friso cromado durante o tempo em que decorria a inspeção de uma segunda peça pela máquina, podendo chegar assim ao processo representado no lado direito da Figura 30.



Figura 30- Processo antes (lado esquerdo) e após a adição do ninho externo da OP280 (lado direito)

Com esta modificação, a estação adquiriu o aspeto apresentado na Figura 31, onde o ninho externo para preparação da peça foi acoplado à máquina já existente, o que permitiu a redução do tempo de ciclo da estação de trabalho de 37 para 26 segundos.



Ninho da máquina que recolhe para realizar inspeção

Ninho externo acoplado à máquina

Figura 31- OP 280 após externalização

4.3.2 OP290

No caso da OP290, a recolha do ninho para a inspeção da conexão dos cabos e para posteriormente prensar a *shell*, constituíam operações improdutivas para o colaborador. A criação do ninho externo possibilitou a montagem de 2 peças em simultâneo. Enquanto a máquina está a realizar a inspeção dos cabos à peça A, o operador poderá pegar na peça B e colocá-la no ninho externo, onde prende o cabo e aparafusa o *knob*, de seguida a peça A é devolvida pela máquina ao operador que irá colocar-lhe a *shell* e dar ordem para iniciar o calcamento da mesma. Enquanto este processo mecânico ocorre, a preparação manual da peça B é finalizada. Por fim a peça A é libertada pela máquina após a operação de prensa e o operador retira-a, colocando no seu lugar a peça B que já foi antecipadamente preparada no ninho externo. Na Figura 32 encontra-se ilustrada a explicação do processo antes e após a adição do ninho externo.

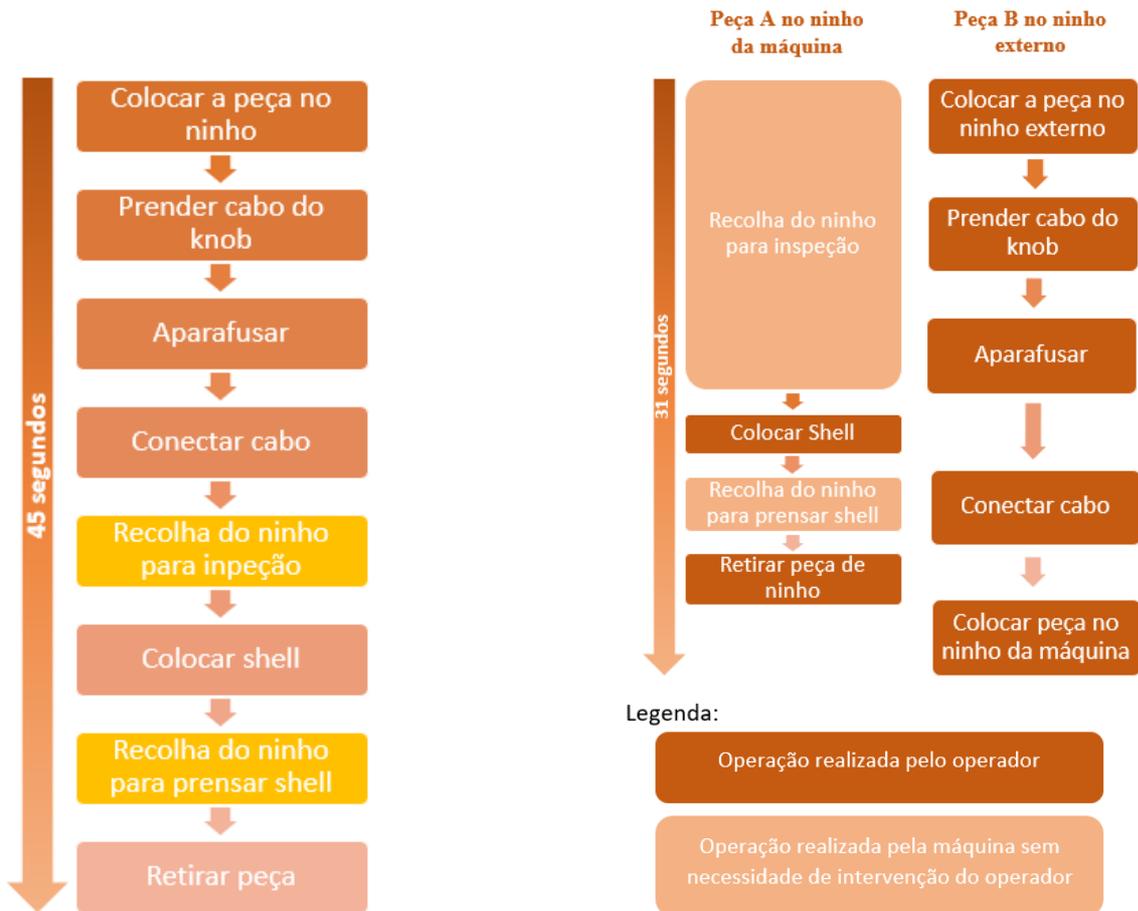


Figura 32-Processo antes (lado esquerdo) e após a adição do ninho externo da OP290 (lado direito)

Com as alterações realizadas na OP290 foi possível a passagem de 45 segundos do tempo de ciclo da estação de trabalho para 31, constituindo assim uma redução de 14 segundos. Após as modificações descritas o posto de trabalho assumiu o aspeto representado na Figura 33.

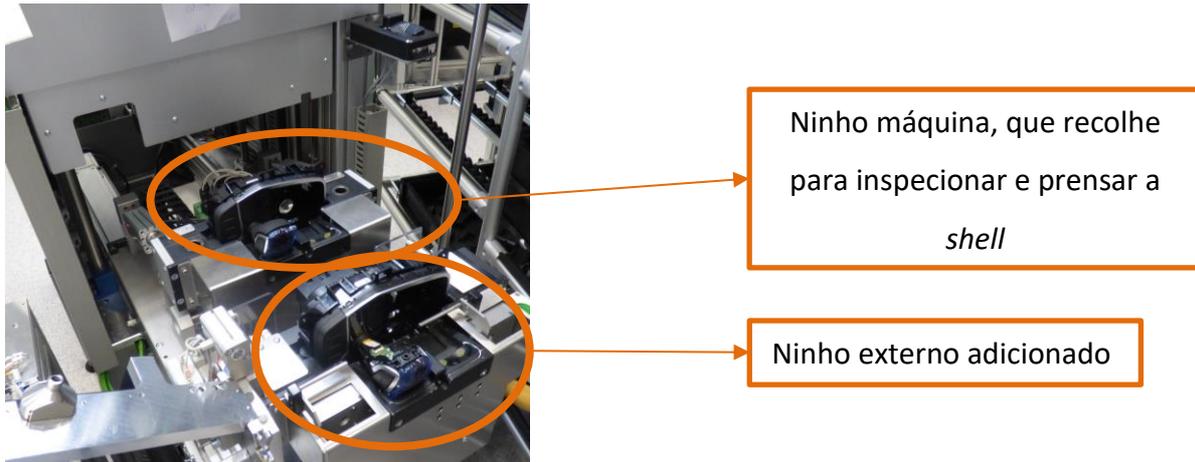


Figura 33- OP290 após externalização

4.4 Melhoria da organização da linha

Os ganhos das ações apresentadas neste capítulo têm uma elevada complexidade de quantificação, no entanto, em termos visuais, as mudanças foram notórias, como se pode ver através das figuras apresentadas ao longo do mesmo.

4.4.1 Limpeza da área

Uma ocorrência comum era encontrar na área vários materiais já fora de utilização ou que pertenciam a outros departamentos e ficaram “esquecidos” no local. Assim sendo foi delimitado um espaço, devidamente identificado e representado na Figura 34, onde foi colocado todo o material encontrado que apresentava as características descritas.



Figura 34- Material removido do shop floor

Desta forma tudo o que era necessário, na empresa e não na área, foi removido do local pelos respetivos interessados e o material restante foi deitado ao lixo. Esta ação permitiu a libertação de espaço do *shop floor* e a melhoria do aspeto da área de montagem.

4.4.2 Manutenção autónoma

De maneira a manter sempre a área limpa e organizada foi criado um plano de manutenção autónoma (Figura 35), totalmente elaborado pela autora desta dissertação e aprovado pelo departamento de produção.



Plano de Manutenção Autónoma Linha BMW BZM						
Frequência	Tarefa	Descrição	Time Frame	Meios	Tempo (min)	Responsabilidades
Turno	1	Limpar ninhos, bancadas e interior dos dispositivos	Fim do turno	Pano, aspirador e detergente de limpeza	5	Operadoras do próprio turno
	2	Varrer toda a área da linha e remover todo o lixo	Fim do turno	Mopa e apanhador	5	Operadoras do próprio turno
	3	OP 60 - Mudar agulha do dispensador de cola	Início do turno	Referencia agulha: 03691-587/0000	5	Operadoras do próprio turno
	4	OP Colagem SWKY -Mudar agulha do dispensador de cola	Início do turno	SST - agulha preta Ø 0,84mm LP + Knob - agulha rosa Ø 0,58mm	5	Operadoras do próprio turno
	5	OP Colagem SWKY -Limpar ventosas no interior da maquina	Início do turno	Chave fendas pequena	5	Operadoras do próprio turno
	6	OP Colagem SWKY -Limpar mascaras	Sempre que exista mudança de mascara	Pano, detergente de limpeza e/ou alcool isopropilico	5	Operadoras do próprio turno
	7	OP Colagem ZAMAK -Mudar agulha do dispensador de cola	Sempre que a maquina solicite	agulha preta Ø 0,84mm	5	Operadoras do próprio turno
	8	OP de lubrificação - Mudar agulha do dispensador de lubrificante	Sempre que a maquina solicite	agulha verde comprida (03691-585/0000) base motor - agulha laranja metal	5	Operadoras do próprio turno
Semana	1	Limpar a parte superior e inferior dos dispositivos	Antes do intervalo	Pano e detergente de limpeza	5	1º turno em semanas ímpares 2º turno em semanas pares
	2	Limpar scanner de leitura de código de barras	Antes do intervalo	Pano Siemens (03690-787)	10	1º turno em semanas ímpares 2º turno em semanas pares
	3	Limpar exterior quadros elétricos	Antes do intervalo	Pano e detergente de limpeza	3	1º turno em semanas ímpares 2º turno em semanas pares
	4	Linha automática: Limpar carrinhos e interior e exterior das estações	Antes do intervalo	Pano, aspirador e detergente de limpeza	3	1º turno em semanas ímpares 2º turno em semanas pares
	5	OP Colagem ZAMAK - Limpeza dos pratos da balança	Antes do intervalo	Pano, aspirador e detergente de limpeza	5	1º turno em semanas ímpares 2º turno em semanas pares
	6	OP de lubrificação - Limpeza dos pratos da balança	Antes do intervalo	Pano, aspirador e detergente de limpeza	5	1º turno em semanas ímpares 2º turno em semanas pares
	7	Limpar os dedos da estação 4 do EOL	Antes do intervalo	Pano, Álcool	5	1º turno em semanas ímpares 2º turno em semanas pares
Trimestral	1	Limpar calhas dos bordos de linha	Antes do intervalo	Pano, aspirador e detergente de limpeza	5	Operadoras do 3º turno
	2	Limpar perfis dos bordos de linha	Antes do intervalo	Pano, aspirador e detergente de limpeza	5	Operadoras do 3º turno
Notas	Para linhas que trabalham num turno a manutenção diária, semanal e trimestral será sempre realizada nesse turno.					
	A limpeza semanal deve realizar-se todas as sextas-feiras salvo algumas exceções.					
	A limpeza trimestral deverá realizar-se na última sexta-feira do mês (março, junho, setembro, dezembro), no 3º turno. Para linhas que trabalham em dois turnos é realizada pelo 1º turno em março e setembro e pelo 2º turno em junho e dezembro.					
Para linhas com OEE, o registo da limpeza semanal e trimestral deve ser feito com uma paragem de linha no OEE.						

Figura 35- Plano de manutenção autónoma

De forma sucinta o plano é dividido em 3 categorias:

- Manutenções por turno, que é realizada diariamente por todos os turnos e traduz-se na limpeza básica dos equipamentos e na mudança de alguns componentes de elevado desgaste, como é o caso das agulhas;
- Manutenções semanais, onde é feita uma limpeza mais profunda dos equipamentos e é realizada pelo 1º turno em semanas ímpares e pelo 2º turno em semanas pares;
- Manutenções trimestrais, que consiste na limpeza dos bordos de linha que abastecem o material e fica a cargo dos operadores do 3º turno.

Após a definição desta prática e das respetivas condições de funcionamento, foi distribuído pela área o plano de manutenção autónoma criado e foi realizada uma sensibilização dos operadores para a importância de colocarem em prática o definido.

De maneira a verificar a execução das tarefas, foi nomeado um responsável por cada área que se deve responsabilizar pela correta limpeza da mesma, sendo que para isso dispõem de uma lista, com os pontos a serem apurados, onde deve diariamente colocar o seu



nome, dando assim conhecimento e a garantia que aquele ponto foi executado durante o seu turno.

Para o efeito foram também criados novos pontos onde se poderia encontrar o material necessário para a aplicação do plano definido, de forma a que estes tivessem mais visíveis e mais perto da zona de utilização. Na Figura 36 estão representadas as modificações realizadas, sendo que a vermelho está assinalada a localização antiga dos produtos de limpeza e a verde as novas localizações, muito mais próximas dos postos de trabalho.

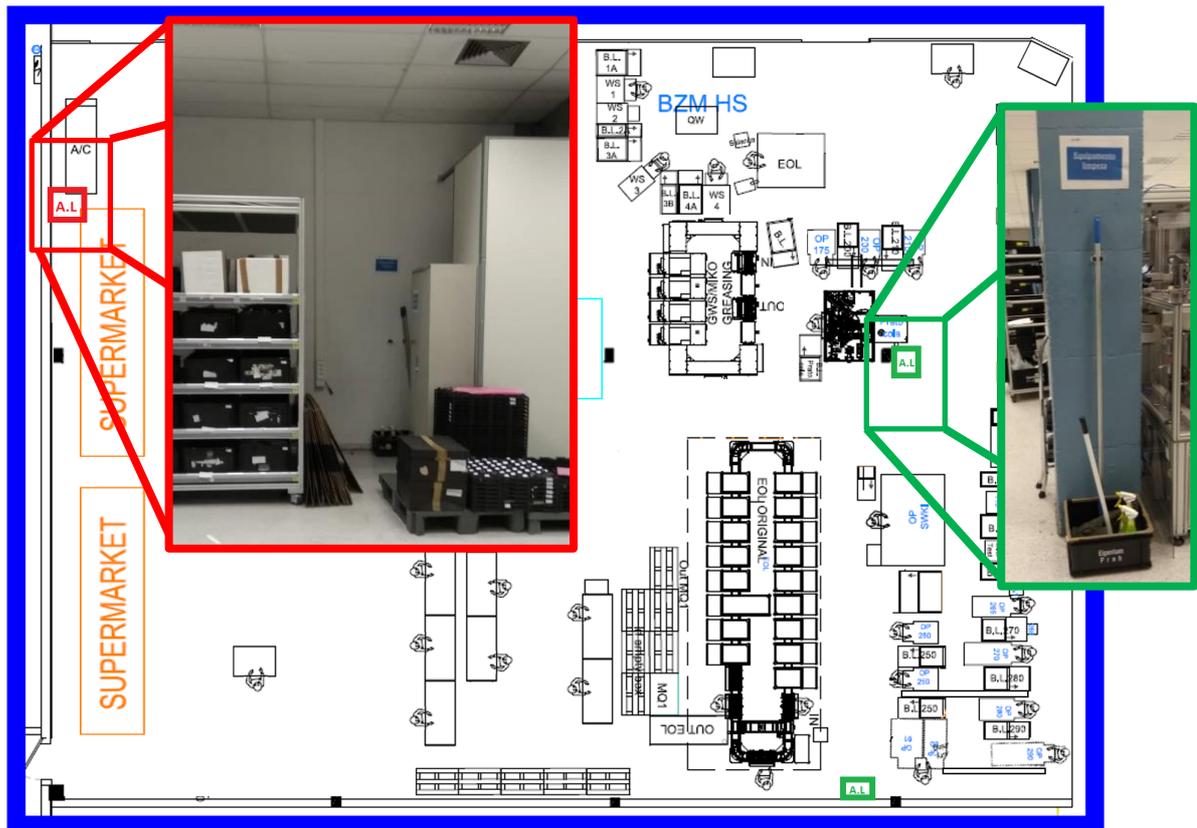


Figura 36-Localização dos utensílios de limpeza

4.4.3 Implementação de alertas

De forma a alertar os operadores para algumas necessidades, tanto do equipamento como do material, procedeu-se à colocação de alguns avisos, em locais estratégicos, de maneira a garantir que o operador, do posto de trabalho em questão, estava informado sobre a extrema necessidade de determinadas ações como é o caso:

- Utilização de um EPI específico num posto de trabalho;



- Procedimentos a serem tomados para controlo de qualidade;
- Alterações que devem ser feitas no equipamento aquando da mudança de referência (*set-up*);
- Como deve ser aberto o OEE quando há paragem da linha.

Na Figura 37 estão apresentados alguns dos exemplos implementados.

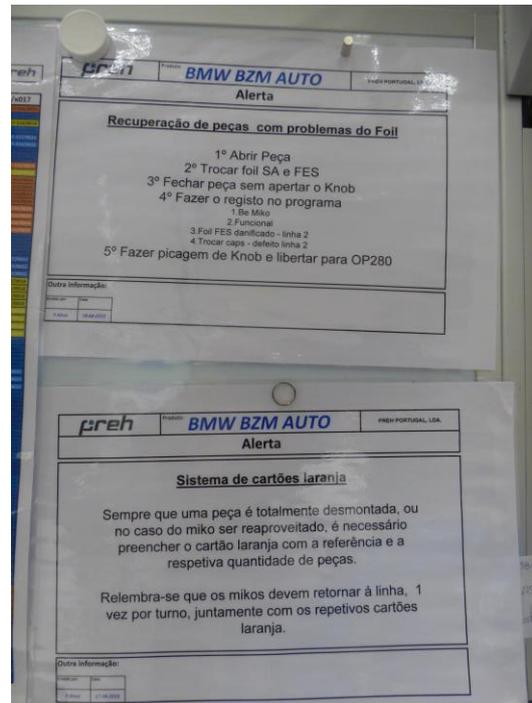


Figura 37-Avisos afixados

Neste mesmo contexto, foram criadas algumas instruções de trabalho para auxiliar a *standardização* dos procedimentos realizados, de forma a garantir uma correta execução, uma uniformidade do processo e um tempo de ciclo constante. Além dos benefícios já mencionados, isto permitiu também uma maior facilidade de aprendizagem dos novos colaboradores, que posteriormente integraram a equipa para fazer face à duplicação da linha. Uma das instruções de trabalho realizadas destinou-se aos diferentes processos de embalagem realizados após o Muro de Qualidade 2 (Figura 38).

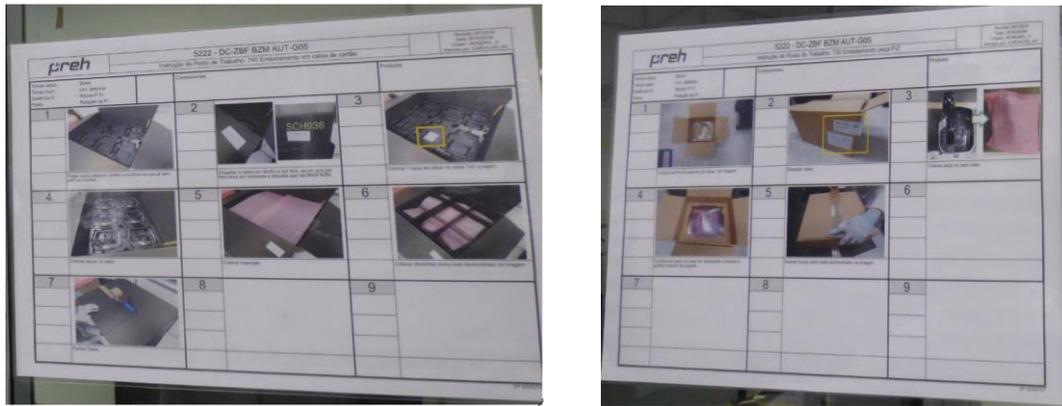


Figura 38- Instruções de trabalho

4.4.4 Identificação de embalagens de material

De forma a ter conhecimento da tipologia, quantidade e da respetiva hora e data de produção do material proveniente dos subgrupos, e que se encontrava em espera dentro das embalagens no *Kanban* para ser inserido na linha de montagem, foi implementado o sistema de etiquetagem, permitindo assim:

- Fazer a correta correspondência da embalagem com a amostra deixada em laboratório;
- Evitar confundir material;
- Consumir o material com data de produção mais antiga - FIFO;
- Confirmar que o material já cumpriu a especificação exigida de 2 horas de repouso antes de entrar na linha de montagem, isto para o caso dos componentes produzidos no subgrupo da colagem – *knob 8 e X e lower parts*.

Na Figura 39, estão representadas algumas das identificações realizadas.

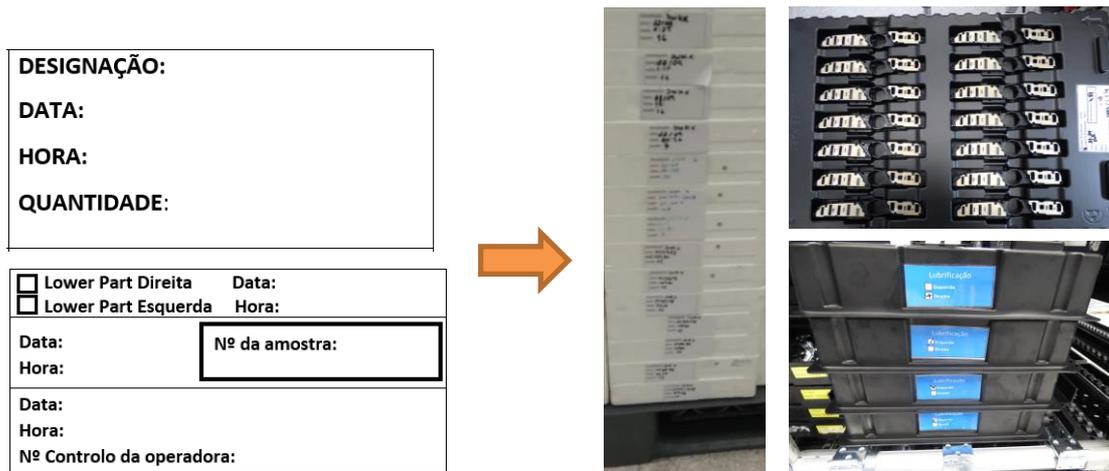


Figura 39- Identificação das embalagens de componentes críticos

4.4.5 Sistema de alerta para falta de material

Como referido anteriormente, a linha de montagem apresentava várias paragens geradas pela falta de material, isto porque, além dos bordos de linha se encontrarem mal dimensionados, o material era abastecido manualmente pelos operadores da assistência, que faziam o seu transporte do supermercado existente na área até ao posto de trabalho correspondente. Por vezes, devido à necessidade simultânea de componentes por 2 ou mais postos ou até à dificuldade de comunicação, o abastecimento não era feito atempadamente. Na tentativa de solucionar, ou pelo menos diminuir, estas ocorrências, foi implementado um sinal luminoso, que era ligado pelo responsável da linha quando esta se encontrasse na iminência de parar por falta de material, desta forma todos os operadores ficavam alertados para a necessidade de abastecimento, incluindo os assistentes de linha. Na Figura 40, está apresentado, e destacado, o alerta colocado.



