



---

Universidade de Aveiro  
2021

Rita Isabel da Silva  
Pereira

**AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DE UMA LINHA  
DE MONTAGEM NO SECTOR DA INDÚSTRIA  
AUTOMÓVEL**



Universidade de Aveiro  
2021

**Rita Isabel da Silva  
Pereira**

## **AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DE UMA LINHA DE MONTAGEM NO SECTOR DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Prof. Doutora Ana Luísa Ramos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho ao meu avô, à minha irmã e aos meus pais.

## **o júri**

presidente

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira  
Professor Associado, Universidade de Aveiro

Prof<sup>a</sup>. Doutora Marlene Ferreira de Brito  
Professora Adjunta Convidada, ISEP/IPP

Prof<sup>a</sup>. Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos  
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Agradeço à empresa que me acolheu para o desenvolvimento deste projeto, a Renault Cacia, e a todas as pessoas que dela fazem parte por me proporcionarem esta experiência profissional. Agradeço, em particular, ao meu orientador na Renault Cacia, Eng.º Luís Vara, por todo o apoio e conhecimento transmitido durante a realização deste projeto. Pela oportunidade dada de integrar a equipa e o projeto, e pela confiança depositada.

Agradeço a todas as pessoas do AT5, em especial, a todos os colaboradores e CUET's da linha de montagem, aos meus colegas de trabalho Óscar Lopes, Pedro Mendes, Hugo Alvarinhas, Nuno Costa, Marco Rosa e José Bandeira por toda a aprendizagem e companheirismo. Às pessoas do Projecto *Lean*, em especial à Eng<sup>a</sup> Elisa Antunes, pela oportunidade de abraçar este desafio e por todo o conhecimento partilhado.

À minha orientadora, Professora Ana Luísa Ramos pela orientação, motivação e disponibilidade demonstrada ao longo do projeto de estágio.

À minha família, por acreditarem sempre nas minhas capacidades e por me motivarem a dar o melhor de mim. Por todo o esforço e apoio ao longo desta caminhada.

A todos os meus amigos que marcaram esta etapa da minha vida, pelos momentos partilhados e memórias que guardarei comigo, para sempre.

**palavras-chave**

*Lean*, linha de montagem, melhoria contínua, produtividade, tempo de ciclo.

**resumo**

No presente relatório de estágio é descrito o processo de análise e seguimento de uma linha de montagem de caixas de velocidades, na Renault Cacia. O projeto desenvolvido surgiu da necessidade de acompanhamento do comportamento do processo produtivo da nova caixa de velocidades, JT4.

Os principais objetivos prendiam-se com a redução das causas de não rendimento operacional, redução dos tempos de ciclo, aumento da disponibilidade dos equipamentos e consequente aumento da cadência produtiva de forma a responder à procura existente. Para tal, foi realizada uma análise inicial aos indicadores mais relevantes, na linha de montagem, e através da utilização de ferramentas *Lean*, foi possível reduzir as atividades sem valor acrescentado como deslocações, manipulação de material e atividades de abastecimento aos postos de trabalho.

As alterações propostas durante o projeto, resultaram em melhorias que se encontram devidamente documentadas no presente relatório.

Como resultado, de todas as soluções e melhorias implementadas, a linha de montagem ficou mais organizada, despoletando nos colaboradores uma maior orientação para os objetivos da gestão e uma maior motivação para promover práticas que permitam a constante melhoria dos processos.

**keywords**

Lean, assembly line, continuous improvement, productivity, cycle time.

**abstract**

This internship report describes the process of analysis and monitoring of a gearbox assembly line, at Renault Cacia. The project developed arose from the need to monitor the behaviour of the production process of the new JT4 gearbox.

The main objectives were related to the reduction of the causes of operational non-performance, the reduction of cycle times, the increase of equipment availability and the consequent increase of the production cadence in order to meet the existing demand. To this end, an initial analysis of the most relevant indicators was carried out on the assembly line, and through the use of Lean tools, it was possible to reduce activities with no added value, such as displacements, material handling and activities for supplying the workstations. The changes proposed during the project resulted in improvements that are duly documented in this report.

As a result of all the solutions and improvements implemented, the assembly line became more organised, triggering in employees a greater orientation towards management objectives and a greater motivation to promote practices that enable the constant improvement of processes.



## Índice

Índice de Figuras .....	iii
Índice de Tabelas .....	v
Índice de Equações .....	v
Abreviaturas.....	vi
1. Introdução .....	1
1.1 Contexto do trabalho e objetivos .....	2
1.2 Metodologia .....	3
1.3 Estrutura do trabalho .....	4
2. Apresentação da empresa .....	7
2.1 Renault Cacia .....	7
2.1.1. Organigrama da Empresa .....	8
2.1.2. Etapas de produção .....	9
2.1.3. Os Produtos .....	9
2.1.4. Atelier 5 (AT5) - Linhas de Montagem de <i>Caixas</i> de Velocidade.....	10
3. Enquadramento Teórico.....	15
3.1. Indústria 4.0.....	15
3.1.1 Princípios da Indústria 4.0.....	16
3.1.2. Principais Pilares Tecnológicos .....	17
3.1.3. Lean 4.0 .....	17
3.2. <i>Lean Manufacturing</i> .....	18
3.2.1. Principios Lean.....	20
3.2.2. Sete desperdícios.....	22
3.3 Métricas Lean .....	24
3.3.1 Metodologia 5S.....	24
3.3.2 Standard Work.....	25
3.3.3 Gestão Visual .....	26
3.3.4 Kaizen .....	27
3.3.5 OEE- Overall Equipment Effectiveness .....	28
3.3.6 Perdas de Produção.....	29
3.4 Medição do Trabalho.....	30
3.4.1 Técnicas para medição de trabalho .....	30
3.4.2 Cronometragem .....	31

4.	Caso Prático .....	33
4.1	Situação Inicial .....	33
4.1.1	Rendimento Operacional.....	33
4.1.2	Perdas .....	36
4.1.3	Medição de tempos .....	42
4.1.4	Disponibilidade dos Equipamentos.....	51
4.1.5	DPU .....	51
4.2	Material de apoio à linha de montagem.....	54
4.2.1	Desorganização do armário das peças de desgaste.....	54
5.	Apresentação e implementação de soluções de melhoria .....	57
5.1	Análise de Perdas – SAM .....	57
5.2	<i>Standard</i> Identificações .....	75
5.3.	Projeto Lean - AT5 .....	82
6.	Resultados .....	91
6.1	Redução do número de avarias .....	91
6.2	Melhoria da Disponibilidade dos Equipamentos .....	92
6.3	Melhoria dos tempos de ciclo.....	93
6.4	Melhoria do DPU .....	94
6.5	Resultados produtivos .....	95
7.	Considerações Finais.....	99
7.1	Trabalhos Futuros.....	100
8.	Referências Bibliográficas .....	103
9.	Anexos .....	107
	Anexo A- Folha <i>Engagement</i> Homem Máquina OP150/150M .....	107
	Anexo B- Folha <i>Engagement</i> Homem Máquina OP152/152M.....	108
	Anexo C- Folha de Estado de Referência .....	109

## Índice de Figuras

Figura 1- Ciclo Investigação-Ação .....	4
Figura 2- Estrutura organizacional Renault CACIA .....	8
Figura 3- Localização dos ateliers .....	9
Figura 4- Processo Produtivo .....	9
Figura 5- Caixa de velocidades JT4.....	10
Figura 6- Linhas de Montagem MB02 e MB03 do AT5 .....	11
Figura 7-Evolução da produção .....	13
Figura 8- Pilares Tecnológicos (adaptado de (Rüßmann et al., 2015)).....	17
Figura 9- Toyota Production System .....	19
Figura 10- Cinco princípios Lean, adaptado de (Thangarajoo & Smith, 2015) .....	21
Figura 11- RO da linha de montagem MB03 (%).....	34
Figura 12- Desvio padrão do RO atingido em relação ao RO objetivo .....	35
Figura 13- Perdas por responsabilidade (out 2020-jan 2021).....	36
Figura 14- Representação dos postos da linha montagem MB03 no SAM .....	38
Figura 15- Operações penalizantes do SAM .....	39
Figura 16- Paragens por causas SAM .....	40
Figura 17- Diário de Eventos SAM.....	40
Figura 18- Top das avarias SAM .....	41
Figura 19-FPM/TAPM.....	41
Figura 20- Folha de registo de postos automáticos .....	45
Figura 21- Folha de registo postos manuais operador A .....	46
Figura 22- Folha de registos postos manuais operador B .....	47
Figura 23- Dados de entrada S46.....	49
Figura 24-Tempo de ciclo dos postos S46.....	51
Figura 25- Disponibilidade própria Vs Tempo de Ciclo inicial .....	51
Figura 26- Evolução do DPU (S44-S04) .....	53
Figura 27- RO/ DPU .....	54
Figura 28-Estado inicial do armário das peças de desgaste .....	55
Figura 29- Gravidade/ Frequência SAM .....	59
Figura 30- Operação OP150/150M .....	61
Figura 31- Tcy OP150/150M após 1ª análise .....	62
Figura 32- Montagem do conjunto OP150 .....	63
Figura 33- Gestão do batente (Antes e depois) .....	63
Figura 34- Melhorias do Tcy e respetivos ganhos .....	64
Figura 35- Evolução da Disponibilidade Própria.....	65
Figura 36- Mudança de Ferramenta de Prensagem OP152 (Antes e Depois).....	66
Figura 37- Otimização do buffer OP320.....	67
Figura 38- Otimização do ripper OP300.....	67
Figura 39- Esquema do circuito do CM- OP430 .....	68
Figura 40- Sinalização de Defeito OP300 .....	69
Figura 41- Circuito inicial do abastecimento da alavanca de passagem .....	70

Figura 42-Definição de novo circuito de abastecimento .....	71
Figura 43- Aplicação de suporte de abastecimento dos vedantes.....	71
Figura 44- Percurso entre a OP460 e OP500 .....	72
Figura 45- Aplicação de calhas para abastecimento das ogivas.....	73
Figura 46- Abastecimento dos POE's .....	73
Figura 47- Suporte de abastecimento OP645 (Antes e Depois).....	74
Figura 48- Aplicação de sistema de visão OP645.....	75
Figura 49- Identificação dos carros de parafusos (Antes e Depois) .....	76
Figura 50-Sistema de cores (Antes e Depois).....	77
Figura 51- Atribuição de cores ao carro de abastecimento de cales .....	77
Figura 52-Suporte para gestão dos incompletos .....	78
Figura 53- Aplicação de prato nas calagens .....	79
Figura 54- Elementos do Painel RO/DPU .....	79
Figura 55- Painel de Animação Inicial .....	80
Figura 56- Painel de Animação RO/ Qualidade .....	80
Figura 57- 5'S no Armário de peças de desgaste .....	82
Figura 58- Identificação dos postos estudados.....	83
Figura 59- Taxa de Ocupação dos postos de trabalho .....	84
Figura 60-Taxa de Ocupação (Preparações).....	86
Figura 61- Repartição das atividades dos postos estudados.....	87
Figura 62-Cálculo da taxa de ocupação AGV.....	88
Figura 63- Cálculo AGV's Picking pelo Vsystem.....	89
Figura 64- Evolução das Perdas (outubro 2020 - maio 2021) .....	91
Figura 65- Disponibilidade Própria vs Tempo de ciclo .....	92
Figura 66-Evolução do tempo de ciclo.....	94
Figura 67- Evolução do DPU ( fev 2021- maio 2021) .....	95
Figura 68- Evolução RO Montagem MB03 (fev 2021- maio 2021).....	95
Figura 69- Evolução do RO (out 2020- maio 2021) .....	96
Figura 70- Evolução do volume de Produção JT4 .....	97

## Índice de Tabelas

Tabela 1-Valores de entrada para cálculo do Takt Time .....	43
Tabela 2-Cálculo do valor Tcy mais provável .....	48
Tabela 3-Resumo dos tempos de execução.....	50
Tabela 4- Perdas declaradas no RSF.....	58
Tabela 5- Produção diária .....	58
Tabela 6- Top de avarias diárias do SAM .....	58

## Índice de Equações

Equação 1- Cálculo do OEE .....	28
Equação 2- Cálculo da Disponibilidade Operacional .....	28
Equação 3- Cálculo do Rendimento Velocidade .....	29
Equação 4- Cálculo da Taxa de qualidade .....	29
Equação 5-Cálculo do Tempo Observado .....	32
Equação 6- Cálculo do Tempo Normal.....	32
Equação 7- Cálculo do Rendimento Operacional.....	35
Equação 8- Cálculo de Disponibilidade Própria.....	42
Equação 9- Cálculo de disponibilidade Operacional .....	42
<i>Equação 10- Cálculo do Takt Time .....</i>	<i>43</i>
Equação 11- Cálculo do Tempo Disponível .....	43
Equação 12- Cálculo do tempo de ciclo .....	45
<i>Equação 13- Cálculo do desvio.....</i>	<i>45</i>
Equação 14- Cálculo do desvio padrão .....	45
Equação 15- Cálculo da taxa de ocupação.....	50
Equação 16- Cálculo do DPU.....	52
Equação 17- Cálculo do DPU total .....	52

## Abreviaturas

AGV	<i>Automated Guided Vehicle</i>
AP	Árvore Primária
APW	<i>Alliance Production Way</i>
AS	Árvore Secundária
AT	Atelier
CED	Cárter de Embraiagem
CM	Cárter de Mecanismo
CUET	Chefe da Unidade Elementar de Trabalho
CV	Caixa de Velocidades
DO	Disponibilidade Operacional
DP	Disponibilidade Própria
FOS	Folha de Operação Standard
FPM	Falhas Por Mil
MOD	Mão de Obra Direta
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
N-RO	Não Rendimento Operacional
NVA	Não Valor Acrescentado
OP	Operação
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> (Contolo Lógico Programável)
POE	Produtos de Origem Externa
RO	Rendimento Operacional
RSF	<i>Reporting Standard Fabrication</i>
SAM	<i>Système pour D'Amélioration des Moyens</i>
Tcy	Tempo de Ciclo
TPS	<i>Toyota Production System</i>
UET	Unidade Elementar de Trabalho
VA	Valor Acrescentado
WIP	<i>Work In Progress</i>

## 1. Introdução

A flutuação da procura, a constante mudança nas preferências dos consumidores, as novas regulações e o ambiente competitivo que se faz sentir, requerem uma constante preocupação com a entrega de um valor superior ao cliente. As empresas devem apostar na valorização dos seus produtos através do investimento em inovação, tanto a nível de tecnologias produtivas como do design dos produtos fabricados. De modo que se consigam posicionar no mercado global e assegurar a capacidade de resposta, em mercados que se caracterizam por um elevado nível de exigência, estas devem procurar adotar metodologias que permitam a melhoria contínua dos seus processos.

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão cujo principal foco prende-se em maximizar o valor entregue ao cliente através do envolvimento de todas a partes interessadas na redução dos desperdícios, ao longo de toda a cadeia de valor. A integração das metodologias e das ferramentas no processo produtivo permite uma gestão eficiente dos seus recursos e fomenta o desenvolvimento de estratégias diferenciadoras podendo resultar no crescimento das organizações.

A Renault Cacia, em conformidade com os princípios e valores do Grupo Renault, procura assegurar a eficiência dos seus processos através aplicação de metodologias *Lean*, tendo como prioridade o acompanhamento de diversos indicadores, por forma a avaliar e assegurar bons resultados produtivos e o nível da qualidade dos produtos que entregam. Neste sentido, de modo a acompanhar a evolução dos mercados, a empresa tem vindo a desenvolver e integrar novos produtos, tornando necessário o investimento na adaptação do seu sistema produtivo e assim garantir a qualidade e segurança dos produtos produzidos. Numa fase inicial, é fundamental adoção de ferramentas que permitam a identificação e análise das ineficiências, dado que a transformação organizacional e a fabricação de novos produtos pode afetar negativamente a capacidade produtiva, assim como a estabilidade dos processos.

Perante este cenário, a concretização do projeto surge de forma a colmatar as necessidades de análise e de acompanhamento da evolução do processo produtivo e assim garantir a melhoria contínua e qualidade dos produtos fabricados.

## 1.1 Contexto do trabalho e objetivos

O presente relatório foi elaborado no âmbito do estágio curricular Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro. O projeto decorreu no departamento de fabricação da Renault Cacia, mais especificamente no Atelier 5 (AT5).

Dada a necessidade de aumentar a capacidade produtiva da linha de montagem da nova caixa de velocidades, a JT4, o projeto teve como objetivo auxiliar na identificação de problemas e atividades que não acrescentam valor ao processo produtivo. Desta forma, foi possível diminuir os desperdícios, gerados ao longo do processo, contribuindo para o aumento da produtividade nos postos de trabalho. A melhoria da performance operacional foi conseguida através do estudo e implementação das práticas *Lean* e *Kaizen* que se revelaram ferramentas valiosas na descoberta de soluções que garantam a produção necessária e simultaneamente contribuam para o aumento da eficiência.

Assim, o principal objetivo deste projeto consiste no aumento da capacidade produtiva da linha, através da otimização do processo de montagem das caixas de velocidade, sendo os objetivos principais estabelecidos, os seguintes:

1. Medição e recolha dos tempos de ciclo em todos os postos de trabalho;
2. Redução das atividades de valor não acrescentado e conseqüente aumento da cadêcia produtiva;
3. Identificação do posto tampão;
4. Identificação e análise dos postos mais penalizantes;
5. Atualização das folhas standard de procedimento (FOS);
6. Criação de um quadro visual de seguimento diário dos indicadores e dos resultados produtivos;
7. Análise e redução de perdas por avarias;
8. Aplicação da ferramenta 5S e criação *standard* de limpeza;
9. Melhoria da Gestão Visual.

No AT5 foi estabelecido objetivos precisos em 2021, para o qual foi proposto que o projeto de estágio contribuísse. Assim, os objetivos estabelecidos prendem-se essencialmente com o mecanismo de transformação:

- Aumento do rendimento operacional para os 95%;

- Alcance do valor de *Defects per Unit* (DPU) inferior ao limite de 10.000 ppm's mensais.
- Alcance de fiabilidade dos equipamentos e disponibilidade na ordem dos 98%.

## 1.2 Metodologia

No contexto do projeto em estudo, a metodologia utilizada foi a Investigação- Ação. A metodologia é descrita pelos autores como um método iterativo que permite a integração simultânea de vários métodos qualitativos/quantitativos. Esta, além de se destacar pela sua flexibilidade e abrangência multidisciplinar, fomenta, positivamente, as relações entre as diferentes partes envolvidas na resolução do problema (Erro-Garcés & Alfaro-Tanco, 2020). Deste modo, é caracterizada pelo foco no problema e pela realização de ciclos de mudança que visam a transformação de determinada realidade.

Segundo Mello et al. (2012) a metodologia inicia-se com a identificação do problema de um contexto organizacional/ social para tal , é necessário começar por realizar uma revisão da literatura e observações gerais sobre a área associada à problemática. De seguida, tendo por base o apreendido anteriormente, são recolhidos os dados. Por sua vez, é realizada análise dos dados recolhidos e é estruturado um plano de ações de forma a atuar sobre os problemas identificados. Numa 4ª etapa, plano de ações é aplicado a uma situação real. Por fim, são analisados e discutidos os dados recolhidos que resultaram da implementação das ações sendo, posteriormente, necessário estruturar um relatório com base nos resultados obtidos.

A metodologia é um ciclo composta por 5 etapas, que se encontram representadas na Figura 1 (Shuhidan, 2012).

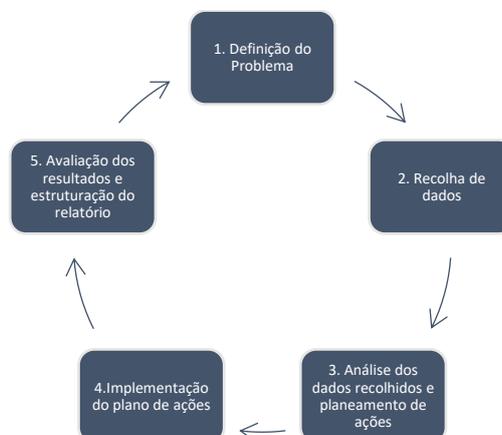


Figura 1- Ciclo Investigação-Ação

Os resultados e as melhorias obtidas num primeiro ciclo são considerados como ponto de partida para um segundo ciclo. Nesta fase, pode existir uma reflexão sobre os aspetos positivos e negativos do primeiro ciclo, de forma a obter-se melhores resultados em ciclos posteriores.