Figura 40- Alerta luminoso para paragens por falta de material



5 DUPLICAÇÃO DA LINHA DE MONTAGEM

Feita a resolução de alguns dos problemas principais, encontram-se reunidas as condições para se projetar uma duplicação do trabalho desenvolvido, tendo sempre em consideração as *lessons learned* retiradas de experiências passadas.

5.1 Definição de um *layout* eficiente

O primeiro passo para a realização de uma boa duplicação é a definição de um bom *layout*, de forma a garantir que o fluxo da linha, depois de implementada, será o mais eficiente possível. Para isso a fase de projeto é fulcral para se obter este resultado, permitindo assim evitar gastos futuros.

Para a realização deste *layout* em concreto foram tidos em conta alguns aspetos essenciais, como por exemplo:

- Na área terão de existir:
 - 2 Testes;
 - 2 Linhas de montagem com 11 operações cada;
 - 2 Subgrupos de colagem;
 - 1 Subgrupo de lubrificação:
 - 1 Subgrupo de lubrificação manual;
 - 1 Subgrupo de motores:
 - 2 Subgrupos de *knob*;
 - 1 BZM Manual;
 - 2 Muros de Qualidade 1;
 - 1 Linha M;
 - 3 *Kanban's* separados por subgrupo.
- O fluxo de material da linha de montagem irá seguir o conceito *one piece flow*, reduzindo assim ao máximo o WIP;
- Reduzir ao máximo as movimentações de materiais;
- Considerar o espaço necessário para a movimentação do comboio logístico, assim como definir o percurso do mesmo, de forma a garantir o abastecimento das estações de trabalho;



- Os bordos de linha devem ser, sempre que possível, colocados de forma a que o acesso ao material seja feito pelo lado direito do operador, por questões ergonómicas, já que a maioria da população é destra;
- O espaço necessário para a existência dos *stocks* de material proveniente dos subgrupos existentes.

Tendo todos estes aspetos em consideração, a tipologia de *layout* mais indicada para a montagem da peça será um *layout* em linha, ladeado por células de produção onde se irão localizar os subgrupos de trabalho. Tiradas todas as ilações chegou-se à transformação presente no anexo VI -Mudança de *Layout*.

Como referido inicialmente, o projeto BZM encontra-se dividido em 2 áreas distintas, na área 3, representada na Figura 41, onde se localizam todos os constituintes, à exceção do Muro de Qualidade 2 que está presente na área 4 da montagem da Preh Portugal. De maneira a ter capacidade para receber os novos colaboradores, e a organizar no mesmo espaço o dobro do fluxo de material, foi também necessário redefinir o *layout* do Muro de Qualidade 2 e organizar a zona de trabalho, tornando-a mais ergonómica. Também no anexo VI -Mudança de *Layout*, encontram-se as mudanças espaciais realizadas nesta área, destacando-se um melhor aproveitamento do espaço disponível e onde foram bem definidas as zonas de entrada e saída de material, assim como a zona de embalagem e de material não conforme, que deverá ser transportado posteriormente para a Recuperação presente na área 3.

5.2 Recursos Humanos e plano de formação

Com a duplicação da linha há também a necessidade de aumentar os recursos humanos existentes, e conseqüentemente formar novos operadores.

Com uma linha em operação são necessários 129 colaboradores com a distribuição presente na Tabela 4, lembrando que o número de recursos humanos apresentado é dividido, em partes iguais, pelos 3 turnos.



Tabela 4- Operadores no estado inicial

Local	Nº de operários
Linha de Montagem	45
Subgrupo Colagem	6
Subgrupo <i>Knob</i>	6
Subgrupo <i>Zamack</i>	15
Subgrupo Lubrificação	9
EOL	6
Muro de Qualidade 1	3
Muro de Qualidade 2	12
Retrabalhos	15
Recuperação	9
Chefe de linha	3

Para a criação do plano de recursos adicionais necessários foram tidos em conta os seguintes aspetos:

- O subgrupo dos motores não irá sofrer duplicação, e devido a isso não será necessário recrutar colaboradores para esta área;
- Apenas será contratado um chefe de linha adicional, que terá como função apoiar a resolução de problemas e fazer a ligação de informação entre os 3 turnos;
- Embora na primeira linha haja 15 operadores por turno, para a duplicação apenas será necessário adicionar 10 por turno, isto porque as novas máquinas virão com aparafusadoras automáticas, e algumas das tarefas intermédias deixaram de ser feitas com a evolução do projeto;
- Devido a implementação de um grupo de lubrificação manual, será necessário recrutar 2 pessoas por turno para esta tarefa;
- Com o aumento do fluxo de peças, conjugado com uma melhoria do processo e do *design* do produto, que irá diminuir o número de peças a necessitarem de processo de recuperação e de retrabalho, apenas será necessário recrutar 1 pessoa por turno para cada uma destas áreas;
- Devido ao aumento do número de peças a necessitarem de ser testadas, e à adição de um teste, será necessário contratar 3 pessoas por turno para os muros de qualidade, duas destinada ao muro 1 e uma destinada ao muro 2.

Delineadas as premissas base, o passo seguinte foi definir as operações mais críticas, para as quais os operadores necessitavam de uma semana adicional de formação.



Assim sendo, foram priorizadas, devido à sua complexidade e importância no processo, as operações presentes na Tabela 5 com o número de operadores necessários correspondentes.

Tabela 5- Número de operadores necessários para as operações críticas

Operações críticas	Nº de operadores por turno
Subgrupo de Colagem	2
OP 60	1
OP 101	1
OP265.1	1
EOL	1
Muro de Qualidade	3
Subgrupo de Lubrificação	2
Recuperação	1
Retrabalhos	1
TOTAL	13

Aos 13 operadores, destinados a operações especiais, foi também adicionada um chefe de linha geral.

O pretendido, por motivos de organização, é que os recursos entrem de forma gradual, começando pelos necessários para o 1º turno e de seguida o 2º e 3º turno, respetivamente.

Tendo isto em consideração, e já que os operadores apenas poderiam ser contratados no início do ano civil de 2019 por motivos de gestão contratual, chegou-se ao plano presente na Tabela 6.

Tabela 6- Plano de novos operários

	2019						
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Linha de Montagem	3	3	7	7		3	7
Subgrupo Colagem	2	2	0	0		2	0
Subgrupo Knob	0	0	2	2		0	2
Subgrupo Lubrificação	2	2	0	0		2	0
EOL	1	1	0	0		1	0
Muro de Qualidade	3	3	0	0		3	0
Retrabalhos	1	1	0	0		1	0
Recuperação	1	1	0	0		1	0
Chefe de linha	1	0	0	0		0	0

	1º Turno
	2º Turno
	3º Turno



Para fazer face a nova conjuntura serão então adicionadas 67 pessoas, perfazendo assim um total de 196 recursos humanos diretamente ligados às linhas de montagem BMW-BZM.

5.3 Plano de movimentação das equipamentos e criação de *stock* de segurança

Definido o *layout* a ser implementado, parte-se para a calendarização das movimentações dos equipamentos já existentes a serem realizadas. De ressaltar que todo o plano foi feito em colaboração com a equipa de manutenção e de *software*, e tendo também em conta a disponibilidade de algumas empresas externas responsáveis por alguns equipamentos robotizados. De forma resumida, e mais visual, o plano definido encontra-se na Figura 41, no entanto pode ser encontrada uma versão mais detalhada no anexo VII-Plano detalhado para mudança de *layout*.

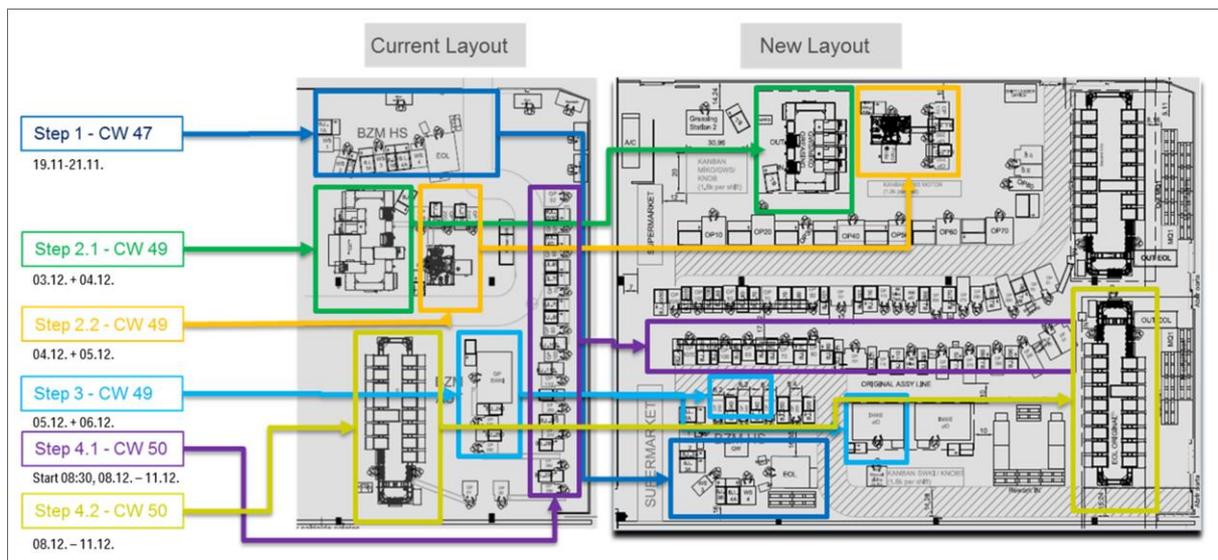


Figura 41- Plano de modificação de *layout*

Uma mudança de equipamentos, nomeadamente dos subgrupos, exige consequentemente a criação de um *stock* de segurança (SS) que suporte a produção da linha de montagem durante o período de deslocação dos dispositivos, que neste caso foi apenas para uma semana. O planeamento do *stock* de segurança foi realizado tendo em conta as encomendas do cliente, e consequentemente as peças a serem produzidas, na semana 49 de 2018, sendo que cada subgrupo tem dias específicos para a sua mudança e consequentemente para a criação de *stock* de segurança. Para ser possível atingir os objetivos, e tendo em conta a capacidade de produção dos subgrupos, foi definido que se iria começar a criar o *stock* 10 dias úteis antes do



início das movimentações, chegando assim ao *target* por turno e por produto, todos estes dados encontram-se disponíveis na Tabela 7.

Tabela 7- Necessidades de componentes e objetivo por turno para criação se stock de segurança (SS)

Subgrupo Data das necessidades	Componente	Necessidades	Objetivo (pcs/turno)
Lubrificação Stock para 2 dias (3/12 e 4/12)	G.F. <i>knob</i> direito	317	11
	G.F. <i>knob</i> esquerdo	466	16
	<i>Slider</i> lubrificado	783	27
	<i>Lower part</i> FES esquerda	428	15
	<i>Lower part</i> FES direita	189	7
	<i>Lower part</i> SA direita	189	7
	<i>Lower part</i> SA esquerda	428	15
	<i>Guiding frame</i> ativo direito	128	5
	<i>Guiding frame</i> ativo esquerdo	38	2
	<i>Guiding frame</i> passivo esquerdo	428	15
	<i>Guiding frame</i> passivo direito	189	7
Caixas de motores	1655	56	
Motores Stock para 2 dias (4/12 e 5/12)		1655	56
Colagem Stock para 2 dias (6/12 e 6/12)	<i>Lower part</i> SA-FES ativa direita	329	11
	<i>Lower part</i> SA-FES ativa esquerda	569	19
	Botão SST <i>engine</i>	599	20
	<i>Knob</i> SWSKI 8	599	20
	<i>Knob</i> SWSKI X	0	0

Em caso de necessidade o *target* era alterado consoante a evolução da criação do *stock* de segurança, ou seja, se a produção estivesse abaixo do espectável as necessidades para os dias seguintes iriam aumentar e vice-versa. O *stock* criado era colocado num espaço designado da área e o controlo era feito pela chefe de linha que preenchia um quadro, disponibilizado para o efeito, com o número de produtos que o respetivo turno tinha colocado no *stock* de segurança, estes valores eram depois verificados pelo departamento de produção.

Para o fabrico deste excedente de peças é essencial aumentar a necessidade de componentes que permitam a produção sem faltas de material, devido a isso, e em paralelo, foi também realizado um plano de necessidade de componentes, presente no anexo VIII-Lista de necessidades de material para *stock* de segurança, que foi atempadamente enviado para a



logística, de forma a que estes estivessem disponíveis quando necessário. Ao analisar o gráfico da Figura 42, que apresenta a evolução da produção ao longo das semanas, é possível constatar que tudo correu como o previsto, já que houve impacto das movimentações realizadas no valor da produção da semana 49.

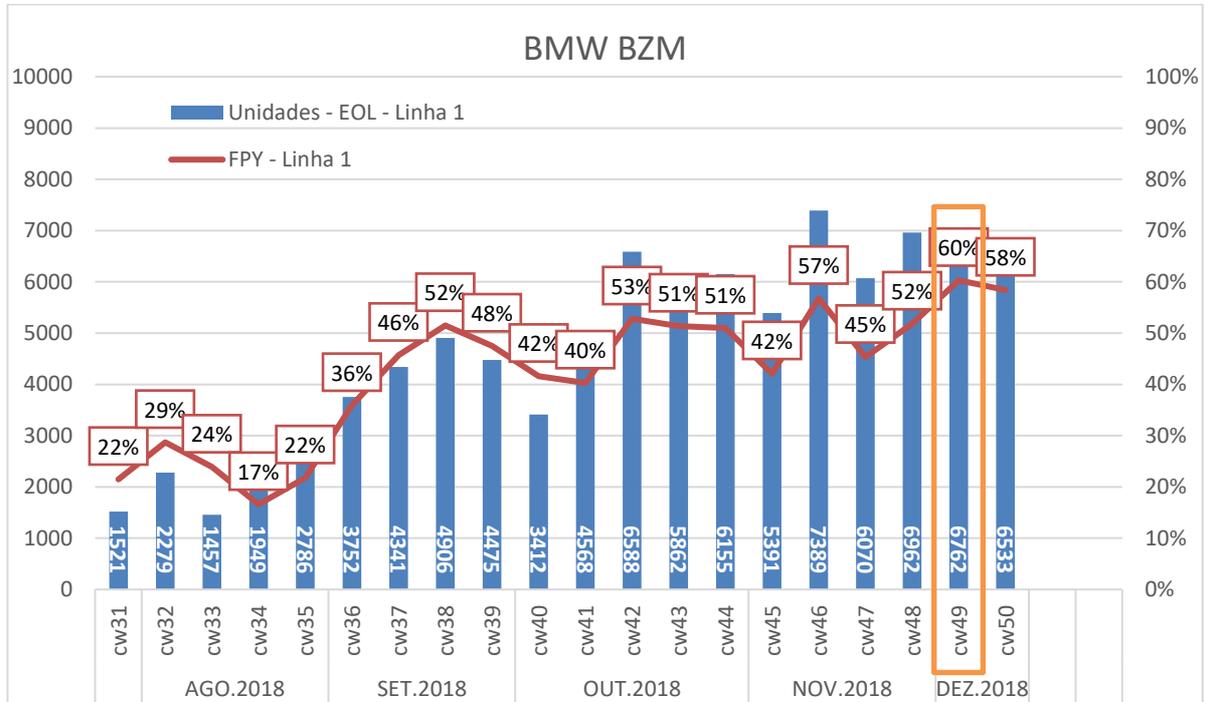


Figura 42 - Flutuação da produção e do First Pass Yield

5.4 Implementação

Feito todo o planeamento anteriormente apresentado, foi possível iniciar a implementação da linha adicional, tendo para isso o cuidado de sinalizar todas as zonas (Figura 43).



Figura 43- Áreas sinalizadas



Feitas todas as modificações planeadas, prevê-se que a linha se encontre com uma capacidade de montagem de 16000 unidades por semana, o que traduz uma duplicação da produção quando comparado com a capacidade anterior de 8000 peças semanais. Este aumento será acompanhado pelo acréscimo de 67 operadores distribuídos pelos 3 turnos, ou seja, ao contrário do espectável, o número de operadores não duplica, comparativamente com os 129 existentes para fazer face à produção de uma única linha. Isto é reflexo das melhorias que foram feitas no projeto e também do facto de alguns subgrupos terem capacidade suficiente para abastecer as 2 linhas, estando apenas a trabalhar com baixa produtividade quando apenas existia uma linha de montagem.



6 MELHORIA DAS 2 LINHAS DE MONTAGEM

Como há sempre espaço para o progresso, mesmo após uma fase inicial de implementações que visam melhorar todo o sistema, após a instalação da segunda linha existem pontos de melhoria que se destacam, e que devem ser analisados, de forma a obter melhores resultados que os atuais. Tudo isto com o objetivo da filosofia *Lean* em mente, cujo objetivo é fazer o máximo possível ao menor custo.

6.1 Redefinição do fluxo da área de Recuperação

De maneira a organizar os dados que já eram retirados da Recuperação, como é o caso do diagnóstico associado a cada tipo de erro e o retrabalho efetuado, foi criada, em equipa, uma aplicação que permite, de forma simples e visual, entender os principais problemas.

Inicialmente o processo de Recuperação de peças era bastante linear, as peças ao serem rejeitadas no EOL ou nos Muros de Qualidade eram encaminhadas para a área de Recuperação onde eram, se possível, reparadas e libertadas para a estação inicial do teste (EOL 0.0) para serem sujeitas a uma nova inspeção.

No anexo IX- Ambiente gráfico da aplicação *Power BI* - Recuperação, estão representados os *outputs* da aplicação, onde é possível compreender como é feita a apresentação dos dados recolhidos pelo sistema de picagem da etiqueta de rastreabilidade presente em todas as peças. Com a análise dos dados, realizada com a ajuda desta ferramenta, foi possível constatar que cerca de 44% das peças que chegavam à área de Recuperação eram apenas retestadas. Tendo esta informação em conta, e devido à instabilidade do processo de reparação da peça, que muitas vezes gera reclamações do cliente, foi realizada uma reestruturação do processo desta zona, que se encontra esquematizada na Figura 44.

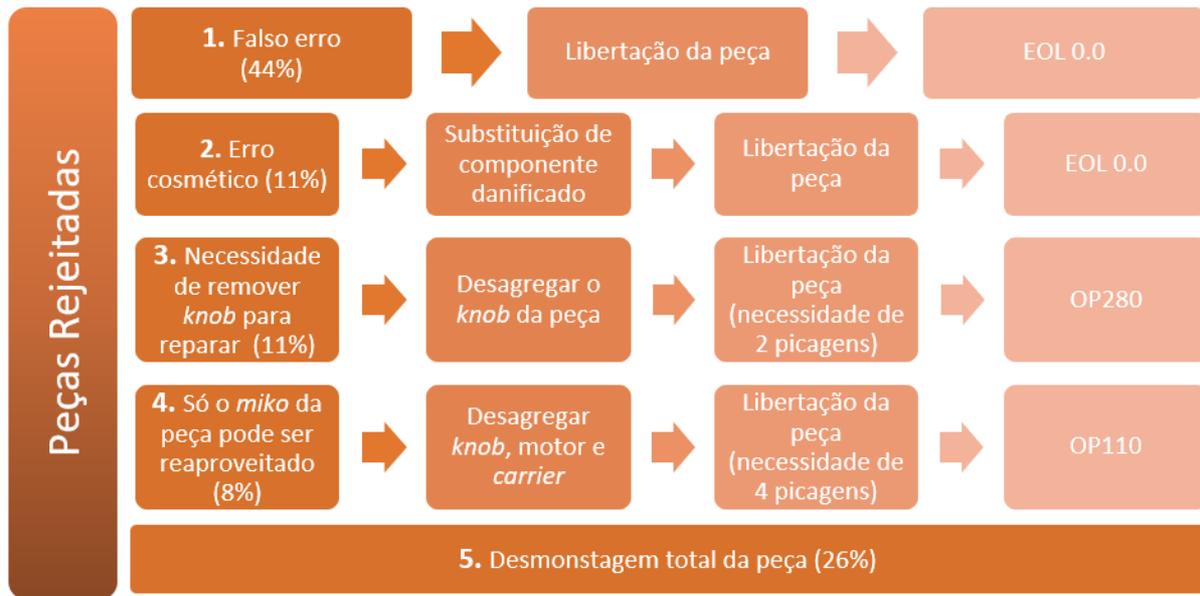


Figura 44- Novo fluxo da área de Recuperação

O segundo caso é apenas aplicado quando existem riscos ou defeitos cosméticos, que usualmente são detetados no Muro de Qualidade 2. Aquando desta ocorrência é realizada a substituição de componentes sem a necessidade de desaparafusamento, aplica-se então à mudança de teclas (EPB, SES, P dos *knob* e *Unlock*) e à troca de friso cromado e *trim*.

O fluxo número 3 é aplicado:

- Problemas de *design* e erros funcionais no *knob*, sendo que, neste caso, o *knob* é obrigatoriamente desmontado e a placa eletrónica nele presente é sucutada. Os restantes componentes, após serem analisados, e apurado que não possuem nenhuma anomalia, são reintegrados na linha de montagem;
- Problemas de estéticos da *blenda* GWS ou má montagem, sendo que isto implica o desaparafusamento do *knob*, que é reaproveitado e libertado para a OP280 para ser utilizado em outra peça.

Já o quarto caso ocorre quando existe problemas com o subgrupo do motor ou com algum aparafusamento interno da peça.