Numa primeira etapa, foi realizada uma análise à situação inicial de modo a adquirir o conhecimento necessário sobre processo produtivo no qual se enquadra o projeto de estágio, para tal, foi realizada uma revisão de metodologias que promovam a melhoria contínua dos processos. Simultaneamente, foi feito um acompanhamento dos operadores no chão de fábrica para um melhor conhecimento de todas as etapas e dos principais problemas do processo produtivo. De seguida, foi realizado um estudo à situação inicial, através de uma recolha dos tempos de ciclo, de todos os postos, por forma a identificar os postos mais penalizantes e eventuais oportunidades de melhoria.

Posteriormente, em conjunto com elementos grupo de trabalho de melhoria contínua pertencentes a diversos departamentos, foram realizadas reuniões semanais onde foram discutidas e definidas ações a realizar por forma a atingir os objetivos pretendidos.

Numa segunda fase, foi elaborado um plano de ações por forma a reduzir/eliminar os problemas identificados na etapa anterior. Algumas das ações pode-se destacar a utilização da ferramenta 5S, o balanceamento de postos de trabalho, a aplicação de ferramentas de gestão visual e a análise das avarias ocorridas durante os turnos de trabalho. Todas as ações propostas e implementadas no terreno, tiveram como principal objetivo contribuir para a estabilidade do processo e para o alcance dos objetivos produtivos, através da eliminação de desperdícios e melhoria das condições de trabalho.

O seguimento e a avaliação dos resultados foram realizados através de indicadores produtivos utilizados internamente, sendo eles, os seguintes: Rendimento Operacional, Tempos de Ciclo, DPU e Disponibilidade Própria dos equipamentos. Por fim, foram retiradas conclusões relativamente aos resultados e ao trabalho realizado, assim como, foram identificados potenciais aspetos para análise no futuro.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

O presente relatório encontra-se organizado em sete capítulos principais, sendo que estes por sua vez estarão organizados em subcapítulos.

- **Capítulo 1-** No primeiro capítulo, no qual este subcapítulo se encontra incluído, é apresentado a introdução do trabalho, onde é feito um breve enquadramento do problema e apresentados os objetivos do projeto. É ainda referido a metodologia adotada no projeto de estágio e a estrutura que relatório irá seguir.
- **Capítulo 2-** Neste segundo capítulo, é apresentada a empresa na qual se desenvolveu o projeto de estágio, dando a conhecer a sua estrutura organizacional, o processo produtivo, assim como o departamento onde foi realizado e os produtos fabricados.
- **Capítulo 3-** No terceiro capítulo, encontra-se a revisão da literatura, realizada de forma a fornecer uma melhor compreensão dos principais temas e metodologias utilizadas, a Indústria 4.0 e o *Lean Manufacturing*. Relativamente ao primeiro tema, é apresentado o conceito, os seus princípios e os principais pilares tecnológicos. No que diz respeito ao *Lean Manufacturing* é feita uma revisão ao conceito e às ferramentas utilizadas no decorrer do projeto. Por fim, é feita referência aos métodos de medição de trabalho sendo realizada uma apresentação da abordagem adotada para o estudo.
- **Capítulo 4-** A este capítulo está associada a análise da situação inicial do problema onde são calculados alguns indicadores relevantes permitindo, assim, expor alguns dos problemas encontrados durante as observações realizadas inicialmente.
- **Capítulo 5-** O capítulo 5 é dedicado à apresentação das melhorias propostas e implementadas, de modo a colmatar a existência de alguns problemas.
- **Capítulo 6-** Neste capítulo, é realizada uma análise aos resultados obtidos, através da comparação de indicadores apresentados inicialmente, após terem sido implementadas as melhorias.
- **Capítulo 7-** Por fim, no último capítulo é realizado o balanço do trabalho desenvolvido através da apresentação de conclusões e avaliação do cumprimento os objetivos estabelecidos, assim como, são apresentadas perspetivas de trabalho futuro do que poderá ser trabalhado de modo a tornar o estudo apresentado mais completo.



## 2. Apresentação da empresa

### 2.1 Renault Cacia

Fundada em setembro de 1981, a Renault Cacia é uma das unidades de produção do Grupo Renault que se encontra localizada num dos maiores centros industriais do país, na cidade de Aveiro, com uma área total de 300.000  $m^2$ . Esta é favorecida pelos bons acessos, contribuindo para a dinamização da indústria em seu redor e consequentemente para o alcance de desenvolvimento a nível económico.

A principal atividade desta unidade fabril é a produção de caixas de velocidade, componentes de motores, entre eles, bombas de óleo e árvores de equilibragem. Nos últimos tempos, a empresa tem vindo desenvolver novos projetos de forma a dar resposta às novas necessidades do mercado automóvel. Como resultado das pressões exercidas nas indústrias pelas políticas governamentais, devido a uma crescente preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade, as empresas tem-se visto forçadas a projetar novas soluções que contribuam para a redução das emissões dos veículos e consequentemente o aumento da reciclabilidade. A Renault Cacia, procurou assim investigar soluções sustentáveis que fossem de encontro aos requisitos exigidos e avançou para a reestruturação de diferentes produtos. Assim, procedeu à produção de uma nova caixa de velocidades, a JT4, uma caixa manual com 6 velocidades, à produção de uma nova caixa diferencial DB35 cuja finalidade é a exportação para ser integrada em caixas de velocidades híbrida e à conceção de uma nova Bomba de óleo não existente no mercado. Todas estas soluções permitirão reduzir de forma significativa as emissões de  $CO_2$  para o meio ambiente.

Durante o ano de 2020 produziram-se um total de 360 000 caixas de velocidade. Atualmente, a fábrica labora 24 horas por dia, 7 dias por semana, tendo produzido até ao momento mais de 10,5 milhões caixas de velocidade e 40 milhões de bombas de óleo. Os produtos fabricados na fábrica são inteiramente exportados para fábricas Renault, Nissan e Mitsubishi onde acontece a montagem de veículos e da parte mecânica espalhadas pelo mundo.

Em 2021, a Renault Cacia ambiciona manter-se com elevados níveis de produção, em contraciclo face às outras fábricas do grupo devido à produção da nova caixa de velocidade JT4.

A unidade de Cacia ambiciona ser uma referência para outras fábricas da Aliança através da panóplia de produtos que detém e a sua capacidade de adaptação às mudanças e necessidades dos clientes garantindo a qualidade dos produtos e serviços. Para além disso, o alcance de patamares de

excelência em termos de competências da força de trabalho e evolução tecnológica, fazem parte das principais prioridades. A par do que foi anteriormente referido, a fábrica de Cacia tem como princípios fundamentais garantir a segurança, a ética, a responsabilidade social e ambiental e o respeito pelo APW.

### 2.1.1. Organigrama da Empresa

A fábrica de Cacia possui uma estrutura organizacional que se encontra organizada em onze departamentos, como pode ser observado na Figura 2:



Figura 2- Estrutura organizacional Renault CACIA

A Renault Cacia encontra-se dividida em dois departamentos distintos: DCM (Departamento Componentes Mecânicos) e DCV (Departamento Caixas de Velocidade). De cada um deles é composto por diversos ateliers (AT), onde são produzidos componentes tanto para consumo interno como para consumo de outras fábricas do grupo. Nas diferentes zonas, acontece a produção dos seguintes componentes:

1. **AT1 e AT2-** acontece a produção de componentes para consumo interno na montagem das caixas de velocidade, entre eles árvores primárias e secundárias, pinhões loucos e pinhões fixos e cárteres de embraiagem e cárteres de mecanismo;
2. **Processos Especiais-** corresponde a duas zonas distintas, uma se dedica à maquinação e montagem de caixas diferenciais tanto para consumo interno como para outras fábricas. A outra, diz respeito à zona dos tratamentos térmicos onde alguns parâmetros dos componentes são testados;
3. **AT3, AT4 e AT6-** estes *ateliers* fazem parte da fabricação dos componentes mecânicos onde são produzidas as árvores de equilibragem, chapéus e bombas de óleo;
4. **AT5-** acontece nesta zona, a montagem das caixas de velocidade sendo constituída por duas linhas de montagem e uma zona de preparações.

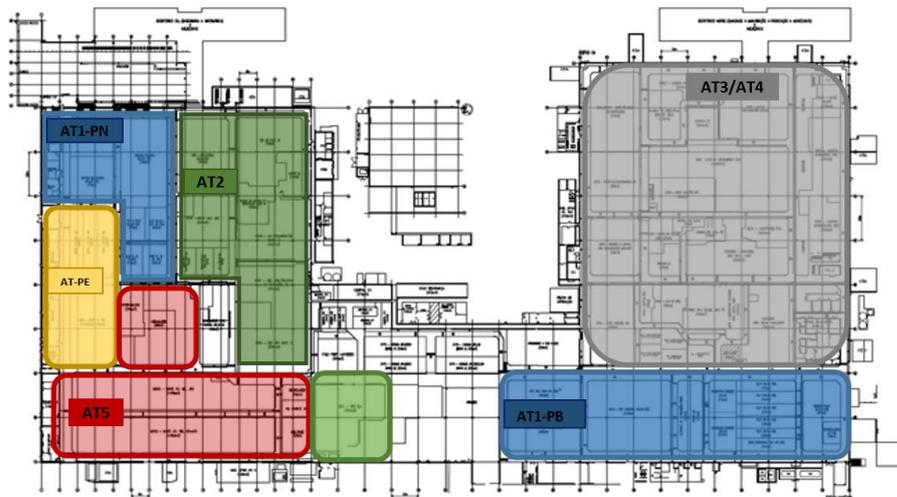


Figura 3- Localização dos ateliers

### 2.1.2. Etapas de produção

De modo a perceber de uma melhor forma toda a dinâmica fabril, será descrito de seguida todas as etapas do processo de produção necessárias para a produção de uma caixa de velocidades (Figura 4).