A reestruturação deste fluxo, teve como objetivo principal evitar o aparafusamento de peças sem a existência de um ninho apropriado para o efeito, que possibilitasse um guiamento do parafuso. Sem as condições necessárias para o aparafusamento a peça corre sérios riscos de ficar com cabos danificados, ou até com o componente solto, visto que não há qualquer



controlo do torque aplicado e grande parte das reclamações do cliente derivam deste acontecimento.

Inerente a todo este processo foram redefinidos os componentes, que após desmontagem, poderiam ser reaproveitados e os que obrigatoriamente têm de ser sucitados, como é o caso de todos os cabos, devido à sua sensibilidade e facilidade de se danificarem, e de todas as placas eletrónicas, que facilmente podem ser contaminadas ou ficar com pistas danificadas.

6.2 Externalização de operações

Da mesma forma que ocorreu anteriormente, com o intuito de diminuir o tempo de ciclo das estações de trabalho e a atingir assim os 31 segundos do *target*, houve a necessidade de externalizar as operações dos postos de trabalho da OP60 E OP200, sem a necessidade de contratar mais recursos humanos. Mais uma vez, esta possibilidade deve-se ao aproveitamento do tempo improdutivo do operador durante o período de operação da máquina, graças à instalação de um ninho externo, desenvolvido em parceria com o departamento de equipamento, e utilizando o mecanismo *poka-yoke*, que impede que a peça seja colocada de forma incorreta na base de trabalho.

6.2.1 OP60

Na operação 60, o tempo utilizado para a máquina prensar os componentes, antecipadamente montados pelo operador, constituía tempo improdutivo para o recurso humano, devido a isso foi projetado um ninho externo que permitisse a pré-montagem.

Com esta implementação foi possível reduzir o tempo de ciclo da estação de trabalho de 36,3 para 22,17 segundos, obtendo assim um ganho de sensivelmente 14 segundos por peça. Tal como se pode ver na Figura 45, durante o tempo de processamento da máquina, onde a peça A fica inacessível pelo operador, é feita a colocação da peça B no ninho externo e adicionados os pontos de cola e o botão, sendo posteriormente encaminhada para o ninho da máquina após a peça A ser retirada, onde lhe é adicionada o EPB e a *lower part*. Por fim os componentes são calcados e a peça é finalizada e retirada do equipamento.

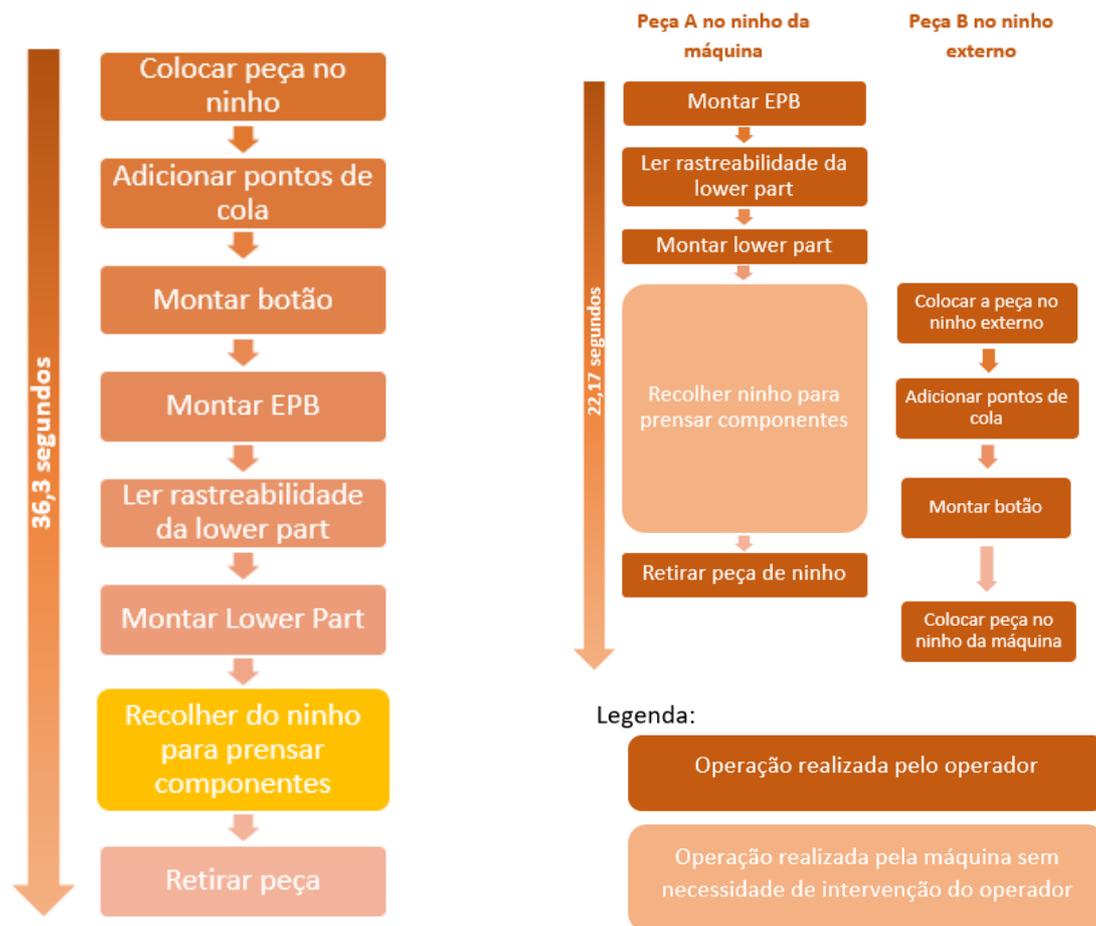


Figura 45- Processo antes (lado esquerdo) e após a adição do ninho externo da OP60 (lado direito)

Após as modificações descritas, o posto de trabalho assumiu o aspeto representado na Figura 46. Ao contrário dos casos anteriores, o ninho externo não foi acoplado à máquina, já que a sua colocação iria levar a distância operador-máquina para níveis inaceitáveis.

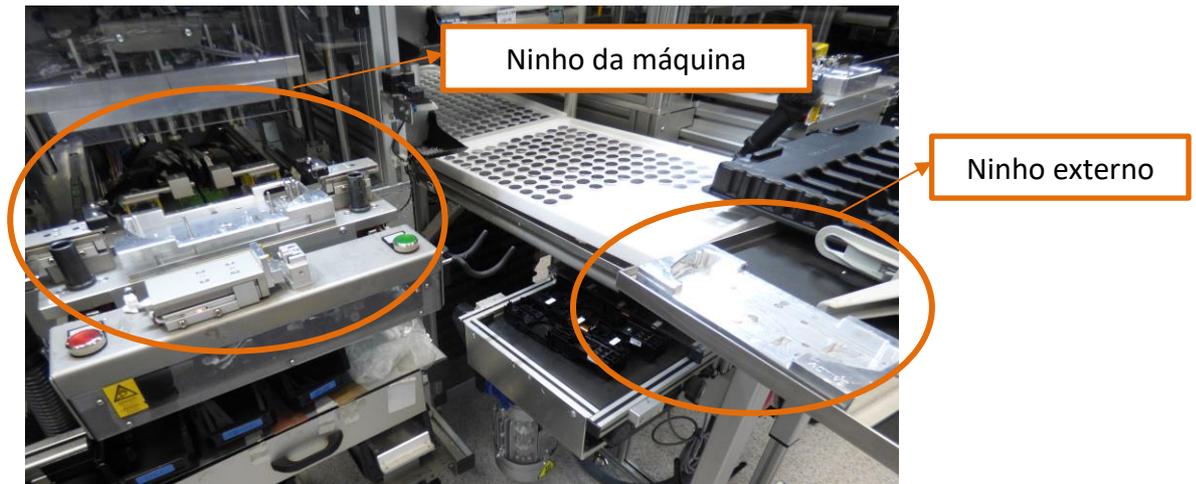


Figura 46- OP 60 após implementação do ninho externo

6.2.2 OP200

A acompanhar a duplicação da linha de montagem veio também a duplicação do subgrupo de *knob* e de colagem e a criação de um processo de lubrificação manual, o mesmo não aconteceu com o subgrupo de motores que não teve qualquer tipo de reforço, isto devido ao facto de apresentar uma grande capacidade de produção que conseguiria abastecer as 2 linhas. No entanto, de maneira a folgar um pouco mais o processo, e para poder haver a criação de um pequeno *buffer* a ser utilizado no caso de avarias ou manutenções do equipamento, houve a necessidade de melhorar o tempo de ciclo da estação de trabalho, dando-lhe assim mais capacidade de produção. Com este objetivo em mente, foi criado um ninho externo acoplado à máquina, que à semelhança dos casos anteriores onde foi aplicada esta estratégia, permite que o operador ocupe o seu tempo improdutivo na preparação da próxima peça, diminuindo assim consideravelmente o tempo de ciclo da estação de trabalho. No caso específico da OP200, o período de improdutividade do recurso humano residia no tempo em que o operador ficava à espera que a máquina realizasse a verificação da conexão do cabo e prensasse os componentes. Com a implementação do ninho externo este período temporal foi ocupado com o encaixe do motor na sua base e com a colocação da placa eletrónica na peça B, que será colocada no ninho da máquina após a peça A ser retirada. Na Figura 47, está representado o processo antes e depois da colocação do ninho externo acoplado à máquina.

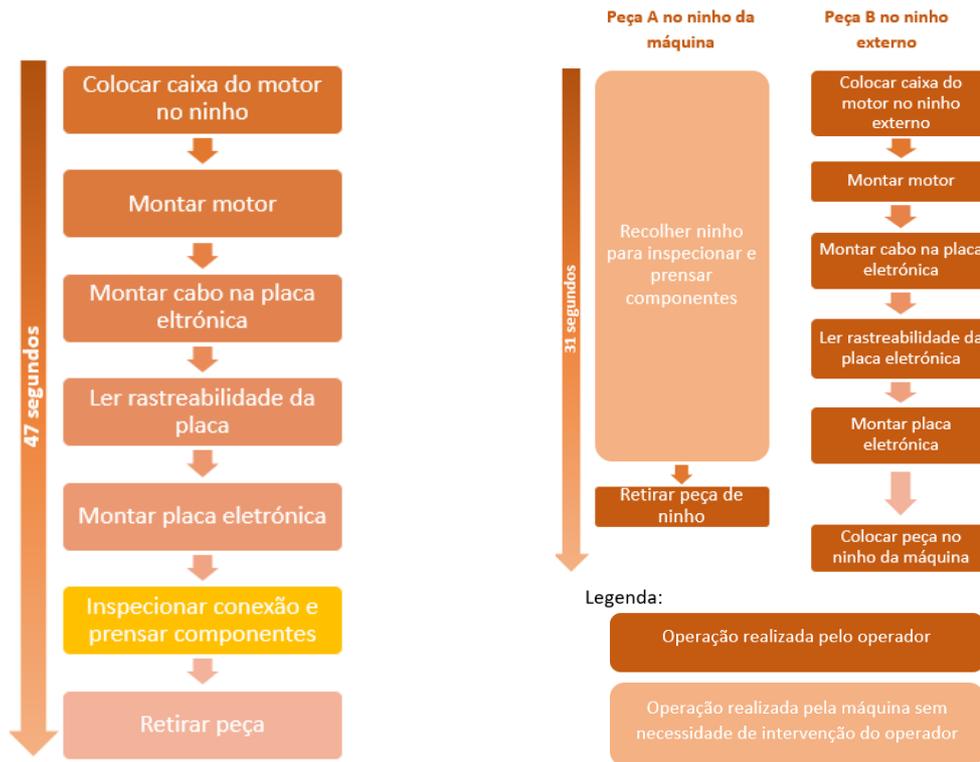


Figura 47- Processo antes (lado esquerdo) e após a adição do ninho externo da OP200 (lado direito)

Após as modificações descritas, o tempo de ciclo desta operação caiu para 31 segundos, diminuído cerca de 16 segundos comparativamente aos 47 segundos que demorava inicialmente. Finalizado o trabalho realizado, e feita a implementação, a OP 200 adquiriu o aspeto apresentado na Figura 48.

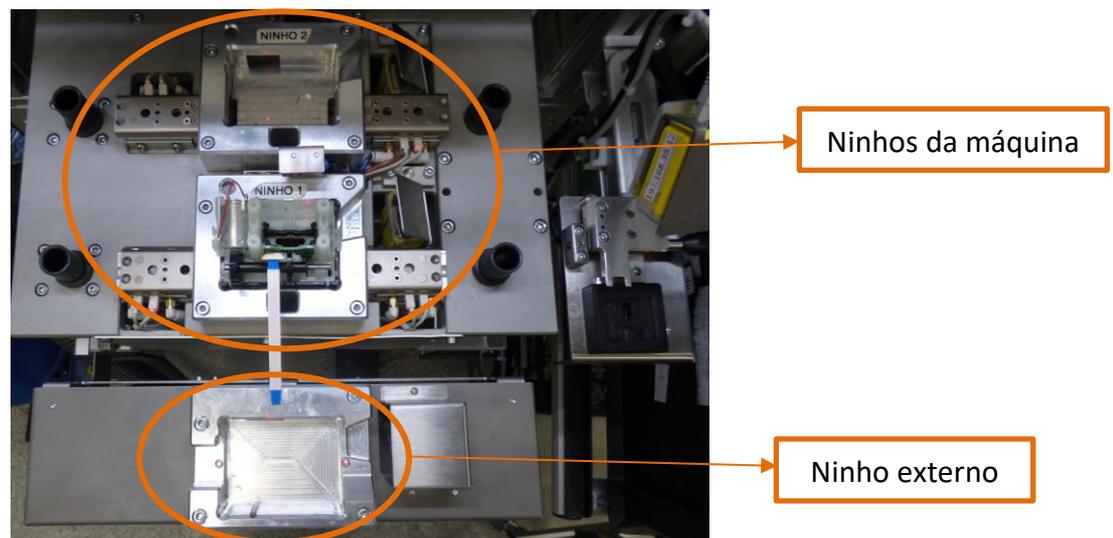


Figura 48- OP200 após implementação do ninho externo



6.3 Aplicação de gestão visual

De maneira a facilitar a passagem de informação para os colaboradores, foram implementados alguns sistemas de gestão visual, que neste caso, irão auxiliar a diferenciação de componentes semelhantes, assim como uma perceção rápida, e a curto prazo, dos problemas da linha de montagem.

6.3.1 Diferenciação de componentes

Devido à necessidade de introdução de um novo componente, neste caso uma mola, bastante similar a uma já existente na mesma estação de trabalho, foi necessário a criação de uma metodologia que permitisse, de forma simples, a identificação do local correto para a colocação de cada uma delas. Surge assim a aplicação do conceito de gestão visual, onde os orifícios presentes na máscara, que permite a inserção das molas na peça, se encontram devidamente marcados com uma cor específica, que está presente na etiqueta de identificação do material no bordo de linha, tal como pode ser observado nas Figuras 49 e 50.



Figura 49- Bordo de linha das molas



Figura 50- Máscara para guiamento das molas

Desta maneira, e de forma intuitiva, o operador compreende que os componentes da caixa identificada a verde devem ser colocados no orifício assinalado a verde, e o mesmo acontece com os componentes assinalados a preto.

6.3.2 Detecção e resolução rápida de problemas

De forma a haver um controlo imediato das quantidades que estão a ser produzidas a curto prazo, tanto na linha de produção como nos subgrupos, foram implementados quadros para cada um destes grupos de produção. O objetivo principal desta implementação é dar a conhecer, de forma intuitiva, a todo o chão de fábrica, desde os operários a toda a equipa de



engenharia e até ao cliente, se o objetivo de produção definido estava a ser cumprido, e caso não esteja, qual o motivo para esse atraso de produção. Desta forma torna-se muito mais rápido perceber os problemas que estão a ocorrer em tempo real e consequentemente agilizar a sua resolução. Na Figura 51, está presente o exemplo do quadro de produção da linha de montagem.

Time	Product	Target	Actual	Problem / Observation / Facts
07:00	P20A	60 / 60	64 / 64	
07:15	P20A	60 / 120	64 / 124	
07:30	P20A	60 / 180	69 / 212	DEA MOTORES / AVARIA CP 230
07:45	P20A	60 / 240	63 / 240	
08:00	P20A	60 / 300	77 / 323	
08:15	P20A	60 / 360		
08:30	P20A	60 / 420		
08:45	P20A	60 / 480		
09:00	P20A	60 / 540		
09:15	P20A	60 / 600		
09:30	P20A	60 / 660		
09:45	P20A	60 / 720		
10:00	P20A	60 / 780		
10:15	P20A	60 / 840		
10:30	P20A	60 / 900		
10:45	P20A	60 / 960		
11:00	P20A	60 / 1020		
11:15	P20A	60 / 1080		
11:30	P20A	60 / 1140		
11:45	P20A	60 / 1200		
12:00	P20A	60 / 1260		
12:15	P20A	60 / 1320		
12:30	P20A	60 / 1380		
12:45	P20A	60 / 1440		
13:00	P20A	60 / 1500		
13:15	P20A	60 / 1560		
13:30	P20A	60 / 1620		
13:45	P20A	60 / 1680		
14:00	P20A	60 / 1740		
14:15	P20A	60 / 1800		
14:30	P20A	60 / 1860		
14:45	P20A	60 / 1920		
15:00	P20A	60 / 1980		
15:15	P20A	60 / 2040		
15:30	P20A	60 / 2100		
15:45	P20A	60 / 2160		
16:00	P20A	60 / 2220		
16:15	P20A	60 / 2280		
16:30	P20A	60 / 2340		
16:45	P20A	60 / 2400		
17:00	P20A	60 / 2460		
17:15	P20A	60 / 2520		
17:30	P20A	60 / 2580		
17:45	P20A	60 / 2640		
18:00	P20A	60 / 2700		
18:15	P20A	60 / 2760		
18:30	P20A	60 / 2820		
18:45	P20A	60 / 2880		
19:00	P20A	60 / 2940		
19:15	P20A	60 / 3000		
19:30	P20A	60 / 3060		
19:45	P20A	60 / 3120		
20:00	P20A	60 / 3180		
20:15	P20A	60 / 3240		
20:30	P20A	60 / 3300		
20:45	P20A	60 / 3360		
21:00	P20A	60 / 3420		
21:15	P20A	60 / 3480		
21:30	P20A	60 / 3540		
21:45	P20A	60 / 3600		
22:00	P20A	60 / 3660		
22:15	P20A	60 / 3720		
22:30	P20A	60 / 3780		
22:45	P20A	60 / 3840		
23:00	P20A	60 / 3900		
23:15	P20A	60 / 3960		
23:30	P20A	60 / 4020		
23:45	P20A	60 / 4080		
00:00	P20A	60 / 4140		
00:15	P20A	60 / 4200		
00:30	P20A	60 / 4260		
00:45	P20A	60 / 4320		
01:00	P20A	60 / 4380		
01:15	P20A	60 / 4440		
01:30	P20A	60 / 4500		
01:45	P20A	60 / 4560		
02:00	P20A	60 / 4620		
02:15	P20A	60 / 4680		
02:30	P20A	60 / 4740		
02:45	P20A	60 / 4800		
03:00	P20A	60 / 4860		
03:15	P20A	60 / 4920		
03:30	P20A	60 / 4980		
03:45	P20A	60 / 5040		
04:00	P20A	60 / 5100		
04:15	P20A	60 / 5160		
04:30	P20A	60 / 5220		
04:45	P20A	60 / 5280		
05:00	P20A	60 / 5340		
05:15	P20A	60 / 5400		
05:30	P20A	60 / 5460		
05:45	P20A	60 / 5520		
06:00	P20A	60 / 5580		
06:15	P20A	60 / 5640		
06:30	P20A	60 / 5700		
06:45	P20A	60 / 5760		
07:00	P20A	60 / 5820		
07:15	P20A	60 / 5880		
07:30	P20A	60 / 5940		
07:45	P20A	60 / 6000		
08:00	P20A	60 / 6060		
08:15	P20A	60 / 6120		
08:30	P20A	60 / 6180		
08:45	P20A	60 / 6240		
09:00	P20A	60 / 6300		
09:15	P20A	60 / 6360		
09:30	P20A	60 / 6420		
09:45	P20A	60 / 6480		
10:00	P20A	60 / 6540		
10:15	P20A	60 / 6600		
10:30	P20A	60 / 6660		
10:45	P20A	60 / 6720		
11:00	P20A	60 / 6780		
11:15	P20A	60 / 6840		
11:30	P20A	60 / 6900		
11:45	P20A	60 / 6960		
12:00	P20A	60 / 7020		
12:15	P20A	60 / 7080		
12:30	P20A	60 / 7140		
12:45	P20A	60 / 7200		
13:00	P20A	60 / 7260		
13:15	P20A	60 / 7320		
13:30	P20A	60 / 7380		
13:45	P20A	60 / 7440		
14:00	P20A	60 / 7500		
14:15	P20A	60 / 7560		
14:30	P20A	60 / 7620		
14:45	P20A	60 / 7680		
15:00	P20A	60 / 7740		
15:15	P20A	60 / 7800		
15:30	P20A	60 / 7860		
15:45	P20A	60 / 7920		
16:00	P20A	60 / 7980		
16:15	P20A	60 / 8040		
16:30	P20A	60 / 8100		
16:45	P20A	60 / 8160		
17:00	P20A	60 / 8220		
17:15	P20A	60 / 8280		
17:30	P20A	60 / 8340		
17:45	P20A	60 / 8400		
18:00	P20A	60 / 8460		
18:15	P20A	60 / 8520		
18:30	P20A	60 / 8580		
18:45	P20A	60 / 8640		
19:00	P20A	60 / 8700		
19:15	P20A	60 / 8760		
19:30	P20A	60 / 8820		
19:45	P20A	60 / 8880		
20:00	P20A	60 / 8940		
20:15	P20A	60 / 9000		
20:30	P20A	60 / 9060		
20:45	P20A	60 / 9120		
21:00	P20A	60 / 9180		
21:15	P20A	60 / 9240		
21:30	P20A	60 / 9300		
21:45	P20A	60 / 9360		
22:00	P20A	60 / 9420		
22:15	P20A	60 / 9480		
22:30	P20A	60 / 9540		
22:45	P20A	60 / 9600		
23:00	P20A	60 / 9660		
23:15	P20A	60 / 9720		
23:30	P20A	60 / 9780		
23:45	P20A	60 / 9840		
00:00	P20A	60 / 9900		
00:15	P20A	60 / 9960		
00:30	P20A	60 / 10020		
00:45	P20A	60 / 10080		
01:00	P20A	60 / 10140		
01:15	P20A	60 / 10200		
01:30	P20A	60 / 10260		
01:45	P20A	60 / 10320		
02:00	P20A	60 / 10380		
02:15	P20A	60 / 10440		
02:30	P20A	60 / 10500		
02:45	P20A	60 / 10560		
03:00	P20A	60 / 10620		
03:15	P20A	60 / 10680		
03:30	P20A	60 / 10740		
03:45	P20A	60 / 10800		
04:00	P20A	60 / 10860		
04:15	P20A	60 / 10920		
04:30	P20A	60 / 10980		
04:45	P20A	60 / 11040		
05:00	P20A	60 / 11100		
05:15	P20A	60 / 11160		
05:30	P20A	60 / 11220		
05:45	P20A	60 / 11280		
06:00	P20A	60 / 11340		
06:15	P20A	60 / 11400		
06:30	P20A	60 / 11460		
06:45	P20A	60 / 11520		
07:00	P20A	60 / 11580		
07:15	P20A	60 / 11640		
07:30	P20A	60 / 11700		
07:45	P20A	60 / 11760		
08:00	P20A	60 / 11820		
08:15	P20A	60 / 11880		
08:30	P20A	60 / 11940		
08:45	P20A	60 / 12000		
09:00	P20A	60 / 12060		
09:15	P20A	60 / 12120		
09:30	P20A	60 / 12180		
09:45	P20A	60 / 12240		
10:00	P20A	60 / 12300		
10:15	P20A	60 / 12360		
10:30	P20A	60 / 12420		
10:45	P20A	60 / 12480		
11:00	P20A	60 / 12540		
11:15	P20A	60 / 12600		
11:30	P20A	60 / 12660		
11:45	P20A	60 / 12720		
12:00	P20A	60 / 12780		
12:15	P20A	60 / 12840		
12:30	P20A	60 / 12900		
12:45	P20A	60 / 12960		
13:00	P20A	60 / 13020		
13:15	P20A	60 / 13080		
13:30	P20A	60 / 13140		
13:45	P20A	60 / 13200		
14:00	P20A	60 / 13260		
14:15	P20A	60 / 13320		
14:30	P20A	60 / 13380		
14:45	P20A	60 / 13440		
15:00	P20A	60 / 13500		
15:15	P20A	60 / 13560		
15:30	P20A	60 / 13620		
15:45	P20A	60 / 13680		
16:00	P20A	60 / 13740		
16:15	P20A	60 / 13800		
16:30	P20A	60 / 13860		
16:45	P20A	60 / 13920		
17:00	P20A	60 / 13980		
17:15	P20A	60 / 14040		
17:30	P20A	60 / 14100		
17:45	P20A	60 / 14160		
18:00	P20A	60 / 14220		
18:15	P20A	60 / 14280		
18:30	P20A	60 / 14340		
18:45	P20A	60 / 14400		
19:00	P20A	60 / 14460		
19:15	P20A	60 / 14520		
19:30	P20A	60 / 14580		
19:45	P20A	60 / 14640		
20:00	P20A	60 / 14700		
20:15	P20A	60 / 14760		
20:30	P20A	60 / 14820		
20:45	P20A	60 / 14880		
21:00	P20A	60 / 14940		
21:15	P20A	60 / 15000		
21:30	P20A	60 / 15060		
21:45	P20A	60 / 15120		
22:00	P20A	60 / 15180		
22:15	P20A	60 / 15240		
22:30	P20A	60 / 15300		
22:45	P20A	60 / 15360		
23:00	P20A	60 / 15420		
23:15	P20A	60 / 15480		
23:30	P20A	60 / 15540		
23:45	P20A	60 / 15600		
00:00	P20A	60 / 15660		
00:15	P20A	60 / 15720		
00:30	P20A	60 / 15780		
00:45	P20A	60 / 15840		
01:00	P20A	60 / 15900		
01:15	P20A	60 / 15960		
01:30	P20A	60 / 16020		
01:45	P20A	60 / 16080		
02:00	P20A	60 / 16140		
02:15	P20A	60 / 16200		
02:30	P20A	60 / 16260		
02:45	P20A	60 / 16320		
03:00	P20A	60 / 16380		
03:15	P20A	60 / 16440		
03:30	P20A	60 / 16500		
03:45	P20A	60 / 16560		
04:00</				