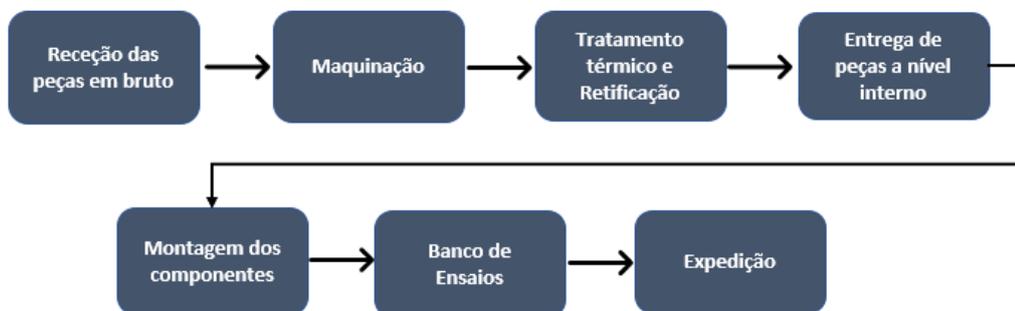


Figura 4- Processo Produtivo

Dependendo da peça em questão, estas podem ter dois destinos distintos: reencaminhadas para fornecedores externos ou então, são consumidas internamente, isto é, a empresa irá utilizar as peças produzidas na montagem das caixas de velocidade. No entanto, nem todos os componentes necessários à montagem do produto acabado são fabricados pela própria empresa, pelo que, também acontece, a receção de componentes de fornecedores externos.

### 2.1.3. Os Produtos

Como mencionado anteriormente, o mercado automóvel tem sido pressionado pelas políticas governamentais existentes, de modo a desenvolverem produtos que permitam assegurar o cumprimento das normas ambientais. Após ter sido considerada, ao longo dos últimos anos, de entre todas as fábricas de componentes mecânicos, *Renault- Nissan*, como a melhor na produção das caixas de velocidade, a empresa decide agora apostar em produtos inovadores e sustentáveis, com vista a assegurar a sua vantagem competitiva face aos concorrentes do mercado. Assim, a produção da nova caixa de velocidades surgiu ao abrigo do Programa COMPETE 2020 previsto no Regulamento Específico do Domínio da Competitividade e Internacionalização\_fazendo parte de um conjunto de soluções para equipar veículos eco-eficientes, tendo em vista para a redução de emissões de Dióxido de Carbono (Diário de Aveiro, 2018). Com este novo projeto, a Renault Cacia pretende posicionar-se em novos mercados internacionais e assegurar a capacidade de produção, de forma a fazer face à procura externa de novos produtos. Espera-se que em 2021, a produção da nova caixa seja responsável por 70% da faturação com uma produção anual de 550 mil caixas de velocidade. Paralelamente, a produção exclusiva deste produto a nível mundial contribuirá para o desenvolvimento, diversificação e internacionalização da economia portuguesa. Para tal, foi necessária uma reestruturação de toda a planta fabril de forma a acolher este novo projeto.



Figura 5- Caixa de velocidades JT4

A nova família de caixas JT4 é composta pelos seguintes componentes, todos fabricados internamente, apresentados de seguida: Árvore Primária; Árvore Secundária; Pinhões Loucos 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª, 6ª mudança; Pinhões Fixos 3ª, 4ª, 5ª, 6ª mudança; Cárter Embraiagem; Cárter de Mecanismo; Árvore Secundária alta e Pinhão louco MAR.

#### **2.1.4. Atelier 5 (AT5) - Linhas de Montagem de Caixas de Velocidade**

Na Renault Cacia, as caixas de velocidade representam a maior fatia do volume de negócios da empresa. A montagem das caixas de velocidade acontece no AT5 onde, após a maquinação dos componentes em outros ateliers da fábrica, é efetuada as operações de montagem dos componentes produzidos internamente e de fornecedores externos.

À data de início do estudo, eram produzidas nas linhas de montagem dois tipos de caixas de velocidade de família distintas: JR e JT4.

A caixa de velocidade JR, é uma caixa adequada a veículos de baixa cilindrada que possui 5 velocidades, um binário de 220 Nm e funciona com 2,5 litros de óleo. Desde 2002, a caixa JR equipa modelos das marcas Renault e Dacia sendo alguns exemplos os modelos: *Mégane, Scénic, Kangoo, Duster, Captur, Logan e Clio* (Renault Cacia, 2021).

Relativamente à caixa de velocidades JT4, é uma caixa que equipa veículos de maior cilindrada das marcas *Renault, Dacia e Nissan*. Destaca-se da JR por possuir uma caixa diferencial esférica, uma marcha atrás funcionando com um binário de 220 Nm e 1,8 litros de óleo. A nova caixa inclui-se em veículos a gasolina dos seguintes modelos: *Clio, Dacia Sandero, Logger, Captur e Duster*.

Dentro de estes dois tipos de caixa, estão incluídos vários índices estando as diferenças relacionadas com pequenas características dos componentes que diferem consoante o índice a fabricar. As caixas produzidas são exportadas para fábricas de montagem automóvel localizadas em Espanha, França, Turquia, Eslovénia, África do Sul, Roménia e Marrocos.

O AT5, encontra-se situado no Departamento das Caixas de velocidade, sendo constituído por duas linhas de montagem de caixas de velocidade: a linha 2 (L2) e a linha 3 (L3). Estas duas linhas, são conhecidas internamente por MB02 e MB03, respetivamente.

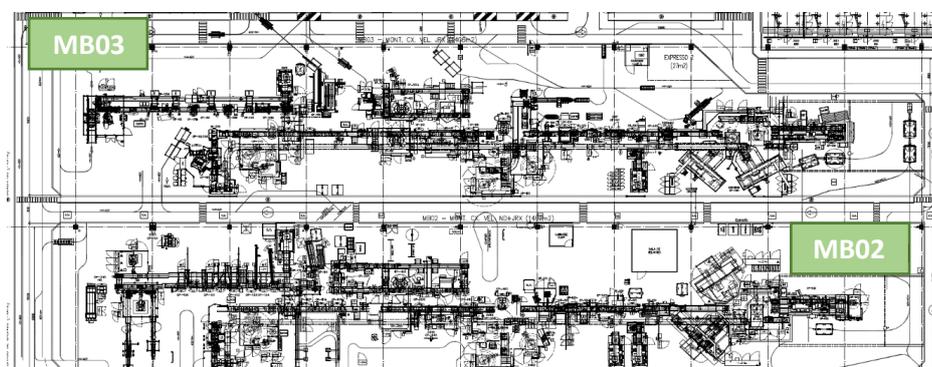


Figura 6- Linhas de Montagem MB02 e MB03 do AT5

Como mencionado, a produção da nova caixa de velocidades JT4 implicou uma reestruturação ao nível de toda a fábrica. Os *ateliers* localizados no departamento CV foram os que sofreram mais modificações para poderem dar resposta à procura da nova caixa de velocidades. No AT5, a linha 3 (MB03) foi a escolhida para o arranque da produção da nova caixa de velocidades para tal, foi necessário proceder a modificações ao nível dos postos automáticos e manuais, assim como, foi necessário proceder à adaptação dos postos de trabalho para produção dos dois tipos de caixas, a JR e a JT4.

À data de início do estudo, ambas as linhas funcionavam diariamente com tipos de caixas e cadências produtivas distintas. Assim, a MB02 produzia apenas caixas do tipo JR enquanto a MB03, devido ao arranque da nova caixa, sofreu alterações de forma a produzir os dois tipos de caixas, JT4 e JR. Por produzir mais de um tipo de caixa de velocidades, a linha MB03 possui postos que são comuns aos dois tipos de caixas e postos para um tipo específico de caixa de velocidades.

Com o arranque da produção da nova caixa de velocidades, foi necessário definir estratégias de produção de forma responder às necessidades do cliente da melhor forma possível. Para isso, foi feita uma redistribuição da produção, pelas linhas de montagem, que ao longo do tempo foi sofrendo alterações. Como mencionado anteriormente, no início do estudo, a linha MB02 apenas produzia uma família de caixas, a JR, trabalhava em 3 equipas, 8 horas por turno e com uma cadência produtiva de 600 caixas por turno. A elevada produtividade da MB02 justificava-se pela tendência crescente de produção da JT4, na linha MB03, pelo que era necessária uma maior cadência produtiva da linha 2 de forma a responder aos pedidos do cliente. Apesar de a produção de JR acontecer também na linha MB03, à medida que a produtividade de JT4 aumentava, a produção de JR, nesta linha, foi seguindo uma tendência decrescente até ao ponto de se fabricar somente quando necessário. Com o passar do tempo, e de forma a cumprir os objetivos definidos para 2021 com a produção de JT4 em ambas as linhas de montagem, também a MB02 foi reduzindo a sua produção. Em meados de janeiro de 2021, a fábrica cessou a produção de caixas do tipo JR, estando a linha 2, atualmente a sofrer alterações necessárias para iniciar a produção da JT4. Da mesma forma, é esperado que a cadência de produção máxima de 710 caixas por turno seja atingida até ao fim do projeto de estágio. Desta forma, serão criadas duas linhas de alta produtividade capazes de produzir a nova referência nos diversos índices pertencentes à família JT4. Na Figura 7, encontra-se representado, para uma melhor compreensão, as diferentes tendências produtivas durante a duração do projeto.

	MB02		MB03	
	JR	JT4	JR	JT4
Início do Projecto	→	0	↓	↑
Janeiro de 2021	↓	0	0	↑
Abril de 2021	0	0	0	→
Junho de 2021	0	↑	0	→

Figura 7-Evolução da produção

-  Produção crescente
-  Produção estabilizada
-  Produção decrescente
- 0 Produção nula



### **3. Enquadramento Teórico**

Neste capítulo é feita uma revisão teórica da literatura, onde são revistos os conceitos e ferramentas mais relevantes para o projeto. Neste sentido, de modo a reunir o conhecimento necessário dos conceitos teóricos e ferramentas recorreu-se a bases de dados científicas e a bibliografias relacionadas com os temas. Em primeiro lugar, é definida a Indústria 4.0, os seus princípios e principais pilares tecnológicos. Em segundo lugar é feita uma abordagem ao *Lean Manufacturing* e às suas ferramentas, tendo apenas sido abordadas as ferramentas utilizadas durante o projeto de estágio. Neste sentido, foi realizada uma revisão relativamente à relação existente entre a Indústria 4.0 e a filosofia *Lean* de modo a perceber o que já foi estudado na literatura, relativamente à presença de ambas as abordagens nas organizações.

#### **3.1. Indústria 4.0**

As novas tecnologias têm proporcionado uma constante evolução da indústria, obrigando as organizações a concentrarem-se no desenvolvimento e produção de produtos personalizados, disponíveis num curto período de tempo.

O termo “Indústria 4.0” surgiu pela primeira vez na Alemanha como um novo conceito para promover o desenvolvimento de alta tecnologia associado à digitalização dos sistemas de produção.