valor de cada peça, cuja sua desmontagem implica descartar diversos componentes de valor elevado. No entanto, ao seguir esta prática, e no caso de uma peça reprovar nos testes realizados e necessitar de ser desmontada, onde alguns dos seus componentes são sucataados e os restantes devolvidos à linha de montagem como componente base sem qualquer tipo de associação, o que acontece frequentemente nesta fase do projeto, a encomenda fica incompleta. Até ao momento a verificação destes casos era feita pelo chefe de linha que, quando se apercebia deste acontecimento, lançava uma ordem de produção com a referência e quantidade correspondente de peças que foram desmontadas, permitindo assim completar a encomenda. Com os aumentos das quantidades esta gestão tornou-se inconcebível, sendo por isso necessário criar um processo autónomo. Neste contexto surgem os cartões de produção, que têm como objetivo a criação de um fluxo que garanta que sempre que uma peça seja desmontada é lançada uma ordem de produção, com a referência e a respetiva quantidade da peça desagregada. Além da finalidade de gerir o processo, os cartões são incumbidos de passar toda a informação necessária ao longo da linha de montagem, nomeadamente:

- Referência da peça;
- Referência do *miko* associado;
- Quantidade;
- Tipo de tecla SA e tecla FES;
- Tipo de *blenda*;
- Tipo de *knob*;
- Tipo de botão.

Foram então projetados dois tipos de cartões:

- Cartão branco, presente na Figura 52, que se destina a toda a produção regular, englobando todas as ordens de produção que são disponibilizadas pelo planeamento. Estes documentos são preenchidos pelo chefe de linha e disponibilizados na primeira máquina da linha de montagem, OP 40/50, sendo que além de gerir o seu turno, este deve preparar as 3 primeiras horas do turno seguinte.



Referência: 90170- _____ / _____		Botão:	
Referência Miko: _____		<input type="checkbox"/> Start Stop SWK	<input type="checkbox"/> Start Engine Stop SWK
Quantidade: _____		<input type="checkbox"/> Start Stop Normal	<input type="checkbox"/> Start Engine Stop Normal
Ordem: _____			
Tecla SA:	Tecla FES:	Blenda:	Knob:
<input type="checkbox"/> 1 Cond. Luz	<input type="checkbox"/> EcoPro	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Normal
<input type="checkbox"/> 2 Cond. Luz	<input type="checkbox"/> Elétrica	<input type="checkbox"/> ///M	<input type="checkbox"/> SWK

Figura 52- Estrutura do cartão de produção branco

- Cartão laranja, que se aplica quando uma peça é desmontada. Estes documentos são preenchidos pelo responsável da Recuperação, no final do seu turno, e entregue ao chefe de linha do turno seguinte que os deve colocar na OP 40/50. A sua cor característica indica prioridade de produção, ou seja, as ordens presentes nos cartões laranjas, representados na Figura 53, têm sempre prioridade em relação aos brancos.

Peças com prioridade na montagem.			
Referência: 90170- _____ / _____		Botão:	
Referência Miko: _____		<input type="checkbox"/> Start Stop SWK	<input type="checkbox"/> Start Engine Stop SWK
Quantidade: _____		<input type="checkbox"/> Start Stop Normal	<input type="checkbox"/> Start Engine Stop Normal
Tecla SA:	Tecla FES:	Blenda:	Knob:
<input type="checkbox"/> 1 Cond. Luz	<input type="checkbox"/> EcoPro	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Normal
<input type="checkbox"/> 2 Cond. Luz	<input type="checkbox"/> Elétrica	<input type="checkbox"/> ///M	<input type="checkbox"/> SWK

Figura 53- Estrutura do cartão de produção laranja

Com esta implementação, e segundo dados fornecidos pelo planeamento e pela logística de duas semanas antes e depois da implementação, o tempo médio da preparação da encomenda, desde do lançamento da ordem até ser entregue em sistema, reduziu cerca de 27%, passando de aproximadamente 2 para 1,46 dias.

Foi também possível obter uma maior organização das áreas dos Muros de Qualidade, onde anteriormente se localizavam várias caixas em espera para serem completadas, e o facto dos cartões conterem informação dos componentes que são necessários para a referência em causa, facilitou o fluxo de informação ao longo da linha de montagem, evitando assim trocas de material.



O chefe de linha viu com isto umas das suas tarefas diárias anulada, podendo desta forma despende mais tempo para se dedicar a outras operações, tal como se pode ver no testemunho prestado pelo chefe de um dos turnos (T1).

“Com a implementação dos cartões foi notória uma grande mudança, principalmente no muro 2 onde as caixas ficavam à espera das peças em falta, o que ocupava bastante espaço, chegando até a um ponto onde tínhamos que ocupar espaço que não nos era destinado, agora conseguimos realmente fechar as encomendas mais rapidamente, claro que continuam a haver caixas à espera de peças mas numa quantidade muito menos, na primeira semana de funcionamento acompanhei de perto tudo e apercebi-me que realmente quando isto acontecia ou a peça estava a ser reparada ou o cartão laranja já tinha sido criado, e isto sem a minha intervenção o que obviamente me libertou tempo para me dedicar a outras coisas. “

T1



7 METODOLOGIAS DE ORGANIZAÇÃO DE EQUIPA

Por detrás do projeto BZM-BMW há toda uma equipa que diariamente tem a necessidade de analisar dados retirados do sistema OEE, e aplicações criadas adicionalmente, e daí retirar as conclusões e planos de ação para a resolução de problemas e consequente melhoria dos parâmetros analisados.

Os 3 guias mais utilizados são:

- Os números de unidades do *output*;
- O *First Pass Yield (FPY)*, que traduz a percentagem de peças que passam à primeira nos testes realizados, e que levam à procura dos problemas de qualidade existentes;
- Disponibilidade dos equipamentos, que desvenda os principais problemas da máquina.

Com base nestes pontos é desenvolvido todo o trabalho remanescente.

7.1 Reuniões de Guerra

Durante todo o processo de melhoria e duplicação, foi necessário coordenar uma vasta equipa de forma a que todos os elementos que intervêm no projeto estivessem sintonizados e focados nos tópicos críticos.

Inicialmente eram realizadas reuniões diárias no *shop floor*, com auxílio de *workpackages* para cada departamento da empresa envolvido no projeto (logística, qualidade, desenvolvimento, produção e *software-EOL*), cuja disposição encontra-se apresentada na Figura 54. Nestes quadros constam todas as atividades que a equipa iria desenvolver durante o dia no projeto BZM e quais os resultados obtidos com as atividades do dia anterior, caso se aplicasse eram também apresentadas informações de performance da linha.



Figura 54- Disposição inicial da informação da reunião de equipa

No entanto esta metodologia apresentava algumas desvantagens, tais como:

- O tempo despendido na execução da reunião em si, visto que cada equipa se focava demasiado nas suas atividades e em explicar ao grupo o que se iria realizar durante o dia, começando assim por muitas vezes se dispersarem do assunto principal;
- Necessidade de atualizar os *workpackages*, que deveria ser realizado antes do início da reunião, o que obrigava, a que pelo menos, 1 dos elementos de cada equipa a chegarem mais cedo para executar esta tarefa;
- Dispersão de informação;
- No final da reunião não havia um conjunto de pontos comuns considerados relevantes por todos os participantes.

Com um intuito de melhorar a organização do grupo foi então implementado um novo conceito de reunião, com apenas 4 quadros principais, sendo eles:

- **Quadro de performance** – onde se encontram os dados logísticos (quantidade enviada, nº de transportes especiais e nº de peças em atraso), dados da montagem obtidos nos principais pontos da linha de produção (OP290, EOL11 e Muro de Qualidade 2), percentagem de aprovação das peças por variante (*First Pass Yield – FPY*) e por fim dados de qualidade (nº de peças rejeitadas nos Muros de Qualidade e nº de reclamações do cliente);
- **Quadro das principais ações do dia** – onde são mencionados todos os tópicos de extrema importância e que devem ser do conhecimento de toda a equipa, sendo que



todos os departamentos se devem focar, e ter em consideração, todos estes problemas e não apenas considerar as atividades do seu núcleo como acontecia anteriormente;

- **Quadro de problemas** – onde é mencionado o TOP 5 de erros que ocorreram no EOL no dia anterior, todas as paragens críticas dos equipamentos e os principais defeitos encontrados nos muros de qualidade;
- **Quadro de intervenções planeadas** – onde devem constatar todas as intervenções planeadas que deverão ser realizadas, tanto pela engenharia como pela manutenção.

Este novo conceito permitiu reduzir o tempo de reunião em cerca de 50% e melhorar a organização e passagem de informação para toda a equipa. Como se pode ver na Figura 55, a área de reuniões ficou muito mais atrativa e compacta, aumentando assim a proximidade dos membros da reunião, o que consequentemente permitiu facilitar a passagem de informação.

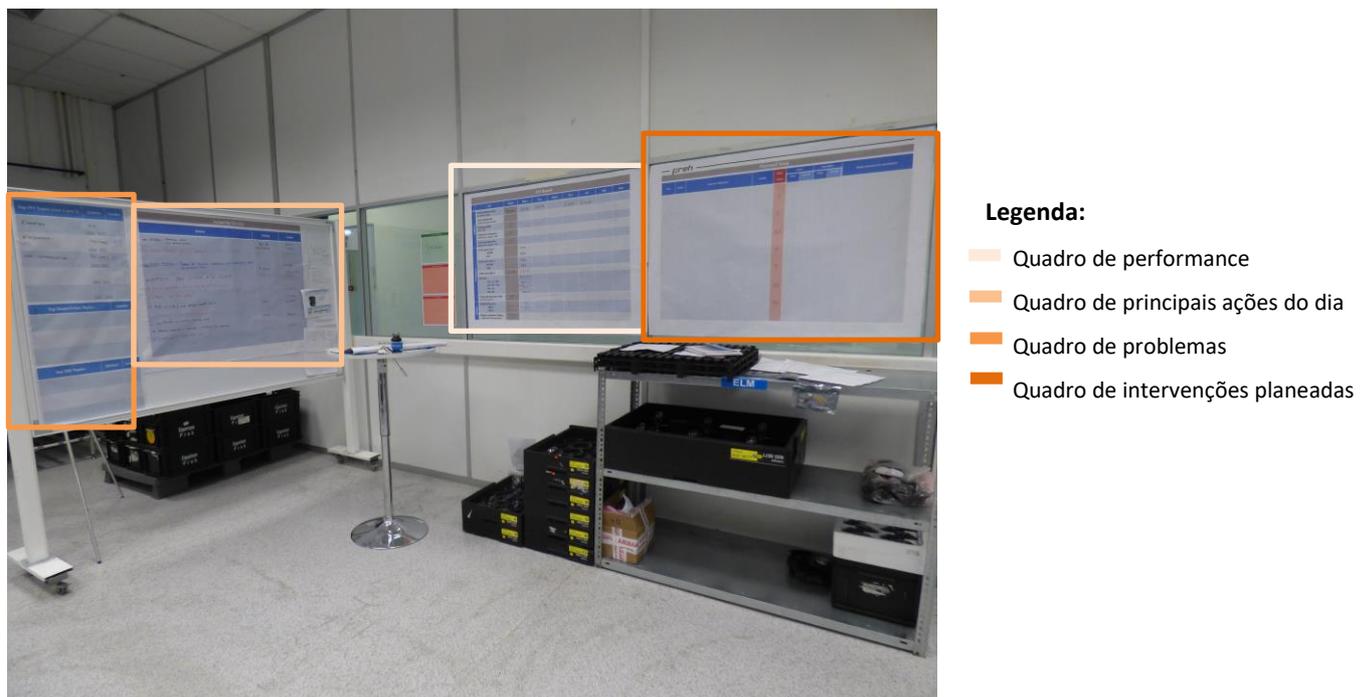


Figura 55- Disposição da informação da reunião de equipa após implementação de ações de melhoria

Posteriormente, foi adicionada uma reunião semanal com apenas os responsáveis de cada departamento e a gerência, de forma a dar conhecimento das ações que estão em curso com o intuito de melhorar a *performance*.



7.2 Reuniões de passagem de turno

De maneira a aprimorar o fluxo de informação entre turnos foram nomeados responsáveis por determinadas zonas do processo produtivo, sendo elas:

- Linha de montagem;
- EOL;
- Recuperação;
- Assistência Logística;
- Subgrupo dos motores;
- Subgrupo da colagem;
- Subgrupo dos *knobs*.

Os responsáveis nomeados nestas categorias, juntamente com o chefe de produção, os chefes de linha e os chefes dos turnos em transição, são os participantes das reuniões de passagem de turno, onde são abordados os equipamentos que se encontram parados por avaria, os componentes em falta na linha e que impossibilitam a produção de determinadas referências, os novos problemas de qualidade que existem na linha, possíveis alterações que foram realizadas no processo ou nos equipamentos e as peças que são consideradas de envio urgente e que devem ter prioridade na produção. Caso se ache necessário são abordados outros assuntos extraordinários. De forma a registar toda esta informação, para possível consulta futura de outros elementos da equipa que não estão presentes na reunião, como é o caso de um terceiro turno não envolvido, foi criado um documento que deve ser preenchido pelo chefe de linha e afixado no quadro de passagem de turno, sendo que este deve ser lido e assinado, de forma a confirmar que foi tomado conhecimento.



8 RESULTADOS

Além das ações desenvolvidas para assegurar o desenvolvimento de um projeto de duplicação bem definido, que fosse viável futuramente, e das medidas tomadas para que a sua implementação fosse realizada sem colocar em causa os níveis de produção, o projeto desenvolvido permitiu melhorar bastante o sistema encontrado inicialmente, possibilitando:

- **Poupanças monetárias diretas**, obtidas diretamente da redução dos problemas de qualidade:
 - Riscos *knob high gloss* – 2788 euros mensais;
 - Defeitos estéticos da *blenda GWS* – 1176 euros mensais.

Totalizando assim mensalmente uma poupança de cerca de 3964 euros, o que traduz sensivelmente 47568 euros por ano. Não esquecendo que este montante teria tendência a aumentar com a duplicação da linha de montagem.

- **Melhoria do fluxo de materiais**, que permitiu a execução de um *set-up* mais rápido em cerca de 85% e eliminou a existência de micro-paragens devido à falta de material;
- **Postos de trabalho mais ergonómicos**, graças à melhoria do acesso aos materiais em cada posto de trabalho, conseguida com a reestruturação dos bordos de linha;
- **Uma área de montagem mais limpa e organizada**, conseguida através da implementação de um plano de manutenção autónoma, que permitiu que os postos de trabalho fossem limpos com uma maior frequência, e que alguns componentes de grande desgaste fossem substituídos preventivamente de forma a não provocar a paragem do dispositivo durante o período de montagem;
- **Melhor organização e identificação dos materiais**, com a implementação de embalagens de sistema *poka-yoke*, que evitam o mau acondicionamento do material, e a etiquetagem das mesmas, de forma a identificar a quantidade e a hora de produção e a controlar o processo de quarentena de alguns deles;
- **Uma rápida deteção dos problemas da linha de montagem em tempo real**, que foi atingida com a colocação de um alerta luminoso, para chamar a atenção para o risco de paragem por falta de material, e com a colocação dos quadros da produção em tempo real, tanto nas linhas de montagem como nos subgrupos, que auxiliam na rápida deteção dos problemas;



- **Passagem de informação de forma mais eficiente**, através da colocação dos diversos alertas, inclusive de instruções de trabalho, que permitiram que o processo fosse realizado de acordo com o pré-definido pelo departamento de processo e equipamento;
- **Aumento da capacidade de produção em alguns dispositivos**, graças à externalização de algumas operações recorrendo a ninhos externos. Em alguns casos, quando a operação em si constituía o *bottleneck* do processo, foi possível diminuir o tempo de ciclo da linha de montagem aumentando assim o *output* final da linha, o que consequentemente permite um aumento da produtividade;
- **Um fluxo de informação autónomo**, graças aos cartões de organização de produção, que tornou a passagem da informação necessária mais rápida e independente da intervenção constante da chefe de linha;
- **Um método de organização de equipa mais eficiente**, permitindo assim a poupança de tempo dos intervenientes e uma passagem de informação eficaz, objetiva e clara.

Na Figura 56, encontra-se representado o gráfico que traduz a evolução do *output* e do *first pass yield* (FPY) ao longo do desenvolvimento do projeto que sustenta esta dissertação. De notar que nele estão assinaladas as semanas em que se procedeu à alteração da localização da linha de montagem inicial e dos respetivos subgrupos, além disso é de ressaltar que:

- A oscilação do *output* advém da falta de material proveniente de áreas internas da empresa, como injeção e pintura, e também de alguns fornecedores externos, devido nomeadamente à rutura de moldes de injeção. Estes casos refletem-se essencialmente nos resultados da semana 10 e 12;
- Na semana 6 é iniciada a produção na segunda linha de montagem implementada e aprovada previamente;
- Na semana 21, que coincide com o final do projeto, foi realizada uma auditoria por parte do cliente, na qual foi exigido que as duas linhas estivessem a trabalhar na sua capacidade máxima, de forma a comprovar os dados avançados pela Preh Portugal à BMW relativamente à capacidade instalada.