A quarta revolução industrial propõe a transformação dos sistemas industriais e produtivos através da integração de automatização e a digitalização dos processos. A Indústria 4.0 promove o alcance de uma estratégia descentralizada permitindo a gestão dos processos de forma independente, com a utilização dos dados de forma instantânea (Erboz, 2017).

Assim, esta visa o aumento da eficiência organizacional, através da personalização dos produtos, a redução dos custos, gera alertas e permite intervenções em tempo real promovendo aumento da produtividade. Além disso, permite à gestão tornar o processo de tomada de decisão mais ágil e flexível, com um melhor controlo e monitorização do chão de fábrica resultando numa utilização dos recursos eficiente e ajustando-se à procura (Hernandez-de-Menendez et al., 2020).

De modo a alcançar um sistema de produção autónomo e que permita o máximo de personalização dos produtos, é necessário a integração das Tecnologias da Informação e comunicação (TIC) com os Sistemas Ciber- Físicos (CPS) de forma a possibilitar a interação entre as

peças, as máquinas e dispositivos inteligentes em tempo real, em qualquer lugar com recurso a qualquer rede ou serviço (Bauer et al., 2018; Erboz, 2017; Tortorella & Fettermann, 2018).

A integração de todos os elementos tem como principal objetivo a criação de uma organização inteligente, conhecida por fábrica inteligente. Assim, estas organizações devem-se caracterizar pela capacidade de adaptação, a otimização dos recursos tendo em consideração as questões ergonómicas e integração simultânea das partes interessadas nos processos de negócio e na criação de valor (Savastano et al., 2019).

### **3.1.1 Princípios da Indústria 4.0**

Apesar de serem inúmeras as vantagens da implementação do conceito Indústria 4.0 nas organizações, pelo facto que ser um conceito recente, apenas algumas empresas foram capazes de desenvolver estratégias de transformação digital necessárias para obter vantagem competitiva.

Assim, torna-se extremamente importante compreender os princípios que estão na base do conceito uma vez que a transformação dos processos abrirá portas a novas oportunidades de negócio através do uso digital dos dados, da tecnologia e *mindset* da organização (Savastano et al., 2019). Hermann et al. (2015) identificou seis princípios que se encontram na base de quarta revolução industrial e que podem servir de suporte às organizações aquando da implementação desta.

- **Interoperabilidade:** corresponde à capacidade de todos os sistemas comunicarem entre si, de forma transparente, através da existência de redes de trabalho.
- **Virtualização:** A implementação de sistemas de monitorização e controlo dos processos físicos que permitam o seguimento dos processos de forma remota.
- **Descentralização:** corresponde à atribuição de poder de decisão aos próprios sistemas, com base nos dados recolhidos. Como resultado, é esperado, que exista uma menor necessidade de intervenção humana durante o processo produtivo.
- **Acompanhamento e tomada de decisão em tempo real:** Com recurso ao desenvolvimento e implementação de novas tecnologias, o processo de identificação e resolução de problemas em tempo real será mais simples e rápido. Assim o processo recolha, análise e tratamento dos dados, em informação, podem ser realizados de forma instantânea.
- **Modularidade:** permite que ocorram mudanças dos módulos a produzir dependendo da necessidade, caracteriza-se assim, pela flexibilidade, caso seja necessário a alteração de

programação dos equipamentos ou dos próprios produtos, por flutuações da procura e encomendas.

### 3.1.2. Principais Pilares Tecnológicos

De acordo com Rüßmann et al. (2015) são nove as tecnologias que suportam a indústria 4.0 e que foram identificadas como fundamentais na transformação dos processos produtivos tendo um impacto positivo no aumento dos níveis de eficiência, segurança, capacidade produtiva e retorno do investimento. A interligação entre as tecnologias permitirá alcançar a total otimização do fluxo produtivo, assim como, transformar as relações entre os intervenientes ao longo de toda a cadeia de valor.

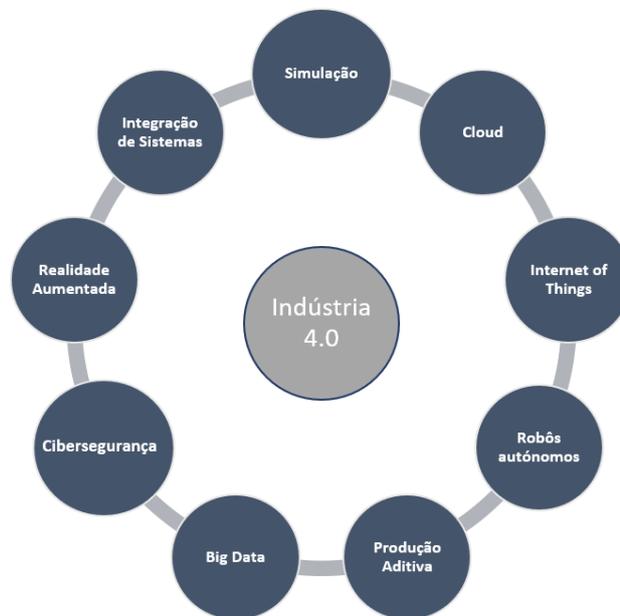


Figura 8- Pilares Tecnológicos (adaptado de (Rüßmann et al., 2015))

### 3.1.3. Lean 4.0

A relação existente entre as tecnologias da informação e comunicação e o *Lean Manufacturing* ganhou uma maior popularidade com o aparecimento da indústria 4.0.

Dado que o impacto positivo da implementação individual destas duas abordagens, levou as organizações a integrar ambos os conceitos, ambicionando o alcance de níveis de performance superiores, garantindo a vantagem competitiva face à concorrência. Por um lado, a metodologia *Lean* caracteriza-se pela sua busca contínua e pela melhoria do desempenho dos processos através

da eliminação de atividades sem valor acrescentado. Por outro lado, a Indústria 4.0 através do desenvolvimento dos sistemas digitais, facilita a produção em massa de produtos personalizados, permitindo desenvolvimento de novos produtos e a integração de inovação no processo de negócio (Tortorella et al., 2021).

Segundo Wagner et al., (2017) um dos benefícios para as empresas na adoção da Indústria 4.0 é que esta, potencia a transparência e estabilidade dos processos onde tenham sido aplicados os princípios *Lean*.

Com a implementação simultânea destas duas metodologias, as organizações pretendem ter uma maior flexibilidade e capacidade de se adaptar às mudanças, que possam ocorrer no mercado, através do acesso à informação em tempo real (Tortorella et al., 2021).

### **3.2. *Lean Manufacturing***

Em meados do século XX, Henry Ford foi o autor do sistema de Produção em Massa, com a instalação da primeira linha de montagem automóvel tornando-se uma referência para a indústria automóvel. A metodologia de produção utilizada, baseava-se na produção de grandes quantidades de produtos com a predominância de processos automatizados. Este método de trabalho apresentava alguns problemas e gerava grandes quantidades de desperdício. Esta, por sua vez era consequência da falta de sincronização ao longo do processo devido aos problemas de comunicação entre as diferentes entidades. Assim, os processos apresentavam grandes quantidades de stock intermédio que podiam promover defeitos ou, em caso da existência de problemas de qualidade, não eram detetados.

Com o passar do tempo e a evolução dos mercados globais, o sistema de produção em massa revelou-se com algumas lacunas e insuficiente para responder às necessidades do consumidor. O mercado começou a exigir às organizações produtos personalizados de maior qualidade, com menor tempo de entrega e abaixo custo (James P. Womack et al., 1990).

Com a derrota do Japão na 2ª Guerra Mundial, aliada a uma extrema escassez de recursos pós-guerra, houve uma necessidade de criar um sistema de produção que conseguisse responder às necessidades do mercado. Assim, a estratégia de recuperação económica passou por implementar um sistema produtivo com um reduzido número de atividades, com o foco na eliminação de atividades com custo associado e que não geram valor para o cliente. Independentemente da

procura por parte do cliente, este sistema teria de garantir a satisfação das necessidades de produtos diversificados, em pequenas quantidades e a custo reduzido.

Assim, nasceu o *Toyota Production System*, um sistema de produção desenvolvido por Taiichi Ohno e a sua equipa de forma a garantir a entrega de produtos inovadores e personalizados com qualidades e preços atrativos. Segundo Ohno (1988), este sistema surge com objetivo de acompanhar a evolução da indústria, em mercados cada vez mais complexos e exigentes. As organizações para conseguirem manter a vantagem competitiva, passaram a ter de se preocupar mais com os custos produtivos de modo a reduzi-los ao máximo, através da otimização dos recursos e eliminação de atividades sem valor acrescentado.

Para conseguirem responder às exigências do mercado, a estratégia passou pela redução do *lead times*, redução ou eliminação de stocks começando, desta forma, a produzir o que o cliente pretende, na quantidade que é realmente necessária. Para tal foi necessária a implementação de técnicas como o *Just in Time* (JIT) e *Jidoka* (autonomação).

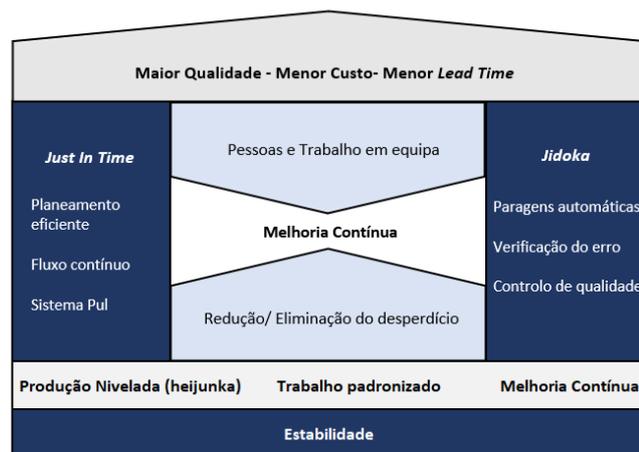


Figura 9- Toyota Production System

O *Toyota Production System* é composto por um conjunto de ferramentas e métodos que permitem a identificação e a redução dos 7 tipos de desperdício contribuindo para o aumento da produtividade e redução do custo associado. Para a representação deste sistema foi efetuada uma analogia entre o sistema e uma casa, tendo como objetivo demonstrar a importância de todos os elementos do sistema. Assim, o sistema é suportado por dois pilares principais são o *“Just in Time”* e *“Jidoka”*.

Os processos *Just in Time* definem-se por produzirem apenas o produto que o cliente pede, quando é necessário e nas quantidades certas. Este princípio promove a total sincronização com o

cliente, estabelecendo no processo um ritmo constante de modo a satisfazer a procura do cliente. No entanto, apesar da sincronização total ser o cenário ideal, não havendo necessidade da existência de stocks entre processos, deve-se ter em conta a possibilidade da variabilidade da procura, pelo que é necessário assegurar a existência de stocks mínimos de segurança (Fritze Christopher, 2016).

*Jidoka* é um método que permite a interrupção do processo sempre que ocorre a produção de um defeito ou problema durante o processo produtivo. Esta metodologia procura criar condições para que a qualidade seja garantida, através do recurso sistemas de deteção de erros autónomos. Uma das ferramentas utilizadas é o sistema *Andon*, que emite um sinal quando um equipamento ou pessoa interrompe o processo produtivo. Este pode estar presente num processo através de um sinal luminoso, apresentando normalmente diferentes cores, sendo que cada cor representa um tipo de assistência necessária. Outro sistema é *Poka-yoke* permite garantir a qualidade do cliente final uma vez que desde que o defeito é detetado, este permite a sinalização do produto por parte do operador seguindo na linha até à retificação ou a correção no momento da não conformidade.

Na base da casa encontra-se a produção nivelada, a necessidade de atingir processos estáveis e padronizados, a gestão visual e a aplicação dos 5S. No interior da casa encontram-se os princípios de melhoria contínua, que são de extrema importância para o funcionamento de todo o sistema, como os recursos humanos e o trabalho em equipa assim como a redução das perdas. Por fim, no topo do sistema está presente o que a organização deseja alcançar, sendo que esta se deve focar na obtenção de produtos com maior qualidade, a menor custo, lead-time reduzido, maior segurança e pessoas motivadas.

### **3.2.1. Princípios Lean**

A filosofia *Lean* despertou nas organizações a necessidade de continuamente melhorar os seus processos (Johansson & Nafisi, 2020). Esta metodologia tem como principais objetivos a implementação de uma estratégia organizacional sustentável que permita o alcance de resultados em termos de qualidade, custo, tempo de entrega e motivação (Leandro Elizondo et al., 2016).

Womack & Jones (1997) identificaram os cinco princípios que conduzem à implementação de um sistema *Lean* de sucesso, sendo eles os seguintes:

1. **Valor-** A entrega de valor está relacionada com a capacidade de uma empresa produzir um produto, no tempo certo, na quantidade desejada e que satisfaça as necessidades do cliente. Dependendo do cliente, é necessário definir o que representa valor para este e o que o cliente

não está disposto a pagar. Garantir que o produto é entregue com qualidade, sem defeitos e de acordo com as suas necessidades é fundamental para manter a lealdade e confiança na organização. Assim, é crítico a definição de valor (Soliman, 2017).

2. **Cadeia de valor**- corresponde a todos os elementos e fases pelo qual o produto passa, desde que é recebido o pedido até que é entregue ao cliente. A cada fase o produto deve-se encontrar cada vez mais próximo de ser entregue e todas as etapas devem adicionar valor , caso contrário, são apenas desperdício (Soliman, 2017).
3. **Fluxo**- O fluxo deve permitir que o produto flua ao longo da cadeia de valor, sem paragens e retrabalho no menor tempo possível (Bauer et al., 2018). Assim, conceito de fluxo promove um fluxo contínuo de informação e materiais, procurando reduzir ao máximo o stock intermédio e, por sua vez, redução de tempos de *lead-time* (Thangarajoo & Smith, 2015).
4. **Pull**- o cliente é o responsável por liderar os processos e despoletar as suas necessidades. Ao produzir apenas o que o cliente necessita, é possível de minimizar os níveis de inventário, otimizar os recursos e o material utilizado, reduzir os custos associados a ferramentas e equipamentos e o espaço que seria necessário para o seu armazenamento (Soliman, 2017). Num sistema *pull*, o produto é produzido na quantidade pedida, no tempo certo, e as suas especificações respondem ao que foi pedido.
5. **Perfeição**- a busca por melhorar continuamente o processo e adaptar-se aos interesses e expectativas do cliente, que estão sempre em constante mudança. O processo tem tendência em perder a sustentabilidade, caso o ciclo de melhoria contínua seja interrompido. Assim, as organizações devem focar-se em entregar o maior valor possível ao cliente, procurando sempre melhorar os seus processos e minimizar os desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor (Thangarajoo & Smith, 2015).

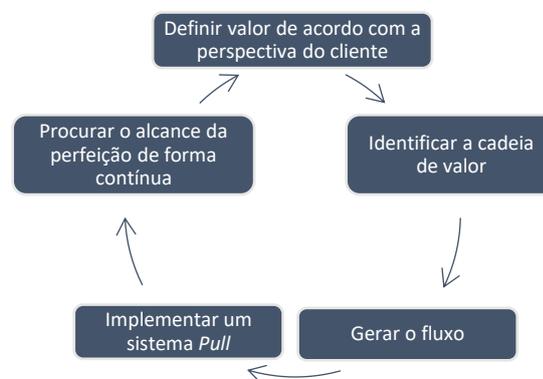


Figura 10- Cinco princípios *Lean*, adaptado de (Thangarajoo & Smith, 2015)

### 3.2.2. Sete desperdícios

Entendemos por 7 desperdícios um conjunto de atividades de valor não acrescentado que criam ineficiências ao longo da cadeia de valor. Essas atividades levam a aumentos do custo de fabrico, redução da qualidade e atrasos na entrega do produto. O *Toyota Production System* também reconhece a existência de atividades de valor acrescentado que são essenciais como atividades de manutenção preventiva e inspeção que devem ser reduzidas ou otimizadas (Soliman, 2017).

Segundo Ohno (1988), o tempo entre a receção do pedido do produto até que este é entregue deve ser analisado e os desperdícios ao longo do processo devem ser eliminados de maneira que, esse tempo, seja o mais curto possível. O autor passou assim por identificar categorias dos principais desperdícios ao longo da cadeia de valor, sendo eles os seguintes:

1. **Sobreprodução** – Corresponde em produzir quantidades superiores à necessidade do cliente, ou antes de conhecer a procura ou mais rápido do que é preciso. Como resultado, acontece o aumento de stocks levando à utilização de recursos, energia e espaço de armazenamento sem qualquer retorno. É considerado o desperdício mais penalizante para uma organização uma vez que reduz a flexibilidade de programar e planear a produção, podendo afetar a qualidade dos produtos e a produtividade do processo. A produção de elevadas quantidades de stock tende a aumentar o tempo de armazenamento e conseqüentemente o *lead-time*. Por sua vez os elevados tempos de escoamento, podem levar à degradação do produto, impedindo que sejam encontrados os problemas e ineficiências a tempo.

2. **Esperas**- As esperas correspondem ao tempo em que as pessoas ou equipamentos se encontram parados sem produzir devido a variadas causas. As esperas podem acontecer devido problemas relacionados com avarias de equipamentos, problemas de qualidade, acidentes, espera por falta de material, falta de experiência ou formação ou layout desadequados. Segundo Fritze Christopher (2016) as principais causas que originam as longas esperas estão relacionadas com processos que não se encontram corretamente balanceados. Frequentemente, os operadores encontram-se parados à espera de material do processo anterior, à espera de ferramentas ou partes necessárias para o correto fluxo produtivo. Assim, este tempo de espera deve ser utilizado para a realização de atividades de manutenção, limpeza, abastecimento ou atividades de melhoria contínua, sem originar sobreprodução.

3. **Transporte**- Acontece sempre que o produto em transformação ou o produto acabado necessita de ser transportado grandes distâncias ou transferido entre armazéns. Pode também originar múltiplos manuseamentos, quando os produtos são armazenados em locais temporários e de forma desorganizada. Por forma a reduzir este desperdício, devem ser analisadas possíveis melhorias do layout, aquisição de meios de transporte e a sincronização entre processos.

4. **Sobreprocessamento** – A fonte do problema pode estar presente no próprio processo dando origem a desperdício desnecessário. Resulta da incorreta utilização dos equipamentos ou a não coerência do posto com o *standard* podendo comprometer a qualidade do produto.

5. **Inventário**- a existência de excessivos níveis de inventário, seja em termos de matérias-primas, WIP ou produto acabado é considerado um desperdício uma vez que origina elevados *lead-times*, custos de transporte e armazenamento e atrasos. Elevados números de inventário podem dever-se à não adequada definição do layout dos equipamentos, elevados tempos de mudança de ferramenta, problemas de qualidade e diferentes níveis de desempenho ao longo do processo.

6. **Defeitos**- ocorrem sempre que o produto não respeita os requisitos e especificações do cliente, estes, por sua vez, podem originar reclamações por parte do cliente pondo em causa processo de negócio. Podem também ocorrer devido a falhas humanas, ou falhas no controlo da qualidade tendo um impacto significativo no planeamento, nos custos e na produtividade. Os custos estão comumente relacionados com custos de inspeção, retrabalho e de garantia. Para que a quantidade de defeitos seja reduzida, a causa deve ser encontrada sendo que a inspeção apenas identifica o defeito, mas não resolve o problema. Assim, deve ser desenvolvido um sistema que permita um melhor controlo de peças defeituosas, para que, qualquer pessoa, seja capacitada para corrigir o problema no imediato.

7. **Movimentação desnecessária**- desperdícios relacionados com a disposição do posto de trabalho, e com a ergonomia do posto. Os movimentos devem ser definidos de forma eficiente, devendo ser eliminado tudo o que não acrescente valor ao produto.

8. **Talento Humano** – Adicionalmente, Ohno identificou o oitavo desperdício, este prende-se com o não aproveitamento da criatividade humana. O desperdício do potencial humano pode resultar em perdas de possíveis melhorias dos processos, uma vez que todo o conhecimento, experiência e sabedoria humana carece de ser explorado.

Assim, investimento por parte das organizações no desenvolvimento das pessoas através de planos formação e *coaching* é fundamental uma vez que as existências de trabalhadores com elevados níveis de competências permitem à organização um melhor controlo e seguimento dos seus processos contribuindo para a melhoria e eficiência dos processos (Soliman, 2017).