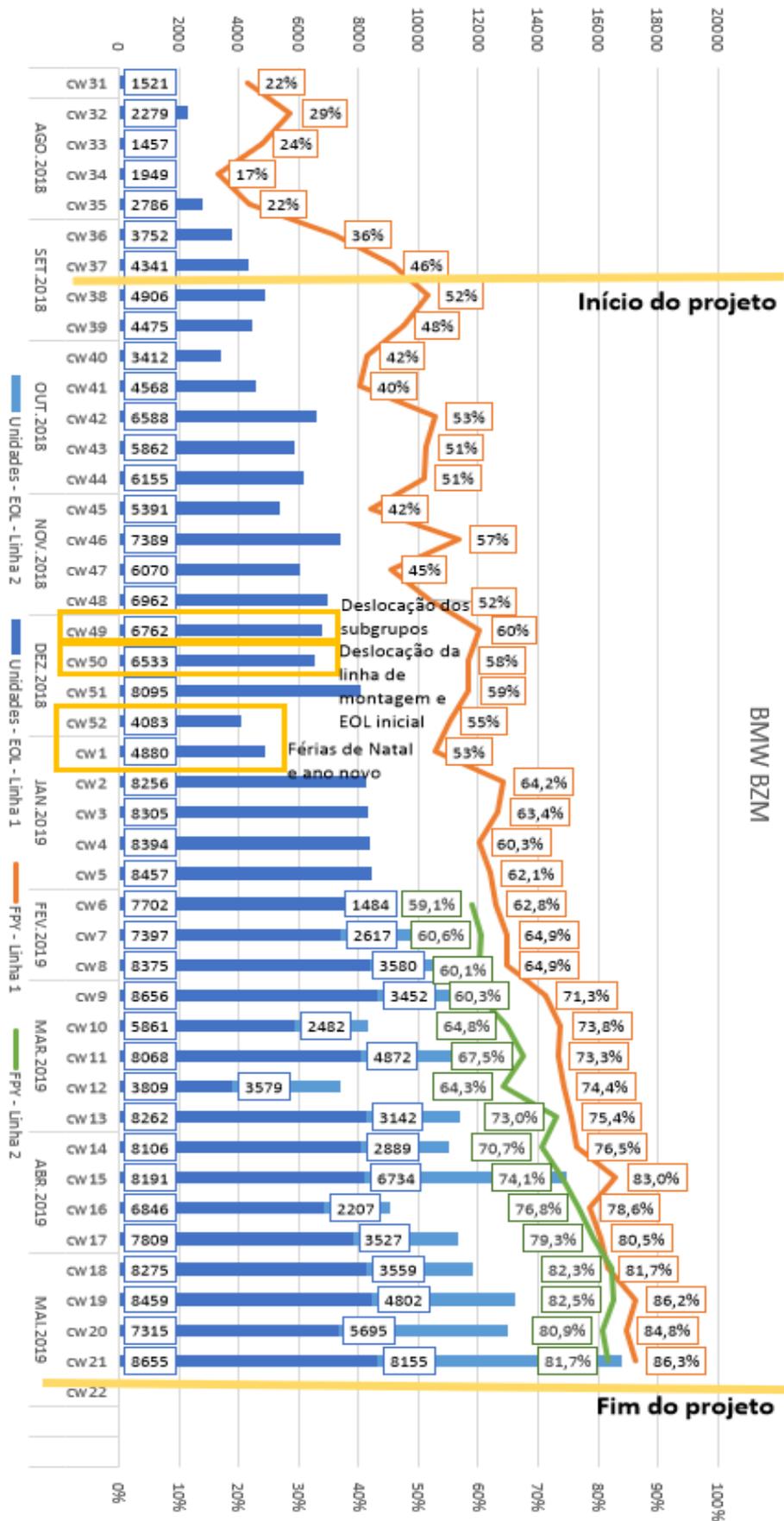


Figura 56- Evolução do output e do FPY ao longo do desenvolvimento do projeto



Além de uma evolução notória das quantidades obtidas e do FPY, que traduz também uma melhoria da qualidade, é de realçar que, com as melhorias realizadas, em termos de equipamentos, acesso aos materiais e organização que traduz a redução do *lead time*, foi possível atingir quantidades superiores às espectáveis inicialmente. Na semana 21, denominada semana do *stress* na qual é previsto obter a melhor performance possível no estado atual do projeto, a linha 1 atingiu as 8655 unidades e a linha 2 montou 8155 peças aprovadas, ultrapassando assim as 8000 peças inicialmente previstas como *output* de cada linha.

Um indicador que demonstra também o desenvolvimento positivo e que evidencia o impacto das medidas implementadas, é a produtividade, cuja evolução durante o desenvolvimento do projeto, se encontra representada na Figura 57.

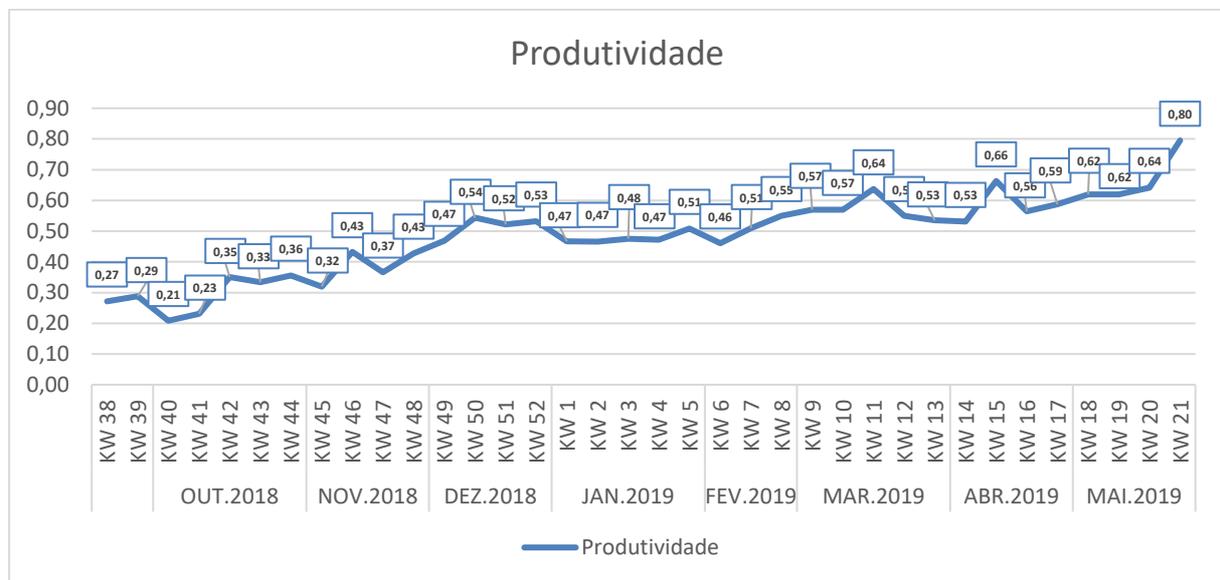


Figura 57- Evolução da produtividade ao longo do projeto

Além dos resultados numéricos apresentados, e de forma a expressar as melhorias atingidas e de difícil quantificação, foram recolhidos alguns depoimentos que comprovam a total mudança da área de montagem quando comparado com o estado inicial. De entre os depoimentos recolhidos foram selecionados 3 que abordam a implementação de diferentes ações, de ressaltar que os nomes dos colaboradores serão ocultados por motivos de confidencialidade, denominando-se assim por D1, D2 e D3.



“Quando comparado com Setembro do ano passado a área encontra-se totalmente diferente, não só pelos novos equipamentos mas também por toda a organização que já vínhamos a precisar à muito tempo, uma das melhores implementações foi sem dúvida a mudança dos bordos de linha, atualmente fazer a mudança de referência implica apenas mudar os ninhos e trocar as caixas de alguns materiais que não sejam comuns, enquanto que anteriormente todo este processo dependia do abastecimento dos assistentes à linha que demoravam, obviamente, muito mais tempo a fazer esta mudança.”

D1

“A criação de um plano de manutenção autónoma fez sem dúvida a diferença no aspeto da área, que se encontra muito mais limpa, e ajuda também nas preservações dos ninhos que muitas vezes se estragavam com o acumular de lubrificante ou de cola. Embora implique a paragem da produção um bocado antes do final do turno, trouxe melhorias evidentes. As máquinas até param menos por avaria porque as agulhas são mudadas atempadamente”

D2

“As reuniões da equipa tiveram efetivamente uma evolução positiva, inicialmente passava grande parte do meu dia reunido a falar dos problemas, ficando depois com pouco tempo para poder realmente agir no terreno. Com a diminuição do tempo despendido em algumas delas e com uma maior objetividade no discurso, consegui libertar uma parte do meu dia para realmente começar a fechar pontos ao invés de estar constantemente a abrir e a adiar prazos de execução.”

D3



9 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Após a conclusão deste projeto dão-se como cumpridos os objetivos propostos inicialmente, sendo que no que diz respeito à melhoria da linha de montagem inicial, através da reestruturação de bordos de linha, da utilização de *blisters* devidamente identificados, que acondicionam apropriadamente os componentes, e da criação de um plano de manutenção autónoma, foi possível melhorar as condições de trabalho dos operadores, ao tornar o acesso aos componentes mais facilitado e ao conseguir uma área de trabalho limpa e organizada. Os dois primeiros aspetos referidos contribuíram também para o aprimoramento do fluxo de materiais e o seu abastecimento, permitindo a redução do tempo de *set-up* e das paragens da linha. Com os estudos dos problemas de qualidade do produto, como é o caso dos riscos no *knob high gloss* e os picos da *blenda* GWS, foi possível reduzir os desperdícios gerados que importavam cerca de 47568 euros anuais, além de melhorar a qualidade dos mesmos.

A redução do WIP foi uma das consequências da melhoria dos problemas de qualidade e do fluxo de materiais, isto porque com a redução da quantidade de peças a serem recuperadas foi possível deixar de acumular material na área de Recuperação à espera de ser analisado, possibilitando assim um fluxo mais linear e escoreito. A redução de peças não conformes possibilitou também um melhor aproveitamento da capacidade do EOL, já que sempre que uma peça reprova nos testes de qualidade realizados têm de refazer o circuito, tirando desta forma capacidade para a receção de peças denominadas de “frescas”, o que possibilitou a eliminação do gargalo da linha de montagem inicial. Além das medidas enumeradas, e com vista em aumentar a produtividade, foram também realizadas externalizações de operações em alguns dos postos de trabalho, permitindo diminuir o tempo de ciclo da estação em questão, dando assim mais capacidade produtiva ao sistema.

Quanto ao planeamento da duplicação e a sua implementação, tudo foi projetado de forma a prejudicar o mínimo possível o *output* da linha de montagem, desde da criação de um *stock* que suportasse a montagem de peças durante a movimentação dos equipamentos, até à preparação antecipada dos recursos humanos. Prova da boa execução das modificações necessárias foram os resultados obtidos e já expostos ao longo deste trabalho, onde o *output* não se ressentiu na semana em que se procedeu às modificações.

Por fim, na última etapa do projeto, que consistia na melhoria da linha já duplicada, foram realizadas ações que permitiram aprimorar as condições já instaladas, que se centraram na



redefinição do fluxo da área de Recuperação, de maneira a estabilizar e uniformizar o processo de montagem e diminuir as reclamações do cliente, na redução do tempo de ciclo de algumas estações de trabalho, uma vez mais através da externalização de operações, e na aplicação de medidas de gestão visual, de forma a facilitar a diferenciação de componentes bastante semelhantes e permitir a deteção de problemas em tempo real. Por fim nesta etapa foi também implementada uma metodologia, com auxílio de cartões, de forma a autonomizar o fluxo de informação entre a estação de Recuperação e o início da linha de montagem.

Todo o projeto foi acompanhado pela melhoria da organização da equipa de trabalho, de forma a que todos estivessem focados nos verdadeiros objetivos e nos pontos críticos do momento.

Embora muito trabalho tenha sido realizado, e com a máxima da filosofia *Lean* em mente de que é sempre possível melhorar, existem ações que futuramente poderão ser levadas a cabo de forma a tornar o sistema ainda mais eficiente, sendo a resolução do *damping* um desses casos, já que, aquando da finalização do projeto, este constituía o principal problema de qualidade.

Visto que as necessidades do cliente tendem a crescer, futuramente será necessária uma triplicação. Já a pensar neste futuro próximo, o passo seguinte é reforçar os subgrupos. Para isso o sugerido é terminar com o processo instável de lubrificação manual, visto que este depende inteiramente dos recursos humanos, e implementar um sistema robotizado e mais eficiente que o atual. O subgrupo dos motores deverá ser reforçado com um dispositivo adicional de forma a agilizar o processo e conseqüentemente aumentar a sua capacidade. Adicionalmente podem ser estudados outros postos de trabalho para se proceder a externalização de mais operações, e desta forma aumentar o aproveitamento dos recursos humanos. Por fim, como ações futuras destaca-se a análise da sucata realizada na estação de Recuperação, visto que muitos dos componentes sucitados têm um valor bastante elevado, sendo também importante sensibilizar os operadores para este facto.

Todas as ações levadas a cabo ao longo do projeto permitiram quase triplicar a produtividade e transformar o *output* em mais de 16000 unidades semanais, ultrapassando assim os valores esperados, tudo isto resultado das sucessivas ações de melhoria.



10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahuja J.S & Khamba, I. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 709-756.
- Al Amin, M., & Karim, M. A. (2013). A time-based quantitative approach for selecting lean strategies for manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 51(4), 1146-1167. doi: 10.1080/00207543.2012.693639
- Araújo, L. (2009). *Nivelamento De Capacidade De Produção Utilizando Quadros Heijunka Em Sistemas Híbridos De Coordenação De Ordens De Produção*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos.
- Blaga, P., & Boer, J. (2012). *The Influence of Quality Tools in Human Resources Management*. *Procedia Economics and Finance*, 3(12), 672–680. [http://doi.org/10.1016/S2212-5671\(12\)00213-4](http://doi.org/10.1016/S2212-5671(12)00213-4)
- Carlage, F., & Davanso, J. C. (2001). *A Utilização de Dispositivos à Prova de Erros: Poka-Yoke Empregado na Melhoria de Desempenho de Processos de Manufatura*. Conferência Brasileira de Engenharia de Manutenção.
- Correa, L., Gianesi, & Irineu G. (1993). *Just In Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico*, 2ª ed. São Paulo: Atlas.
- Coimbra, A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*.
- Fisher, M. (1999). *Process Improvement by Poka-Yoke*. *Work Study* vol. 48. nº07; 1999, pp. 264-266.
- Freire, L. (2008). *Análise E Simulação Do Ciclo De Reabastecimento Das Células De Produção Em Sistema Just-In-Time*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Hinckley, C. (2007). *Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry*. *Accredit Quality Assurance*, 12 (5) pp.223-230.
- Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2010). *Staying Lean: Thriving, Not just Surviving*. New York: Productivity Press.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Publishing Company, New York NY.



- Liker, J. (2004), *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*; McGraw Hill.
- McQuater, R., Scurr, C., Dale, B., & Hillman, P. (1995). *Using quality tools and techniques successfully*. The TQM Magazine, 7(6), 37 – 42.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. New York: Productivity Press.
- Ortiz, C. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. New York: CRC Press.
- Pinto, J. (2006). *Gestão de operações. Lidel – Edições técnicas*, Lisboa.
- Pinto, J. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao pensamento magro*. Comunidade Lean Thinking.
- Pinto, J. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. 6ª edição (atualizada), Lidel, Biblioteca indústria & serviços, Lisboa.
- Preh (2018). Preh Data & Facts, disponível de: <https://www.preh.com/en/company/data-facts.html>
- Rocha, L., Coltro, J. F., Takahashi, A. R. W., Guerreiro, K. M. S., & Shibuya, T. T. J. (2015). *Gestão da qualidade através da metodologia QRQC – Estudo de caso de uma empresa do setor automotivo*. Revista Qualidade Emergente, Vol. 6, Nº 1, pp: 01-12
- Roldão V., & Ribeiro J. (2007). *Gestão das Operações*. Monitor.
- Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for business students fifth edition*. London: FT Prentice Hall.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and Poka-Yoke System*. Trans. A.P. Dillion, Portland, OR; Productivity Press.
- Silva, J. F. F., Carvalho, J. A. D., & Machado, J. M. L. (2013). *Pull Flow Management*.
- Silveira, A., & Coutinho, H., (2008). *Trabalho padronizado: a busca por eliminação de desperdícios*. Revista INICIA, 8 pp. 8-16.
- Silveira, G. (1994). *Uma metodologia de implantação da manufatura celular*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2002). *Administração da Produção (2ª ed.)*. São Paulo: Atlas.



Thomaz, M. (2015). *Balanced ScoreCard e Hoshin Kanri: Alinhamento Organizacional e Execução da Estratégia*. Biblioteca Lean, Lisboa.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. New York, USA: Simon & Schuster.

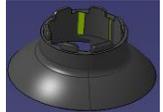
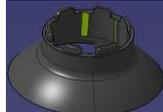
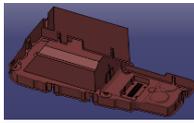
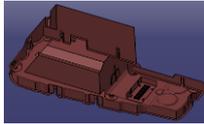
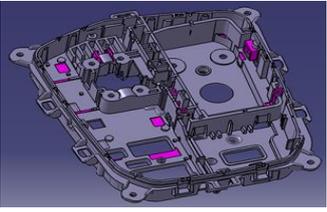
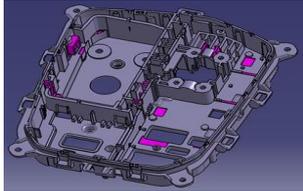
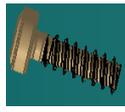
Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Rawson Associates HarperCollins



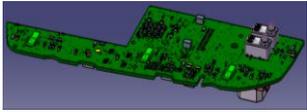
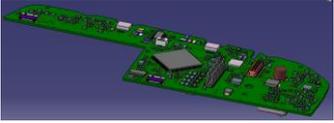
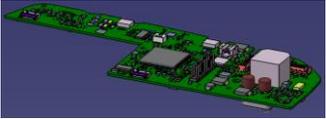
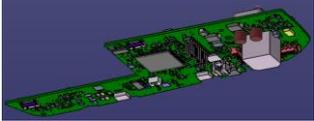
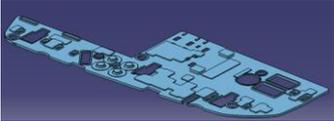
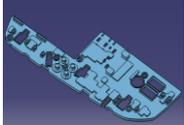
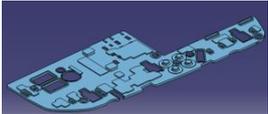
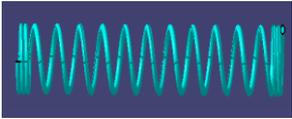
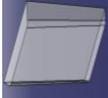
ANEXO I – LISTA DE MATERIAIS BZM

Nome da máquina onde o material é usado	Descrição do Material	Quantidade	Desenho Material
OP290	<i>Shell</i> GWS BZM	1	
	Parafuso T10	1	
	Friso <i>Blenda</i> Cromada ESQ	1	
	Friso <i>Blenda</i> Cromada DRT	1	
OP280	<i>Blenda</i> GWS LL BZM	1	
	<i>Blenda</i> M GWS LL BZM	1	
	<i>Blenda</i> GWS RL BZM	1	
	<i>Blenda</i> M GWS RL BZM	1	
	<i>Trim Strip</i> LL ATIVA BZM	1	
	<i>Trim Strip</i> LL PASSIVA BZM	1	
	<i>Trim Strip</i> RL ATIVA BZM	1	

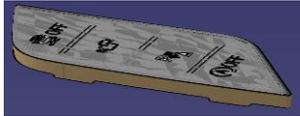
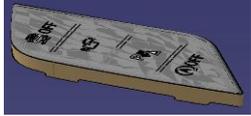
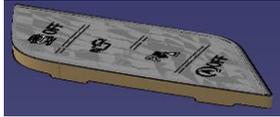


	<i>Trim Strip</i> RL PASSIVA BZM	1	
	Chapéu GWS BZM LL	1	
	Chapéu GWS BZM RL	1	
OP270	Parafuso T10 2,2x12	4	
	<i>Beck cover</i> LL BZM	1	
	<i>Beck cover</i> RL BZM	1	
OP265	Parafuso T10 2,2x12	5	
	<i>Carrier</i> LL BZM	1	
	<i>Carrier</i> RL BZM	1	
OP110	Parafuso T6 2,2x12	3	
	Cabo <i>Knob</i> 10pol. RM 0,5 <i>polyester Knauf</i>	1	

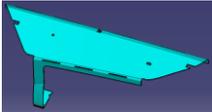
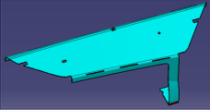
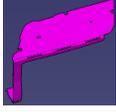
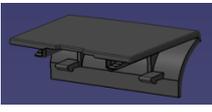
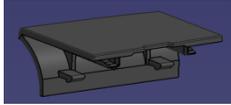


OP101	Esfera silicone	9	
OP80	PCB Passiva Esq	1	
	PCB Passiva Drt	1	
	PCB Ativa Esq	1	
	PCB Ativa Drt	1	
	<i>Kontaktmatte MIKO LL ATIVA BZM</i>	1	
	<i>Kontaktmatte MIKO LL PASSIVA BZM</i>	1	
	<i>Kontaktmatte MIKO RL ATIVA BZM</i>	1	
	<i>Kontaktmatte MIKO RL PASSIVA BZM</i>	1	
	Mola BZM	3	
	C/Luz EPB BZM	1	
	C/Luz <i>Blenda</i> GWS BZM	1	
	C/Luz <i>Blenda</i> GWS 1 BZM	4	

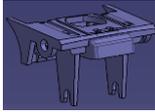
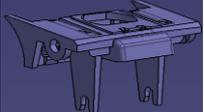
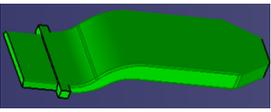
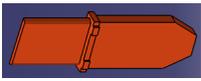
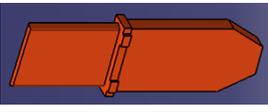
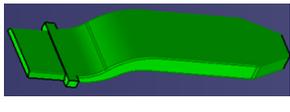
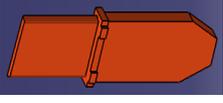
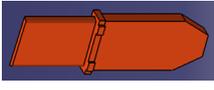


	C/Luz <i>Blenda</i> GWS 2 BZM	1	
OP70	C/Luz Cap FES BZM	1	
	C/Luz CAP SA BZM	2	
	CAP SA Activa esq s/ camara eletric	1	
	CAP SA Activa esq tudo eletric	1	
	CAP SA Activa esq s/ camara	1	
	CAP SA Activa esq tudo	1	
	CAP FES Activa esq tudo	1	
	CAP FES Activa esq eletric	1	
	CAP SA Activa drt eletric s/ camara	1	
	CAP SA Activa drt eletric	1	
	CAP SA Activa esq eletric	1	
	CAP SA Activa drt tudo	1	

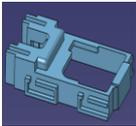
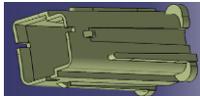
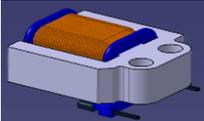
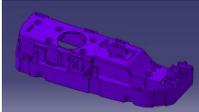
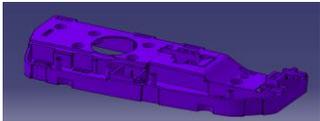
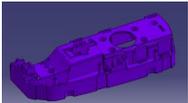
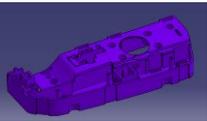
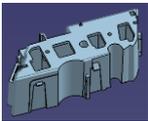