### 3.3 Métricas Lean

#### 3.3.1 Metodologia 5S

O 5S é uma das ferramentas utilizadas para identificar e eliminar os desperdícios nas organizações, esta é implementada sempre que existe necessidade de manter uma área de trabalho limpa e organizada (Omogbai & Salonitis, 2017) . Os 5S correspondem a um conjunto de ações que se focam na organização, limpeza, standardização e na manutenção da disciplina, no espaço de trabalho, contribuindo para o aumento da eficácia e condições de trabalho. Frequentemente, os 5S são a primeira ferramenta *Lean* a ser implementada uma vez que são um requisito essencial à implementação de outras metodologias que visam a melhoria contínua (Srivastava et al., 2019). Quanto mais organizada e limpa for uma área de trabalho, maior a rapidez de resposta, face a problemas e mais facilmente as melhorias podem ser identificadas (Míkva et al., 2016). Cada um dos 5S representam a primeira letra de palavras de origem japonesa, que se referem a diferentes etapas a serem seguidas:

- **Seiri (Triar)**- Este elemento corresponde a selecionar o que é necessário colocando no sítio adequado e remover peças ou ferramentas que já não tenham utilidade do posto de trabalho.
- **Seiton (Ordenar)**- Corresponde à definição exata do local para a colocação das coisas, tendo em conta o tempo necessário e a distância que se encontra do utilizador. Nesta etapa deve ser feita uma priorização da frequência de uso e importância do bem de modo a fazer uma melhor definição do espaço disponível.
- **Seiso (Limpar)**- os bens/ equipamentos devem ser limpos com regularidade de modo que as anomalias possam ser identificadas mais facilmente. Idealmente, deve ser estruturado um plano de manutenção do espaço de trabalho permitindo uma redução da falha dos

equipamentos, melhoria na segurança, melhor qualidade do produto e um ambiente motivador (Sati & Adam, 2019).

- **Seiketsu (Padronizar)**- a padronização deve ser feita através da criação de *standards* do posto de trabalho. De modo a facilitar a tarefa, estes, devem ser comunicativos, claros e fáceis de perceber (Veres et al., 2018).
- **Shitsuke (Disciplina)**- Um dos aspetos mais importantes, consiste em tornar a aplicação desta ferramenta um hábito na cultura organizacional. Uma das estratégias utilizadas, de modo a manter os 4S anteriores, é a realização de auditorias de modo analisar o estado de cada S. Após a avaliação do posto, os resultados devem ser divulgados e deve ser salientada a importância da ferramenta no meio organizacional (Raid A., 2011).

O sucesso de implementação desta ferramenta traduz-se em trabalhadores motivados, aumento dos níveis de produtividade, ganhos em termos de espaço disponível, redução de desperdícios e materiais que não sejam necessários ao processo. Ao transformar o espaço de trabalho permite a redução de tempos de troca de ferramenta, reduz a probabilidade de ocorrer acidentes uma vez que diminui a desorganização e pode contribuir para a redução de tempos de ciclo (Omogbai & Salonitis, 2017).

Assim, os 5S são uma ferramenta fácil de implementar, que recorre a ajudas visuais de custo reduzido, auxiliando o alcance de resultados operacionais mais consistentes através da implementação de práticas *Lean*.

### **3.3.2 Standard Work**

O *Standard Work* permite documentar o melhor método de execução conhecido dos processos existentes de uma organização, de forma a satisfazer o nível de qualidade exigido. Assim, o *standard* definido, será a forma mais segura e eficaz de realizar o trabalho, tendo em conta os recursos disponíveis e com o objetivo de reduzir ao máximo que os operadores realizem as operações de forma aleatória. (Bragança & Costa, 2015). Com a aplicação deste conceito, a organização visa ceder aos seus trabalhadores um *standard* com descrições claras e precisas à cerca do modo de funcionamento do posto de trabalho e das tarefas a realizar. Assim, permite maior autonomia por parte do operador, tornando-o polivalente e contribuindo para um sistema de produção mais flexível.

Segundo Bragança & Costa (2015), a padronização é definida como a ferramenta base na promoção da melhoria contínua. Através desta ferramenta, é possível reduzir a variabilidade no

processo tornando-o mais previsível e estável; diminuir a quantidade de erros humanos e consequentemente prevenir a necessidade de retrabalho, aumentando a qualidade dos produtos; assegurar um maior envolvimento dos operadores na sugestão de melhorias e transparência do processo. Assim, sempre que ocorre uma alteração no posto de trabalho, como a introdução de novas ferramentas ou métodos, torna-se necessário alterar as práticas documentadas. Desta forma, sempre que ocorre a melhoria de um *standard* este deve ser revisto, e é tido como ponto de partida para futuras melhorias (Suzaki, 2010).

Segundo Ohno (1988), na criação de um *standard* devem ser tidos em conta três elementos fundamentais:

- **Tempo de ciclo padrão:** corresponde ao tempo necessário para a produção de um produto de forma a responder à procura definida pelo cliente;
- **Sequência de trabalho:** representa um conjunto de tarefas a serem executadas, ordenadas da forma mais segura e eficiente.
- **WIP *standard*:** corresponde ao stock mínimo necessário, para assegurar um fluxo produtivo contínuo.

Assim, na construção dos standards é necessário conhecer todos os detalhes do trabalho a ser padronizado, como o macroprocesso no qual se encontra inserido. Dependendo do objetivo, deve ser elaborado um documento onde conste a sequência e a descrição das atividades a realizar, assim como, outros aspetos necessários para o operador desempenhar da melhor forma a tarefa. Numa organização, quando o respeito pelo *standard* definido é conseguido, este traduz-se em ganhos imediatos para a organização que visam aumento da produtividade e redução de *lead times*.

### **3.3.3 Gestão Visual**

A gestão visual é uma das ferramentas de suporte da metodologia *Lean*, frequentemente implementada nas organizações, dado a facilidade de obter resultados significativos. Cada vez mais, as organizações se esforçam por adotar ferramentas que auxiliem a adaptação rápida a mudanças do sistema e que contribuam para um maior grau de visibilidade de informação (Brady et al., 2018). De modo proporcionar uma rápida transmissão de informações relevantes, podem ser utilizadas diferentes técnicas de gestão visual. Estas técnicas incluem códigos de cores, sinais visuais, marcadores, etiquetas e *checklists*, permitindo maior receção de informação e um controlo maioritariamente visual (Kurpjuweit et al., 2019).

As organizações auxiliam-se desta ferramenta, com o objetivo de tornar os processos mais transparentes e acessíveis, de forma a facilitar a identificação de desperdícios e de problemas. Assim, é possível transmitir aos colaboradores informações relevantes com elevada facilidade, motivando a integração dos mesmos (Bititci et al., 2015).

### **3.3.4 Kaizen**

Com origem japonesa, o termo *Kaizen* surgiu nos anos 50 e resulta da combinação de duas palavras: “Kai” - mudança e “Zen”- *bom*. Esta filosofia tem como principal objetivo, incentivar as pessoas a implementar melhorias incrementais, mesmo que pouco significativas, a longo prazo podem ter um impacto positivo a nível macro da organização (Janjić et al., 2020; Spasojević-Brkić et al., 2020; Suárez-Barraza et al., 2011).

O aumento da produtividade, a melhoria da qualidade, a redução dos custos e da eficiência e o aumento da satisfação dos clientes são aspetos que visam a melhoria do processo.

Spasojević-Brkić et al. (2020) reconhece as vantagens da implementação de práticas de melhoria contínua e sua contribuição para o aumento do desempenho dos indicadores e variáveis, e destaca, em particular, os resultados obtidos na área de qualidade. Segundo o autor, há um esforço contínuo na aplicação de melhorias em todo o processo, de forma a entregar ao cliente, um melhor produto ou serviço.

No entanto, Janjić et al. (2020) afirma que a complexidade de implementação desta metodologia depende de dois fatores cruciais: o grau de disciplina e exigência presente na organização e o comprometimento dos recursos humanos. Desta forma, defende que se deve envolver todos os colaboradores de uma organização, sendo que estes, por sua vez, devem ser motivados participar e sugerir pequenas ações de melhoria. A experiência e criatividade dos operadores facilita o processo de identificar e eliminar os desperdícios ao longo do processo, permitindo contribuir para a *performance* global do sistema.

De acordo com Abdulmouti (2018), o *Kaizen* é uma das ferramentas que se encontra no “DNA” da filosofia *Lean* uma vez que procura melhorar as operações de negócio, com recurso a ferramentas, que permitem a inovação e evolução dos sistemas produtivos. Para além disso, encontra-se incluído num dos pilares do TPS uma vez que fomenta a melhoria contínua e o respeito pelas pessoas.

Segundo Suárez-Barraza et al. (2011) sempre que se identifica uma oportunidade de melhoria, a metodologia *Kaizen* deve ser implementada e seguida através um ciclo PDCA. A implementação de práticas de melhoria contínua deve ser encarado, pela organização, como um processo sem fim, cujo principal objetivo é mudança da mentalidade de todas as partes da organização (Brunet & New, 2003).

### 3.3.5 OEE- Overall Equipment Effectiveness

Numa organização, os equipamentos desempenham um papel decisivo em termos de impacto na qualidade de um produto, assim como podem influenciar no custo final do mesmo, desta forma a melhoria do seu desempenho e sua fiabilidade deve ser uma das prioridades dos gestores de topo (Agustiady & Cudney, 2018).