	FOIL FES Passivo ESQ	1	
	FOIL SA Passivo DRT	1	
	FOIL FES Passivo DRT	1	
OP60	CAP OT SST Engine BZM	1	
	CAP OT SST BZM	1	
	CAP Cristal OT SST Engine BZM	1	
	CAP Cristal OT SST BZM	1	
	Cap EPB Ativo ESQ	1	
	G.F. EPB Ativo ESQ	1	
	Cap EPB Ativo DRT	1	
	G.F. EPB Ativo DRT	1	
	C/Luz EPB - Ativo	1	
	Cap EPB Passivo ESQ	1	

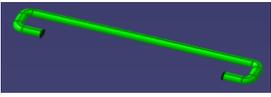
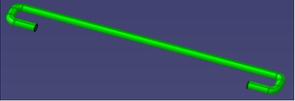
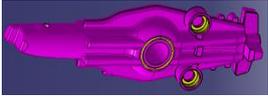
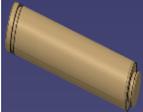
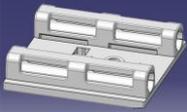
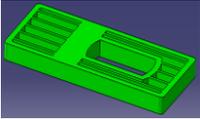
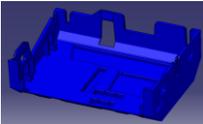


	G.F. EPB Passivo ESQ	1	
	C/Luz EPB Passivo ESQ	1	
	Cap EPB Passivo DRT	1	
	G.F. EPB Passivo DRT	1	
	C/Luz EPB Passivo DRT	1	
	C/Luz 1 Passivo DRT	1	
	C/Luz 2 Passivo DRT	1	
	C/Luz 3 Passivo DRT	1	
	C/Luz 1 Passivo ESQ	1	
	C/Luz 2 Passivo ESQ	1	
	C/Luz 3 Passivo ESQ	1	
OP100	C/Luz High AT BZM	3	
	C/Luz FEX High LL AT BZM	1	

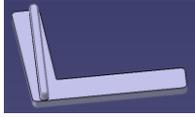
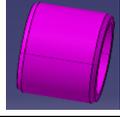
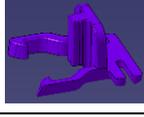
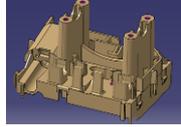
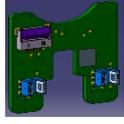
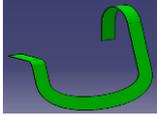
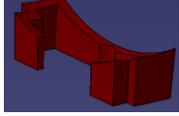


	C/Luz FEX High RL AT BZM	1	
OP40 50	Borracha Slider BZM	2	
	Slider BZM	1	
	Lower Part Cromado UT SST BZM	1	
	Lower Part Cristal UT SST BZM	1	
	Atuador ATIVA BZM	1	
	G.F. Passiva ESQ	1	
	G.F. Ativa ESQ	1	
	G.F. Passiva DRT	1	
	G.F. Ativa DRT	1	
	Lower Part SA Passivo ESQ	1	
	Lower Part FES Passivo ESQ	1	
	Lower Part SA Passivo DRT	1	

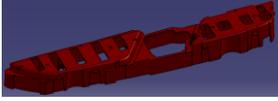
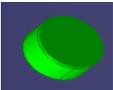
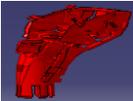
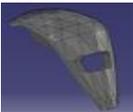
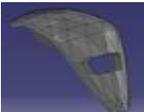
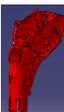
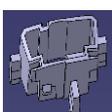


	<i>Lower Part FES Passivo DRT</i>	1	
	Arame SA Passiva BZM	1	
	Arame FES Passiva BZM	1	
<i>Zamack</i>	<i>Zamack</i>	1	
	<i>O.ring do zamack</i>	2	O
	Parafuso grande do zamack	1	
	Iman redondo do zamack	2	
	Veio/eixo GWS	1	
	<i>O.ring do eixo</i>	2	O
	Peça/roda preta do zamack	1	
Base Motor	<i>Overmolding base do motor - middle</i>	1	
	<i>Overmolding base do motor - up</i>	1	
	<i>Overmolding base do motor - down</i>	1	

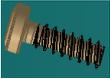
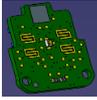
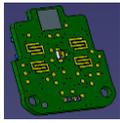
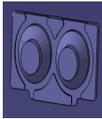


	<i>Overmolding</i> base do motor - L	1	
	Borracha Motor Base <i>Zamack</i>	1	
OP175	Plástico Preto	1	
	Mola	1	
	Disco Preto	1	
OP200	Motor GWS	1	
	PCB GWS	1	
	Cabo <i>Knob</i>	1	
	Soft Material	1	
OP210	Buchas brancas dos motores	2	
	<i>O.ring</i> das buchas	2	O
Colagem	<i>Lower Part</i> SA-FES Activa ESQ	1	
	<i>Metal Sheet</i> SA ESQ	1	

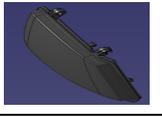
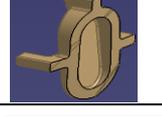


	<i>Metal Sheet FES ESQ</i>	1	
	<i>Lower Part SA-FES Ativa DRT</i>	1	
	<i>Metal Sheet SA DRT</i>	1	
	<i>Metal Sheet FES DRT</i>	1	
	<i>Lower Part OT SST Cristal SES</i>	1	
	<i>CAP Cristal OT SST Engine BZM</i>	1	
	<i>CAP Cristal OT SST BZM</i>	1	
	<i>Lower Part Cristal Knob</i>	1	
	<i>Cristal X</i>	1	
	<i>Cristal 8</i>	1	
OP240	<i>Vidro Knob</i>	1	
	<i>G.F. Knob</i>	1	
	<i>Lower Part P</i>	1	



	Borracha <i>Knob</i> P	1	
	Cap P	1	
	Cristal x	1	
	Cristal 8	1	
	Condutor de luz do cristal	1	
	Cap P Cristal	1	
	Parafuso T6 2,2x12	2	
	PCB <i>Knob</i>	1	
	PCB <i>Knob</i> Cristal	1	
OP250	Cromado <i>Knob</i> ESQ	1	
	Cromado <i>Knob</i> DRT	1	
	Borracha <i>Unlock</i>	1	
	<i>Pusher Knob</i> ESQ	1	

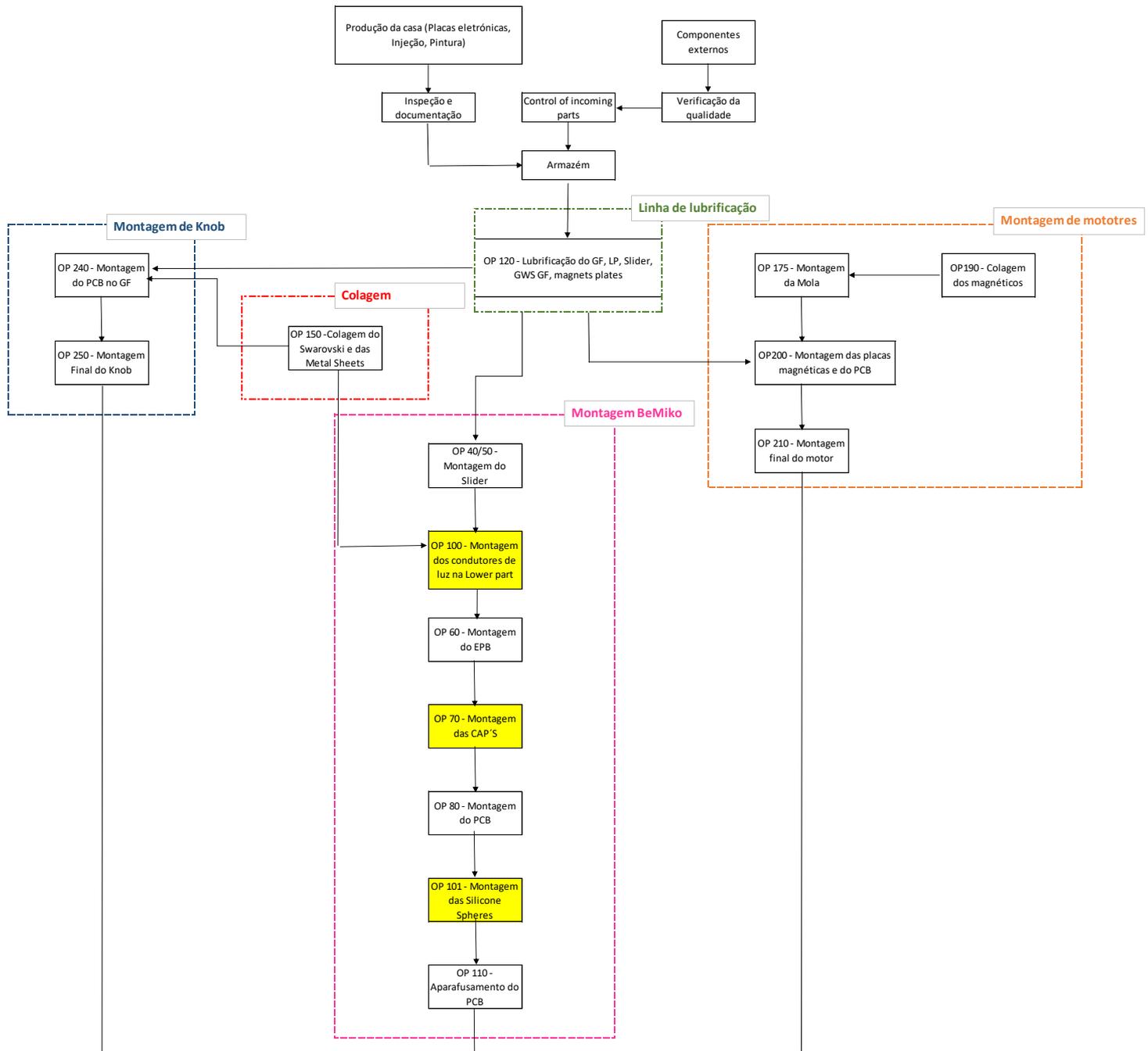


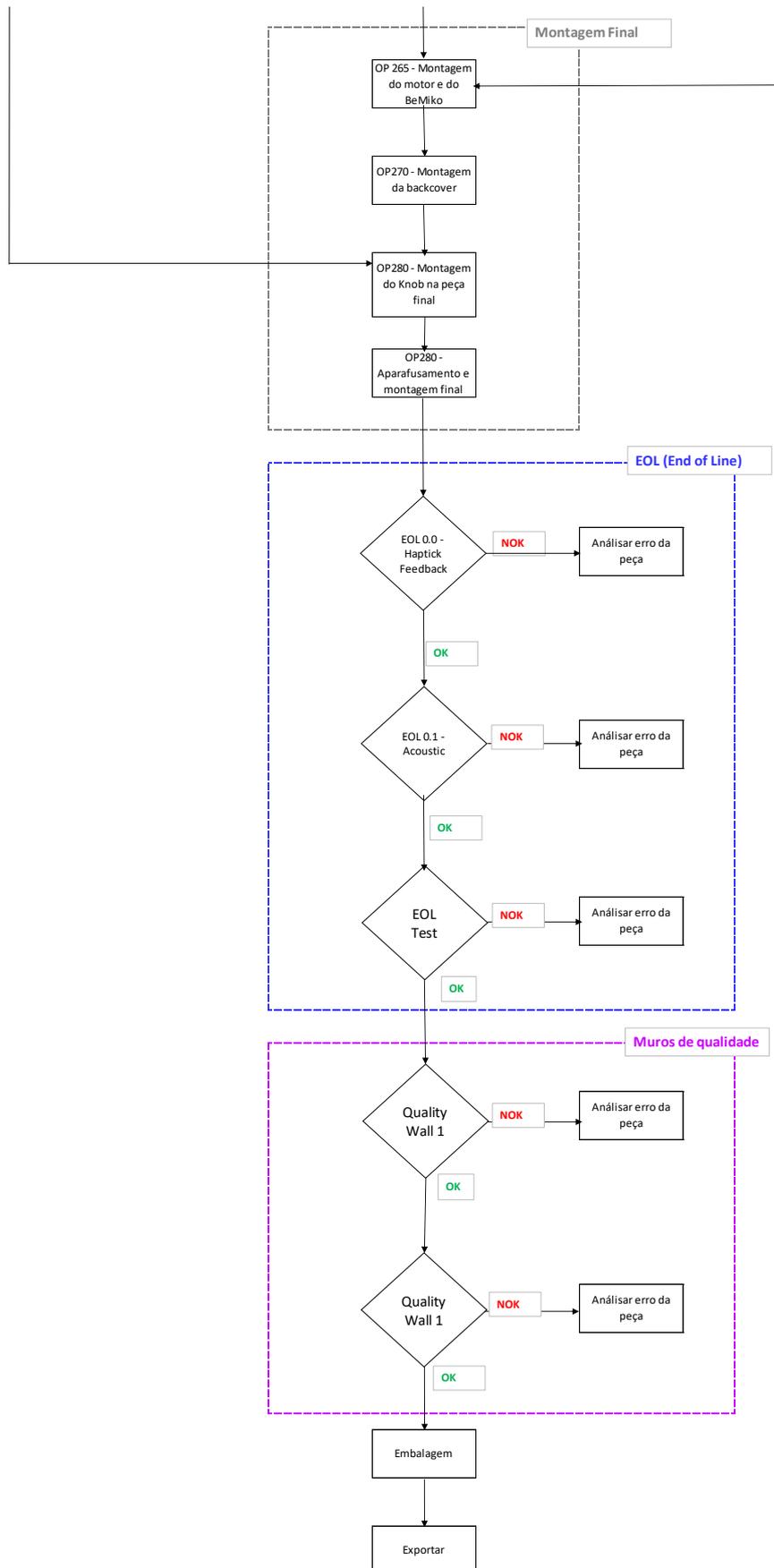
	Cap <i>Unlock</i> ESQ	1	
	Cap Cega ESQ	1	
	<i>Pusher Knob</i> DRT	1	
	Cap <i>Unlock</i> DRT	1	
	Cap Cega DRT	1	



ANEXO II – FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO

DIAGRAMA DO FLUXO DE PROCESSO DO BMW BZM AUT





As operações assinaladas a amarelo apenas se aplicam à versão ativa.

**ANEXO III – LISTA DE NECESSIDADES E ORGANIZAÇÃO DOS BORDOS DE LINHA**

OP 40/50	
Lado direito (BL02)	Lado Esquerdo (BL40/50)
1º e 2º Nível funcionaram como buffer dos <i>guiding frames</i> (3 caixas em profundidade com 60 componentes cada)	Retirar os tubos que atualmente existem e substituí-los por caixas que poderá ficar no suporte do lado direito (BL02)
3º Nível - <i>guiding frames</i>	
4º Nível- <i>slider (blisters</i> com capacidade para 20 <i>sliders</i> , a altura do nível é para 4 <i>blisters</i> empilhados e com 2 lotes de profundidade) e borrachas	O 1º nível, onde ficará o atuador deve vir por cima do tapete, em relação ao nível de cima irá avançar até a profundidade do tabuleiro de atuadores
5º Nível - <i>lower Part</i> passiva esquerda SA e passiva direita FES - caixas maiores cabem 2 futuramente na parte frontal	2º Nível - <i>lower parts</i> passivas esquerdas FES (75 peças por caixa e profundidade permite 3 caixas) e <i>lower part</i> do botão SST normal (cada caixa tem 100 componentes e profundidade permite 3 caixas)
O arame fica na máquina OP40/50 recorrendo a um suporte e a uma caixa do tamanho inferior à atualmente utilizada, 2 caixas uma para o arame FES e outra para o SA	3º Nível - <i>lower parts</i> passivas direita SA (90 peças por caixa e profundidade permite 3 caixas) e <i>lower part</i> do botão SST SWK (cada caixa tem 100 componentes e profundidade permite 3 caixas)
	4º Nível - retorno

OP 100
Lado direito (BL100)
Alargar bordo de linha para 400 cm para caber caixa
Colocar abastecedores a passar por cima do tapete
Colocar condutores de luz <i>flex</i> suportado na própria máquina OP100 - uma referência de cada lado
Puxar máquina para a frente de forma a ficar mais perto do operador
Fixar pedal ao chão
Colocar suporte na máquina para colocar o calibre quando este não está a ser utilizado e colocar suporte para ferramenta auxiliar
1º e 2º Nível - <i>lower parts</i> ativas, com uma capacidade para dois <i>blisters</i> em profundidade, o que obriga o bordo de linha a ter uma profundidade de 1200 cm. Cada <i>blister</i> tem capacidade para 14 peças e terá de ser possível empilhar 3 <i>blisters</i> .
3º Nível - buffer de condutores de luz que irá abastecer as caixas avançadas suportadas na máquina
4º Nível - tubo de condutores de luz



OP 60	
Lado direito (BL60A)	
Os tubos presentes atualmente neste bordo de linha saem e ficam fixados nas laterais dos bordos de linha de cada lado da máquina (5 do lado direito e 4 do lado esquerdo)	
No espaço que será libertado, devido à remoção dos tubos, ficará um nível para cada tipo de botões (4 níveis).	
Colocar suporte para a pistola de cola	
São necessárias caixas para a colocação bicos grandes e pequenos e para armazenar a cola - estas caixas serão colocadas na máquina debaixo do ninho	
Colocar um suporte para o álcool	
Há a necessidade de prolongar a proteção do tapete já existente	

OP 70	
Lado direito (BL60B/70A)	Lado Esquerdo (BL70B)
Eliminar suporte preso ao bordo de linha onde atualmente fica algum material para reparar peças	Puxar bordo de linha para a frente para este estar mais perto do operador
As amostras vão para um cesto existente debaixo do ninho	1º e 2º Nível - caixas vazias para receber produção de OP 70
Adicionar um retorno para a caixas vazias de EPB	3º Nível - 4 referências de FOIL
1º e 2º Nível - <i>lower part</i> do EPB	4º Nível -Referência de borrachas usadas na OP 80
3ºnível - Envio de caixas com <i>cap's</i> produzidas na OP70	Corrediça - CAP FES para a OP 70
4º Nível - retorno de tabuleiros que vêm da pintura pelas corrediças	Retorno de tabuleiro que vem da pintura pela corrediça
Corrediças - para EPB para OP 60 e CAP SA para OP 70	

OP 80	
Lado direito (BL80)	
1º Nível ficam os PCB	
2º Nível - condutores de luz, borrachas e 2 referências de molas. Este nível precisa de ter uma plataforma fechada de forma a não deixar cair lixo nos PCB do nível inferior	
3º Nível - Condutores de luz e borracha	
4 º Nível- Retorno	
Não é para puxar o bordo de linha para a frente	
Criar um suporte na máquina OP80 para colocar as molas numa caixa mais pequena do que a atualmente utilizada, colocar também uma aparadeira para o caso de cair alguma mola	
A borracha fica em cima dos tubos já existentes no bordo de linha	
Os condutores de luz ficam numa caixa que será colocada num suporte em cima do <i>conveyor</i>	



OP 101	
Lado Esquerdo (BLCAP's)	
Criar 4 níveis para os 4 tipos principais de Cap's, produzidas na OP 70, (SA direita com câmara, SA esquerda sem câmara, FES eco pro esquerda e SA esquerda sem câmara)	
Há a necessidade de criar um suporte lateral para colocar caixa de flat cable	

OP 265	
Lado Esquerdo	
Este bordo de linha fica apenas com os <i>carrier</i> (cada caixa tem 15 peças - são precisas caixas para cada referencia - 2 referencias)	
3 níveis de <i>carrier</i> e o 4º nível será o retorno	

OP270	
Lado direito (BL270)	Lado Esquerdo (BL280)
1º Nível- 1 referência do <i>beck over</i>	1º Nível - referencia de frisos cromados que não está a ser usada - chega 20 cm à frente e alarga 5 cm para caber caixa do friso cromado (5 caixas com 300x400, cada caixa leva 24 frisos- logo fica 1 só referencia)
2º Nível- 2 referência do <i>beck over</i>	2º Nível - referencia de frisos cromados que está a ser utilizada - chega 20 cm à frente, em forma de bandeja, e alarga 5 cm para caber caixa do friso cromado
3º Nível - Motores	
3º Nível - Retorno	Usa-se o retorno do BL à direita da OP270 para as caixas de frisos cromados

OP290	
Lado direito (BL290)	
1º Nível - utilizado para a referência de <i>Knob</i> que será utilizada na ordem de produção seguinte	
2º Nível - utilizado para a referência de <i>Knob</i> que está em utilização	
3º Nível - colocação de <i>shell</i> e do chapéu	
4º Nível - <i>Blenda</i> GWS	
5º Nível - Retorno	



ANEXO IV – DESENHOS DOS BORDOS DE LINHA

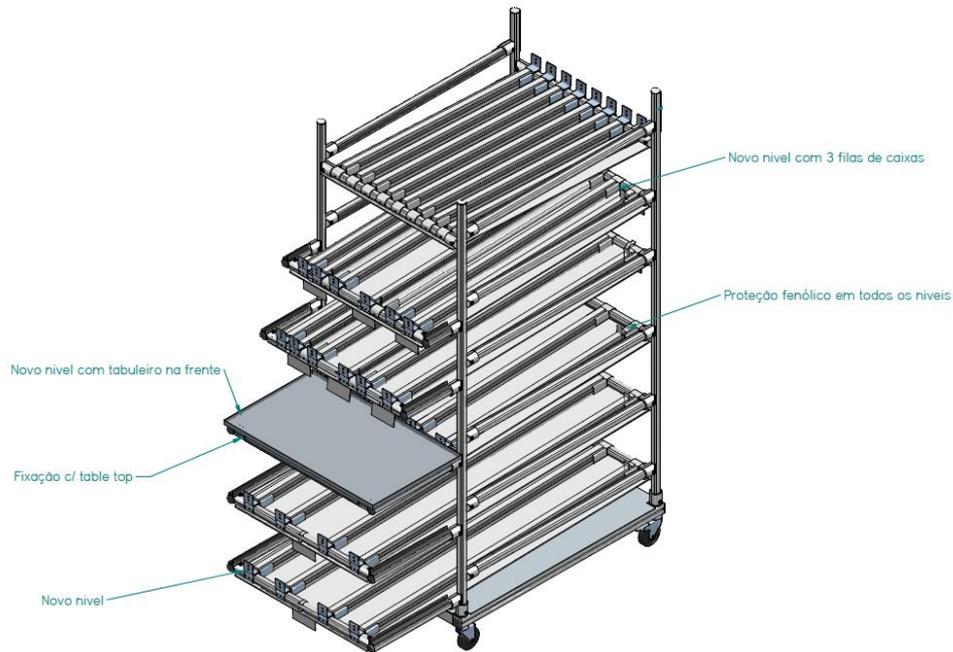


Figura 58- BL 02

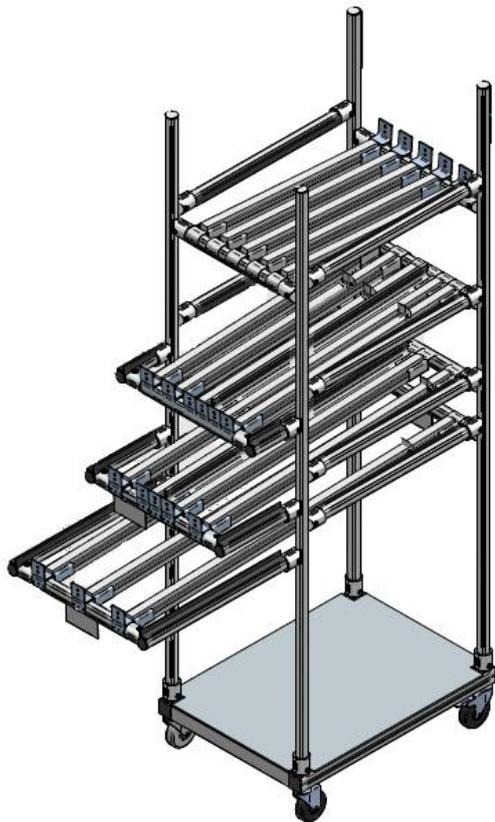


Figura 59- BL 40/50

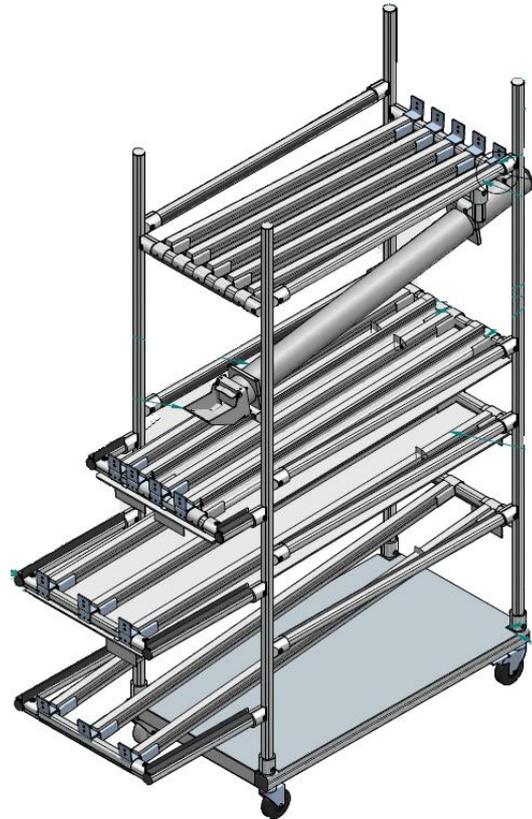


Figura 60- BL 100

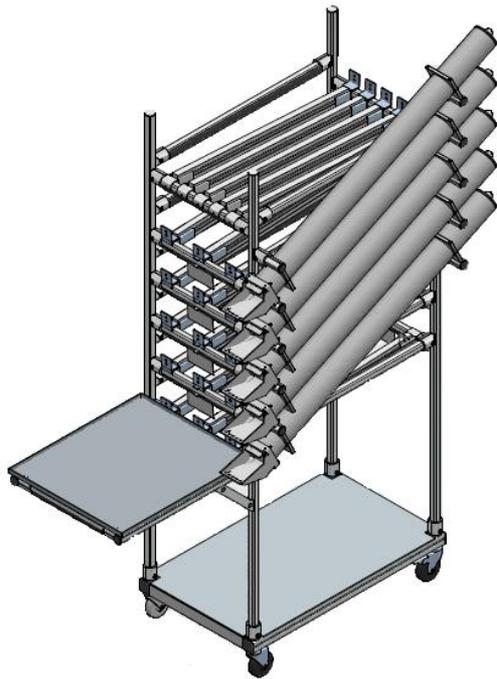


Figura 61- BL 60B/70ª

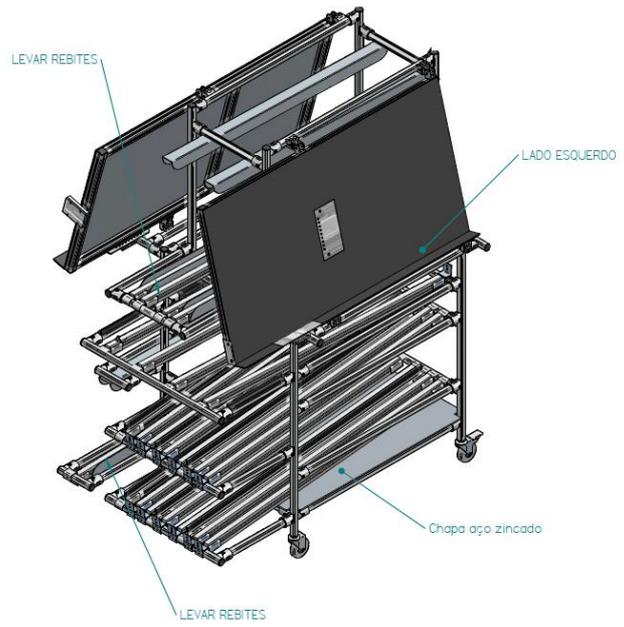


Figura 62- BL 70B

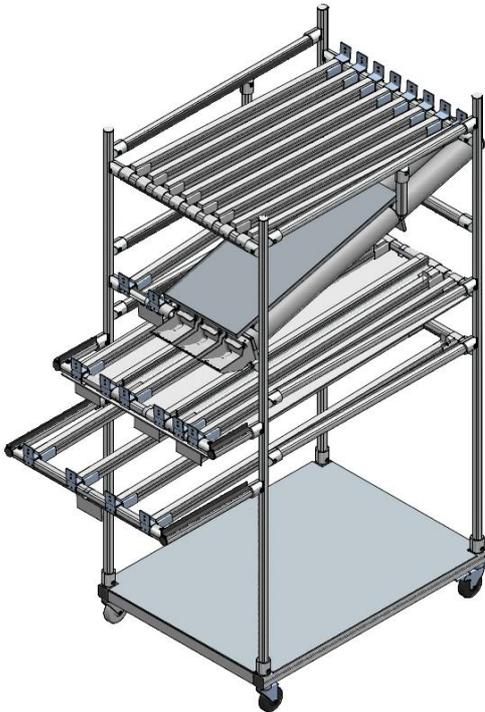


Figura 63- BL 80

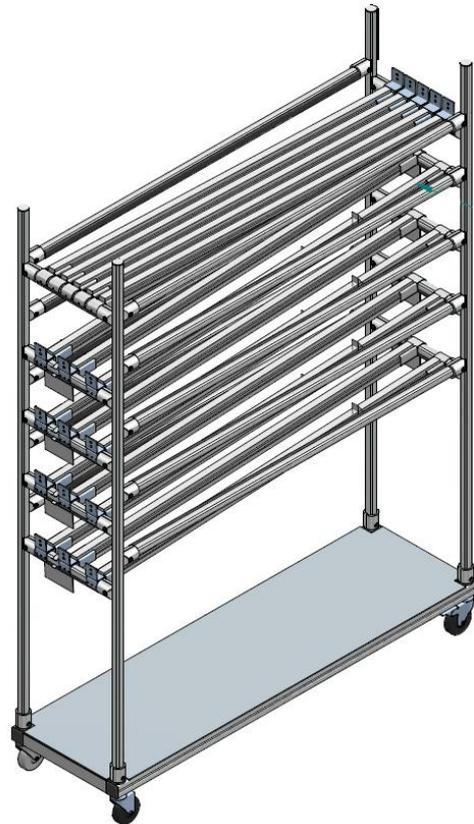


Figura 64- BL CAP'S



Figura 65- BL 265



Figura 66- BL 270

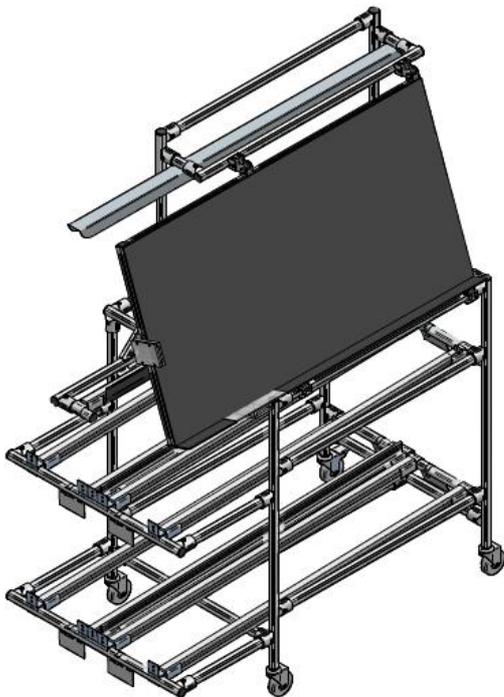


Figura 67- BL 280

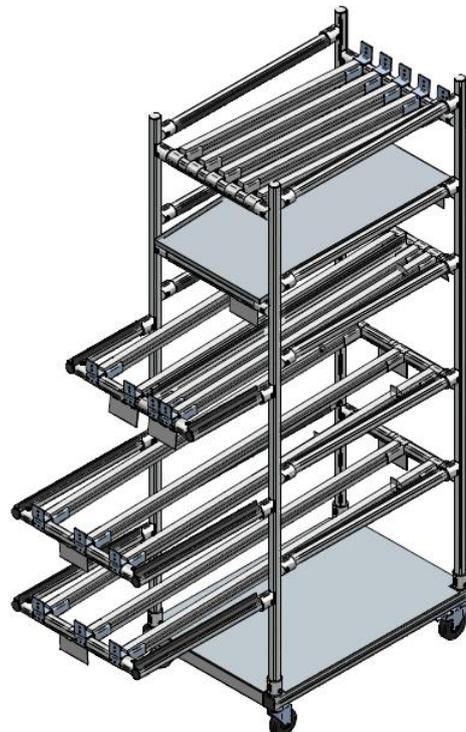


Figura 68- BL 290



ANEXO V – BLISTERS PARA TRANSPORTE DE MATERIAL CRÍTICO

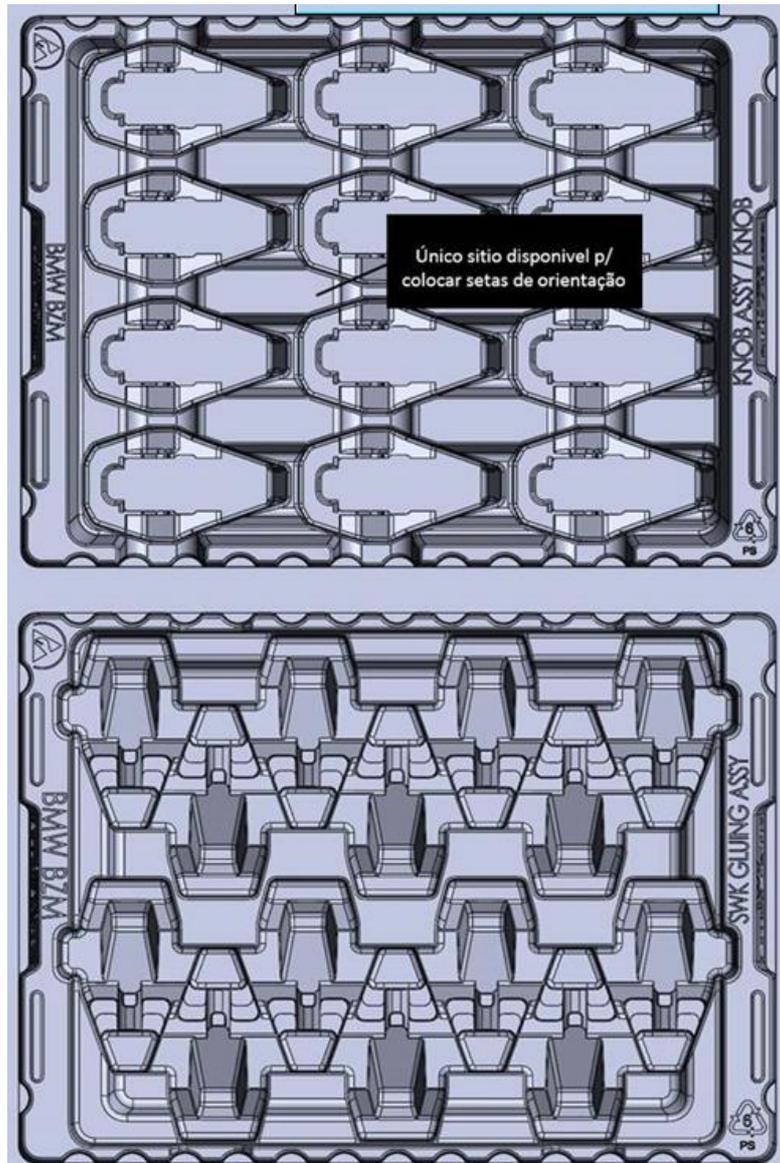


Figura 69- Blister montagem de Knob

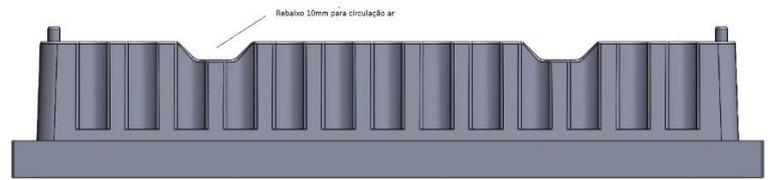
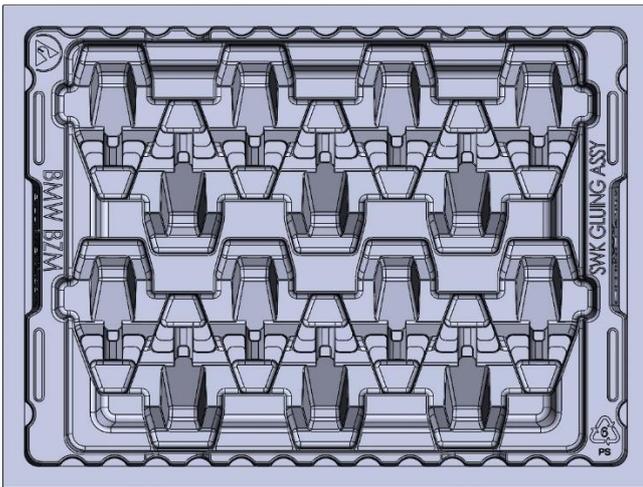


Figura 70- Blister Knob Colagem

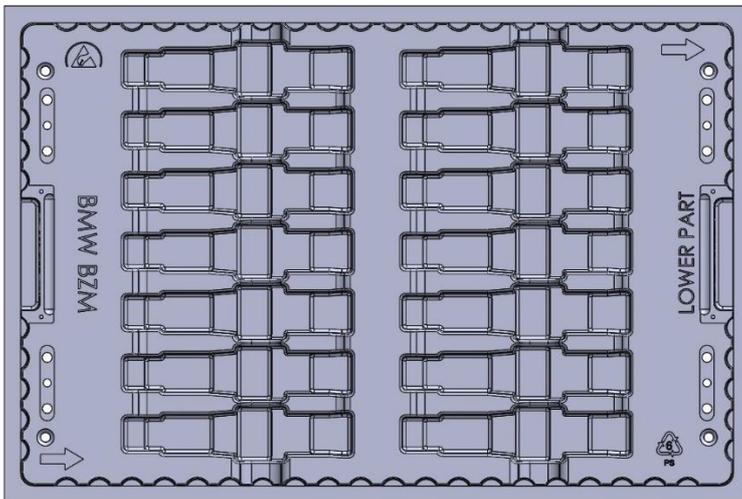


Figura 71- Blister Lower Part

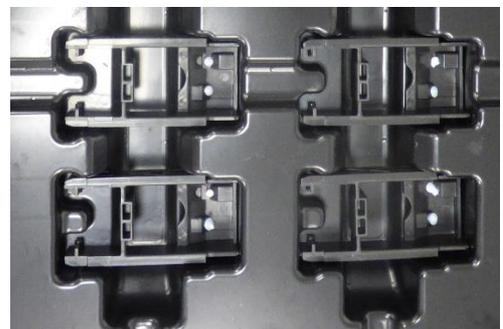
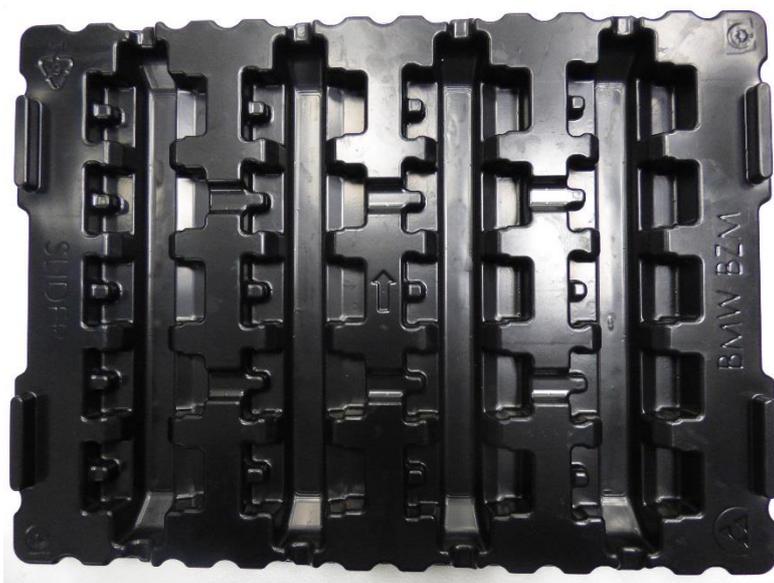


Figura 72- Blister Slider



ANEXO VI – MUDANÇA DE LAYOUT

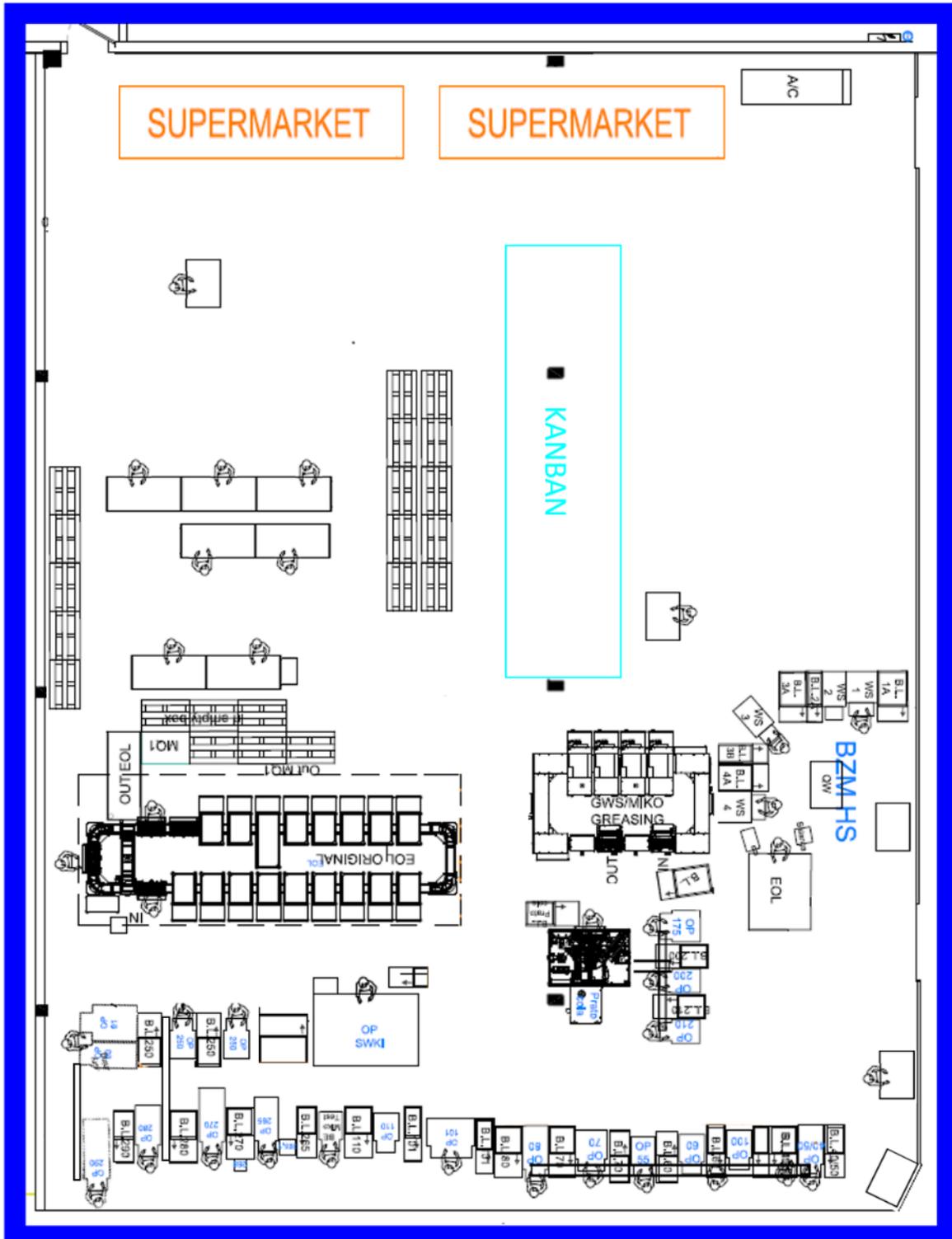


Figura 73- Layout antes da duplicação – área 3

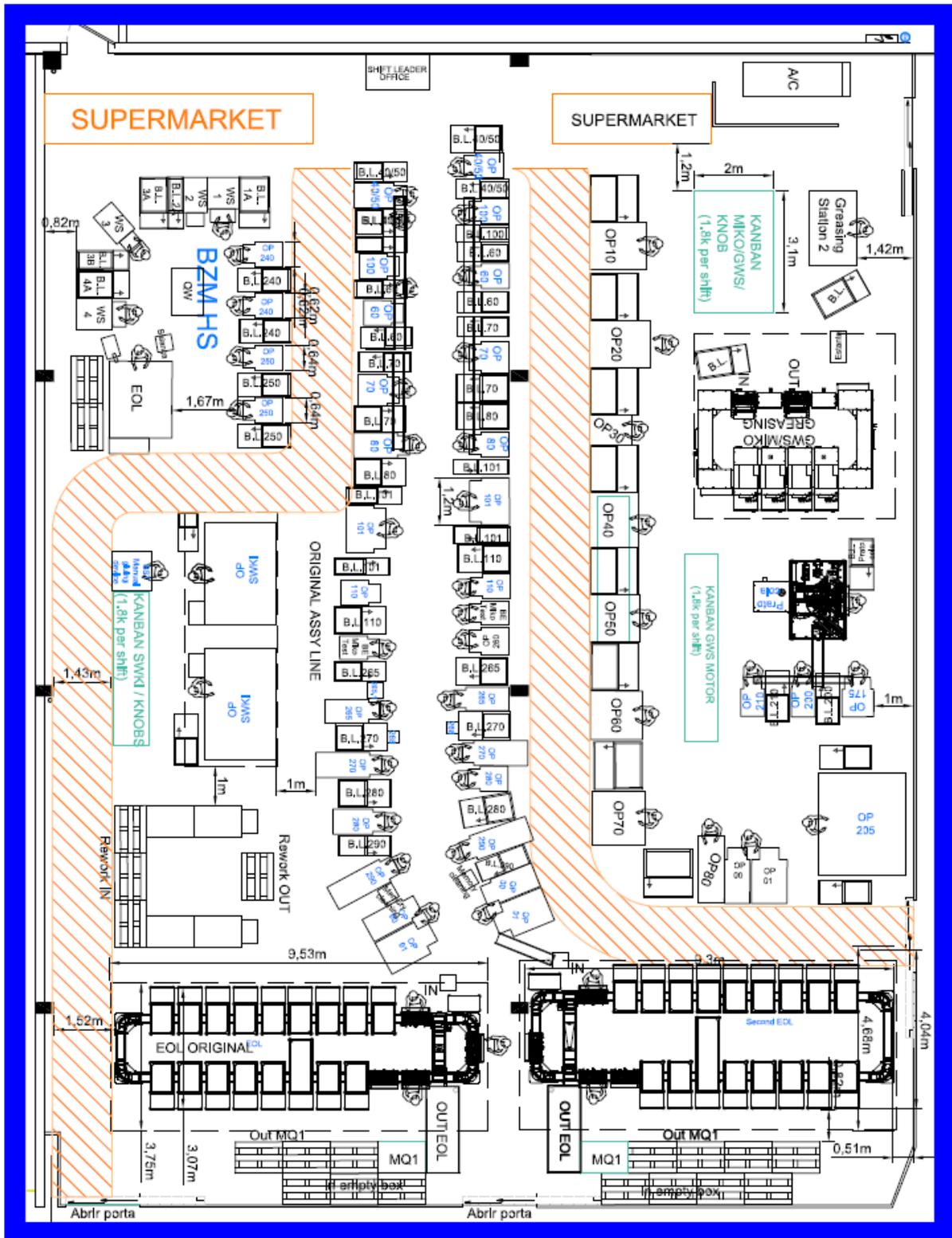


Figura 74- Layout após duplicação - área 3

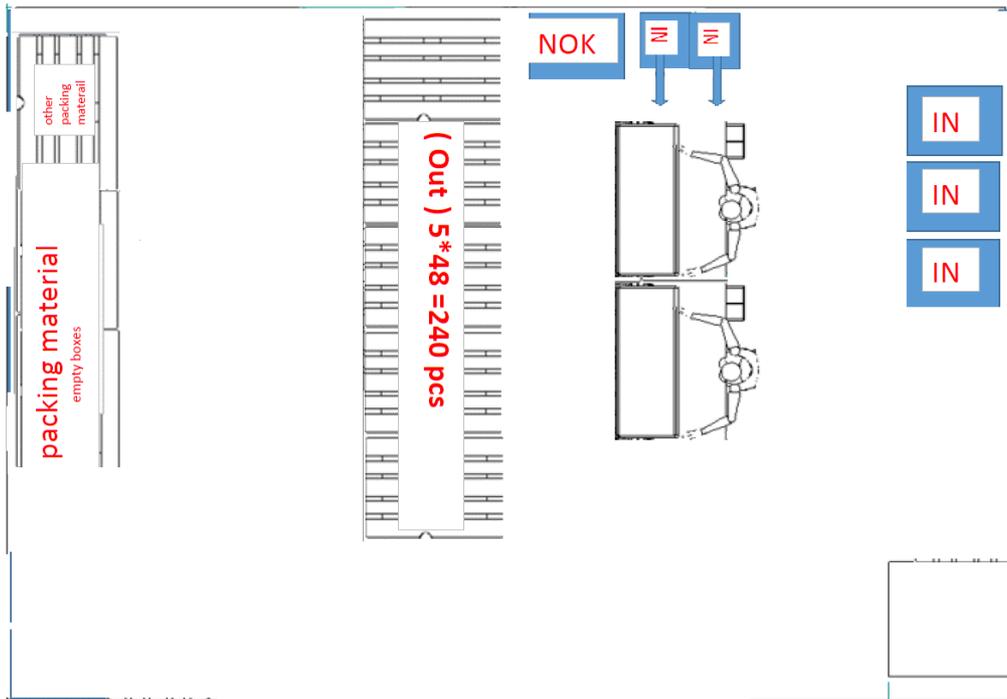


Figura 75- Layout antes duplicação - área 4

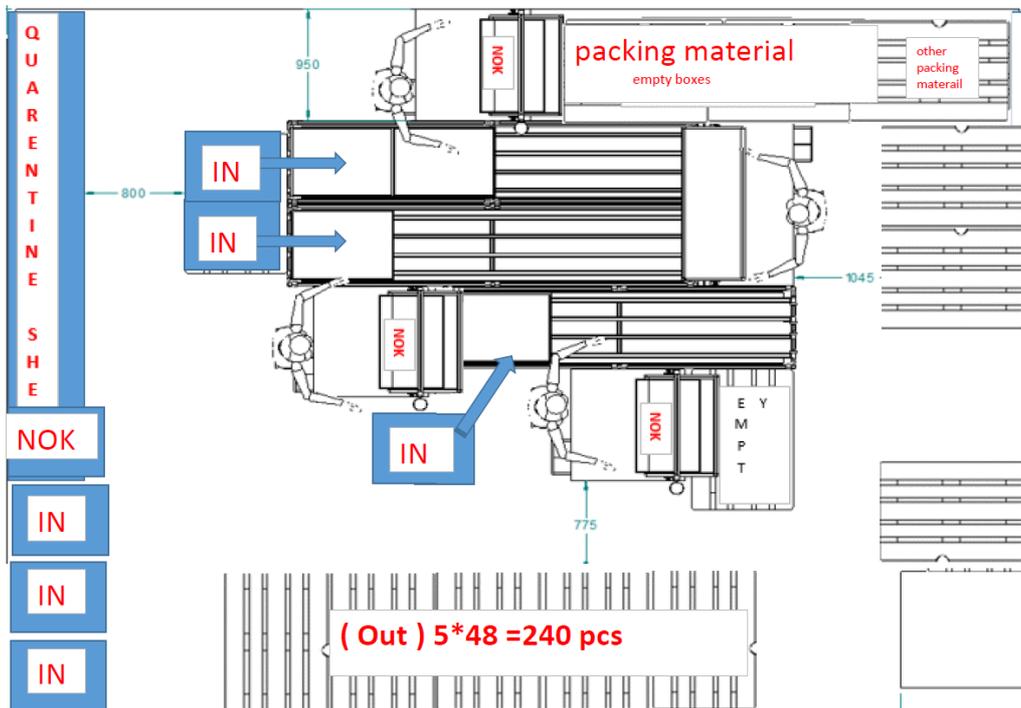


Figura 76- Layout após duplicação - área 4



ANEXO VII – PLANO DETALHADO DA MUDANÇA DE LAYOUT

ID	Tarefas	Dur.[dias úteis]	Prec	Start	Finish	Responsibility
1	BZM Layout change	320 hrs		Wed 24-10-18	Wed 12-12-18	
2	preparation for layout changes	216 hrs		Wed 24-10-18	Wed 28-11-18	
3	Get OK samples for assembly devices 3 samples for each High runner for all devices with vision systems	10 d		Wed 24-10-18	Tue 06-11-18	César e Vasco
4	Get OK samples for EOL, 3 samples for high runners + samples for the laser station and vision systems	10 d		Wed 24-10-18	Tue 06-11-18	César e Vasco
5	Get OK Samples For BZM HS (3 for each high runner)_ Assembly devices	47 hrs		Tue 30-10-18	Tue 06-11-18	César e Vasco
6	Get OK samples for BZM HS _EOL (3 fro each High runners) , included laser sample validation	55 hrs		Tue 30-10-18	Wed 07-11-18	César e Vasco
7		9 hrs	6;3;	Wed 07-11-18	Thu 08-11-18	cesar
8	Safety stock validation for :	112 hrs		Mon 12-11-18	Wed 28-11-18	Margarida_ Cristina / Filipe Arante
9	BZM Manual	24 hrs		Mon 12-11-18	Wed 14-11-18	Margarida_ Cristina / Filipe Arante
10	Lubrication BZM AUTO	24 hrs		Mon 26-11-18	Wed 28-11-18	Margarida_ Cristina / Filipe Arante
11	SWK Glueing	24 hrs		Mon 26-11-18	Wed 28-11-18	Margarida_ Cristina / Filipe Arante
12	Zamack turning table	24 hrs		Mon 26-11-18	Wed 28-11-18	Margarida_ Cristina / Filipe Arante
13	BZM assembly devices and EOL	24 hrs		Mon 26-11-18	Wed 28-11-18	Margarida_ Cristina / Filipe Arante
14	Material and equipment ready for layout change	40 hrs		Mon 05-11-18	Fri 09-11-18	J. M.santos
15	Network cables	40 hrs		Mon 05-11-18	Fri 09-11-18	J.M.Santos
16	Electrical cables	40 hrs		Mon 05-11-18	Fri 09-11-18	J.M.Santos
17	Compressor air connections	40 hrs		Mon 05-11-18	Fri 09-11-18	J.M.Santos
18	Transport tools " Manual and electrical "	40 hrs		Mon 05-11-18	Fri 09-11-18	J.M.Santos
19	Layout Change of BZM Manual HS	40 hrs 9		Fri 16-11-18	Wed 21-11-18	J.M.Santos
20	Free space for new layout of BZM HS	8 hrs		Fri 16-11-18	Sun 18-11-18	Filipe Arantes
21	Transfer EOL	12 hrs 20		Mon 19-11-18	Tue 20-11-18	J.M.Santos
22	Disconnect electrical and air suply, fix vision and laser system	3 hrs		Mon 19-11-18	Mon 19-11-18	
23	Transfer and install machine on the new location	3 hrs 22		Mon 19-11-18	Mon 19-11-18	
24	level the machine	1 hr 23		Mon 19-11-18	Mon 19-11-18	
25	First tryouts _ machine validation	4 hrs 24		Tue 20-11-18	Tue 20-11-18	
26	Transfer Devices	17,5 hrs		Tue 20-11-18	Wed 21-11-18	J.M.Santos
27	Disconnect electrical and air supply, fix vision systems	4 hrs		Tue 20-11-18	Tue 20-11-18	J.M.Santos
28	Transfer machines to new location and install	4 hrs 27		Tue 20-11-18	Tue 20-11-18	J.M.Santos
29	Level the machines	3 hrs 28		Wed 21-11-18	Wed 21-11-18	J.M.Santos
30	First tryouts _ machine validation	1 hr 29		Wed 21-11-18	Wed 21-11-18	J.M.Santos
31	BZM HS line approval _ Process series and machine aproval	4 hrs 25;3		Wed 21-11-18	Wed 21-11-18	Cesár /Filipe / vasco
32	Lubrication Line	13 hrs 10		Mon 03-12-18	Tue 04-12-18	
33	Disassembly and transfer to new location	4 hrs		Mon 03-12-18	Mon 03-12-18	J.M.Santos/Itec
34	Assemble the line on the new location	4 hrs 33		Mon 03-12-18	Mon 03-12-18	Itec
35	Leveling the line and run first tryouts	3 hrs 34		Tue 04-12-18	Tue 04-12-18	Itec
36	Process series and machine aproval	2 hrs 35		Tue 04-12-18	Tue 04-12-18	Cesár /Filipe / vasco
37	Zamack Machine	11 hrs 35;1		Tue 04-12-18	Wed 05-12-18	
38	Disassembly and transfer to new location	4 hrs 35		Tue 04-12-18	Tue 04-12-18	J.M.Santos/Itec
39	Assemble the line on the new location	2 hrs 38		Tue 04-12-18	Wed 05-12-18	Itec
40	feeder alignment	2 hrs 39		Wed 05-12-18	Wed 05-12-18	Itec
41	Leveling the line and run first tryouts	3 hrs 39		Wed 05-12-18	Wed 05-12-18	Itec
42	Process series and machine aproval	2 hrs 41		Wed 05-12-18	Wed 05-12-18	Cesár /Filipe / vasco
43	SWK Glueing (Turning table + OP240 + OP250)	10 hrs 39;1		Wed 05-12-18	Thu 06-12-18	
44	Disassembly and transfer to new location	4 hrs 39		Wed 05-12-18	Wed 05-12-18	J.M.Santos/Itec
45	Assemble the line on the new location	2 hrs 44		Wed 05-12-18	Wed 05-12-18	Itec
46	Leveling the line and run first tryouts	2 hrs 45		Wed 05-12-18	Thu 06-12-18	Itec
47	Process series and machine aproval	2 hrs 46		Thu 06-12-18	Thu 06-12-18	Cesár /Filipe / vasco
48	BZM Layout Change	48 hrs 13		Fri 07-12-18	Wed 12-12-18	
49	clean all parts from the production area, before starting the layout change (until 8h30 of Saturday dia 8-12-2018)	4 hrs		Fri 07-12-18	Fri 07-12-18	Luis lobo / Filipe Arantes
50	EOL electrical and air supply disconnect	2 hrs		Sat 08-12-18	Sat 08-12-18	J.M.Santos
51	EOL (Station 00 to Station 12) Disassembly and transfer to new location	40 hrs 13		Sat 08-12-18	Wed 12-12-18	Tecnogial
52	EOL electrical and air supply disconnect	0 hrs		Sat 08-12-18	Sat 08-12-18	J.M.Santos
53	Fix Vision systems and laser Head	2 hrs 52		Mon 10-12-18	Mon 10-12-18	Tecnogial
54	Dissamble all stations and transfer to new location	6 hrs 53		Mon 10-12-18	Mon 10-12-18	Tecnogial
55	EOL assembly	8 hrs 54		Tue 11-12-18	Tue 11-12-18	Tecnogial
56	EOL first tryouts	4 hrs 55		Wed 12-12-18	Wed 12-12-18	Tecnogial /Fabio/Nuno Pinheiro /
57	EOL Porcess series	4 hrs 56		Wed 12-12-18	Wed 12-12-18	Cesár /Filipe / vasco
58	Devices (OP 50 to OP 290 + BMIKO test)	40 hrs 13		Sat 08-12-18	Wed 12-12-18	
59	Disconect electrical , air supply and network connections	0 hrs		Sat 08-12-18	Sat 08-12-18	
60	continuing of assembly line transfer	4 hrs 59		Mon 10-12-18	Mon 10-12-18	J.M.Santos
61	connect air , electrical and network of assembly devices on the new location	12 hrs 60		Mon 10-12-18	Tue 11-12-18	J.M.Santos
62	Run line first tryouts	3 hrs 61		Wed 12-12-18	Wed 12-12-18	J.M.Santos / César
63	Assembly line process series	1 hr 62		Wed 12-12-18	Wed 12-12-18	Cesár /Filipe / vasco
64	Automatic doors	72 hrs 13		Sat 01-12-18	Mon 10-12-18	J.M.Santos
65	walls preparation to transfer the existing doors to the new place	0 hrs		Sat 01-12-18	Sat 01-12-18	
66	Transfer existing door to new location	7 hrs 65		Mon 10-12-18	Mon 10-12-18	
67	Installation of new doors / postpond for later date (2019)	0 hrs		Mon 10-12-18	Mon 10-12-18	

**ANEXO VIII – LISTA DE NECESSIDADES DE MATERIAL PARA STOCK DE SEGURANÇA****Lubrificação**

Necessidades para os dias úteis entre 19-11-2018 e 30-11-2018.

	Nome	Quantidade/peça	Nº de componentes necessários por dia	Total após 10 dias úteis
Knob	<i>Pusher Esquerdo</i>	1	47	470
	<i>Pucher Direito</i>	1	32	320
	<i>Borracha</i>	1	79	790
	<i>Knob Guiding Frame</i>	1	79	790
	<i>Slider</i>	1	79	790
	<i>Lower Part FES Esquerda</i>	1	43	430
	<i>Lower Part SA Esquerda</i>	1	43	430
	<i>Lower Part FES Direita</i>	1	19	190
	<i>Lower Part SA Direita</i>	1	19	190
	<i>Guiding Frame Ativo Direito</i>	1	13	130
	<i>Guiding Frame Ativo Esquerdo</i>	1	4	40
	<i>Guiding Frame Passivo direito</i>	1	19	190
	<i>Guiding Frame passivo esquerdo</i>	1	43	430
Base motor	<i>L plate</i>	1	166	1660
	<i>Middle Plate</i>	1	166	1660
	<i>Top Plate</i>	1	166	1660
	<i>Schematic plate down</i>	1	166	1660
	<i>Bush</i>	1	166	1660

Zamack

Necessidades para os dias úteis entre 20-11-2018 e 03-12-2018.

	Nome	Quantidade/peça	Nº de componentes necessários por dia	Total após 10 dias úteis
Zamack	<i>Zamack</i>	1	166	1660
	<i>O.ring do zamack</i>	2	331	3310
	<i>Parafuso grande</i>	1	166	1660
	<i>Iman Redondo</i>	2	331	3310
	<i>Veio/eixo gws</i>	1	166	1660
	<i>O.ring do eixo</i>	2	331	3310
	<i>Peça/roda preta</i>	1	166	1660
OP175	<i>Black plastic part</i>	1	166	1660
	<i>Black disc</i>	1	166	1660
	<i>Mola</i>	1	166	1660
OP200	<i>Soft Material</i>	1	166	1660



SWK e Lower Part

Necessidades para os dias úteis entre 21-11-2018 e 04-12-2018.

	Nome	Quantidade/peça	Nº de componentes necessários por dia	Total após 10 dias úteis
<i>Lower Part</i>	<i>Lower Part SA-FES Ativa ESQ</i>	1	57	570
	<i>Metal Sheet SA ESQ</i>	1	57	570
	<i>Metal Sheet FES ESQ</i>	1	57	570
	<i>Lower Part SA-FES Ativa DRT</i>	1	33	330
	<i>Metal Sheet SA DRT</i>	1	33	330
	<i>Metal Sheet FES DRT</i>	1	33	330
<i>Botão</i>	<i>Lower Part OT SST Cristal SES</i>	1	0	0
	<i>CAP Cristal OT SST Engine BZM</i>	1	60	600
	<i>CAP Cristal OT SST BZM</i>	1	0	0
<i>Knob</i>	<i>Lower Part Cristal Knob</i>	1	60	600
	<i>Cristal X</i>	1	0	0
	<i>Cristal 8</i>	1	60	600



- O que aconteceu as peças que reprovaram no teste após o primeiro trabalho de recuperação, dado pelo gráfico assinalado a rosa.

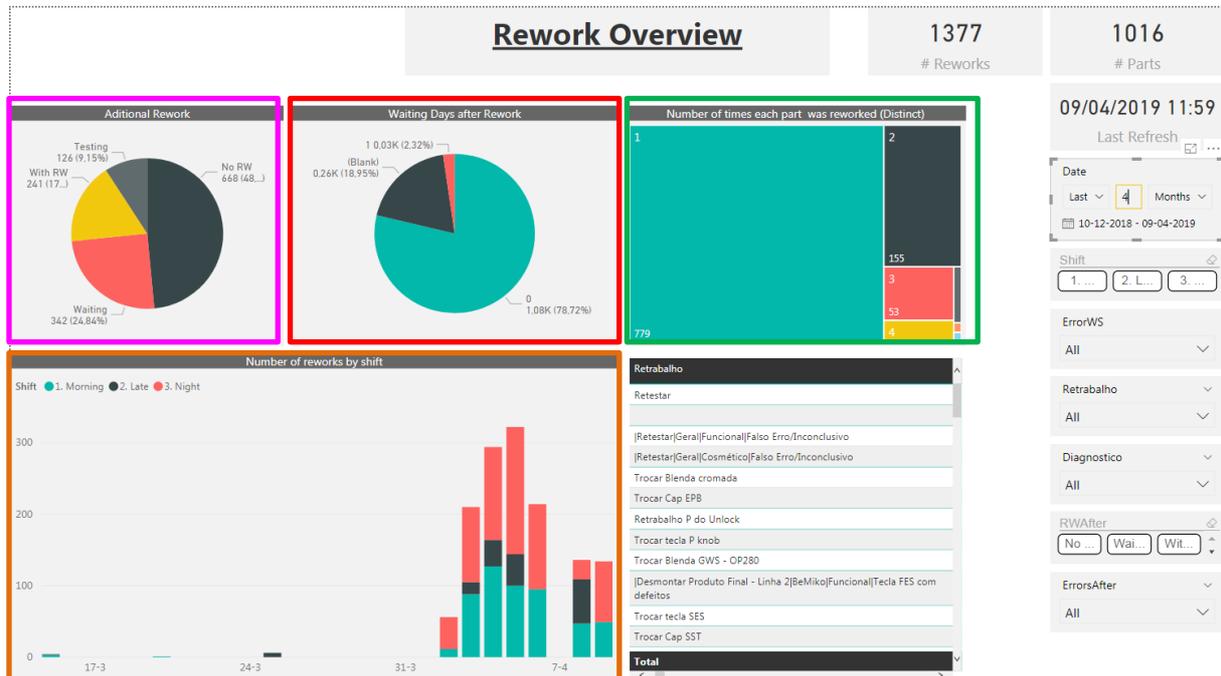


Figura 78- Power BI -Conjunto de gráficos

Sendo que esta informação pode ser consultada para vários espaços temporais, e podem ser aplicados vários filtros, nomeadamente de um retrabalho específico aplicado, um diagnóstico ou até mesmo pelo erro da peça.