Num processo produtivo, o indicador que mede o desempenho de um equipamento é o *Overall Equipment Effectiveness*. Com o recurso a este indicador, é possível fazer a medição da produtividade de um processo uma vez que permite obter informações sobre o tempo que uma máquina se encontra a produzir produtos com qualidade (Candra et al., 2017). Um valor OEE de 100% é objetivo de qualquer indústria, sendo que significa que uma máquina esteve 100% do tempo de funcionamento a produzir apenas peças boas, com um desempenho de 100%, isto é, na produção de todas as peças o tempo de ciclo foi respeitado e sem paragens. O valor do OEE é obtido através do produto entre a disponibilidade operacional (Do), o rendimento da velocidade (Rv) e a taxa de produtos com qualidade (Tq), tal como é apresentado na seguinte equação:

$$OEE = Do \times Rv \times Tq$$

*Equação 1- Cálculo do OEE*

Assim, a equação do rendimento operacional é composta pela Disponibilidade operacional, que corresponde ao quociente entre o tempo de paragens de um equipamento e o tempo total disponível para utilização do mesmo (Tempo de Abertura). No que diz respeito ao tempo de paragens programadas, este não é contabilizado no cálculo da Disponibilidade operacional permitindo obter a disponibilidade real do equipamento. A Disponibilidade operacional é dada através da seguinte equação:

$$Disponibilidade\ operacional(Do) = \frac{Tempo\ de\ Funcionamento\ (TF)}{Tempo\ de\ Abertura\ (TA)} \times 100$$

*Equação 2- Cálculo da Disponibilidade Operacional*

Um outro indicador necessário para o cálculo do OEE é o Rendimento Velocidade, este corresponde ao rácio entre o Tempo de Bom Funcionamento (TBF) e o Tempo de Funcionamento (TF). Sendo que o tempo de bom funcionamento diz respeito ao tempo em que o equipamento se encontra a produzir boas peças dentro do tempo de ciclo teórico.

$$\text{Rendimento Velocidade (Rv)} = \frac{\text{Tempo de Bom Funcionamento (PBF)}}{\text{Tempo de Funcionamento (TF)}} \times 100$$

*Equação 3- Cálculo do Rendimento Velocidade*

Por fim, a taxa de qualidade corresponde à divisão entre o número de peças boas sem defeitos fabricadas (PBF) e o volume de peças produzidas.

$$\text{Taxa de qualidade (Tq)} = \frac{\text{Número de peças conformes}}{\text{Volume total de peças fabricado}} \times 100$$

*Equação 4- Cálculo da Taxa de qualidade*

### **3.3.6 Perdas de Produção**

No processo produtivo, o valor do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pode ser afetado diretamente por seis grandes perdas. A amortização ou eliminação das perturbações que estas podem dar origem, deve ser uma prioridade para as equipas de suporte, de forma a aumentar as condições de trabalho, produtividade e a qualidade dos produtos fabricados.

No que diz respeito às perturbações causadas, estas podem estar diretamente relacionadas com a disponibilidade dos equipamentos, o seu desempenho e a qualidade da produção obtida. Desta forma, para se obter elevados níveis de produtividade é imperativo que as principais perdas sejam identificadas e a sua redução/ eliminação seja estudada. Seichi Nakajima, em 1771 (as cited in Acharya et al., 2019) identificou as seis principais perdas produtivas, sendo as seguintes:

- 1. Falhas e Avarias de Equipamentos:** acontece sempre que existem paragens não-programadas dos equipamentos.
- 2. Microparagens:** diz respeito a paragens não previstas que resultam de problemas momentâneos. Estas pequenas paragens podem estar associadas a sensores obstruídos, defeitos das camaras de visão ou abastecimento de stock de material.
- 3. Defeitos de qualidade e retrabalho:** acontece como consequência de produção de defeitos no produto devido ao mau funcionamento do equipamento, podendo causar a necessidade de retrabalho.

4. **Perdas de *Set-Up* e ajustamento:** resulta de paragens associadas a mudança de ferramentas/produtos ou sempre que é necessário algum tipo de manutenção do equipamento ou ajuste de qualidade.
5. **Perdas por velocidade reduzida:** perda relacionada com o desvio existente entre a velocidade real a que o equipamento opera e a velocidade inicialmente estabelecida no projeto do equipamento. Acontece, por vezes, devido à inadequada lubrificação dos equipamentos, inexperiência do operador ou então como medida preventiva de defeitos.
6. **Perdas iniciais e arranque:** tempo necessário para estabilizar uma máquina no início do ciclo produtivo devido a uma configuração inadequada ou período de aquecimento (Acharya et al., 2019; Chikwendu & Chima, 2018).

Outros autores, agrupam as perdas por categorias considerando que as falhas e avarias nos equipamentos e as perdas de *setup* e ajustamentos provocam variações na disponibilidade dos equipamentos, as micro paragens e as perdas por desvios de velocidade afetam diretamente a velocidade do equipamento e, por último, os defeitos de qualidade e retrabalho e perdas iniciais podem afetar a qualidade do produto (Bhojar et al., 2017).

### **3.4 Medição do Trabalho**

O conhecimento dos tempos por atividade ou posto de trabalho é um elemento fundamental uma vez que fornece informações sobre a situação atual de qualquer processo, permitindo a análise de diversos indicadores. Através do seu estudo, é possível perceber, de forma mais clara, o processo produtivo e respectivos fluxos, assim como, permite a decomposição das atividades de modo a distinguir as mais importantes, das que não acrescentam valor ao processo. Paralelamente, o estudo de tempos permite avaliar o desempenho dos trabalhadores e auxilia na tarefa de planeamento e balanceamento da produção permitindo a determinação da capacidade produtiva. A medição de trabalho, foca-se essencialmente na avaliação da eficiência e determinação das necessidades de mão de obra, tendo em conta a sua capacidade, permite definir datas de entrega ao cliente e controlar os custos.

#### **3.4.1 Técnicas para medição de trabalho**

Assim existe um conjunto de técnicas frequentemente utilizadas que auxiliam a determinação dos tempos padrão como o estudo de tempos por cronometragem, estimativa, comparação amostragem, dados históricos e MTM (*Methods Time Measurement*).

A integração do estudo de métodos com o estudo dos tempos permite obter melhorias a níveis da eficiência de formação, facilitando uma aprendizagem rápida dos novos colaboradores ou de novas tarefas, tendo como resultado menos custos associados e melhoria de processos e dos produtos finais. Recorrendo às técnicas de medição de trabalho, é possível realizar a avaliação de um posto de trabalho ou tarefa e comparar com os padrões definidos. Assim, sempre que existem desvios face à situação *standard*, esta ferramenta auxilia o gestor a perceber a causa e a aplicar ações corretivas, no imediato. Através do MTM é possível realizar uma avaliação da postura dos operadores, em termos de ergonomia, uma vez que permite a análise às movimentações feitas no posto de trabalho. A realização destes estudos permite identificar pontos de melhoria uma vez que fornece dados necessários para um melhor balanceamento da carga de trabalho. A nível organizacional contribui para a redução dos *lead times*, aumento da capacidade produtiva e otimização dos recursos humanos e dos tempos de ciclo.

### **3.4.2 Cronometragem**

A cronometragem é o método mais adequado e frequentemente utilizado em diversas áreas, sempre que seja necessário fazer a medição de tarefas de curta duração e repetitivas. Após a observação de vários ciclos, é possível, através deste método, definir um tempo padrão para a tarefa de um operador, podendo ser aplicado a todos os trabalhadores que desempenhem a mesma atividade. Desta forma, para se obter um resultado da medição rigoroso, é necessário seguir algumas etapas, nomeadamente:

1. Definir qual das tarefas vai ser estudada e informar o operador;
2. Determinar o número de ciclos que devem ser observados;
3. Medir o tempo de execução da atividade e avaliar a performance do trabalhador;
4. Obter o tempo *standard* para a execução da atividade.

É de extrema importância que a pessoa que vai efectuar a medição, conheça o processo, para que rapidamente consiga identificar se estão acontecer anomalias na execução da atividade. Um outro ponto chave é que, através do conhecimento da atividade, este pode detalhar a mesma em tarefas por forma a obter o tempo de cada uma das etapas.

Assim, dependendo da atividade a ser medida, antes de se iniciar qualquer medição há necessidade de se verificar se os trabalhadores executam as atividades ou postos de trabalho de acordo com o *standard* definido. O treino do operador é outro factor que se deve ter em conta,

desta forma será possível obter dados rigorosos que traduzem a realidade o mais possível. Assim, sempre que é feito um estudo deste tipo, é fundamental informar o trabalhador do propósito da medição, de modo a que este não se sinta incomodado ou avaliado evitando assim desvios de performance.

De forma a garantir a bons níveis de confiança e precisão dos dados, deve-se, inicialmente, definir o número de ciclos a medir, podendo este número variar consoante a atividade a analisar. Deve ser tido em atenção outros dois factores que podem ter influência na medição, como o operador em causa e a fase do turno em que os tempos estão a ser medidos (Stevenson, 2005).

Assim, posteriormente será possível definir o número exato de medições necessárias consoante o nível de confiança pretendido. A definição do tempo padrão envolve a determinação de dois tempos:

1. **Tempo de Observado (OT)**- corresponde à média dos tempos observados. Caso ocorram atividades frequenciais que não sejam incluídas em todos os ciclos, devem ser posteriormente tidas em conta.

$$OT = \frac{\sum xi}{n}$$

*Equação 5-Cálculo do Tempo Observado*

Em que:

OT: tempo cronometrado;

$\sum xi$ : Soma dos tempos das observações;

n: Número de observações efectuadas;

2. **Tempo Normal (NT)**- é obtido através do produto entre o tempo observado anteriormente medido e a avaliação de performance considerada pelo analista.

$$NT = OT \times PR$$

*Equação 6- Cálculo do Tempo Normal*

Onde:

NT= Tempo Normal

OT= Tempo Observado

PR= Performance

Ter em consideração o ritmo de desempenho de um operador é um ponto chave, uma vez que dependendo da tarefa e da pessoa que a executa, o desempenho da pessoa pode variar. Factores como a precisão, sincronização de movimentos e a sua velocidade de execução podem ter influência no ritmo de trabalho e, por este motivo, deve ser feita uma avaliação da performance do operador (Renault Cacia, 2021). Desta forma, um ritmo considerado normal é 1.00 (100%), enquanto um ritmo de 0.9 corresponde a um operador que executa a atividade num ritmo mais lento que o normal. Assim, a avaliação da performance deve ser feita por um analista experiente e com conhecimento do processo perante condições normais de funcionamento.

## **4. Caso Prático**

### **4.1 Situação Inicial**

Neste capítulo, é feita uma análise da situação inicial da linha de montagem das caixas de velocidade. Primeiramente, foi realizada uma revisão do estado de alguns indicadores sendo que, apenas serão apresentados os que nos fornecem mais informação para o problema em questão. Assim, começou-se por calcular alguns dos indicadores de desempenho, como é o caso do Rendimento Operacional, Disponibilidade Própria, Tempo de Ciclo e DPU. De seguida, serão apresentados e analisados os diferentes tipos de perdas e identificados os postos mais penalizantes em termos de tempo de ciclo.

#### **4.1.1 Rendimento Operacional**

Como mencionado anteriormente, na Renault Cacia o indicador utilizado para medir a eficiência de uma linha de produção é o Rendimento Operacional (RO), sendo este equivalente ao vulgarmente utilizado, o OEE. Na Figura 11, encontra-se representado os valores de RO semanais obtidos desde o início do projeto de estágio na linha de montagem MB03, assim como, o RO objetivo estabelecido para as semanas em questão, que se encontra representado por uma linha contínua.

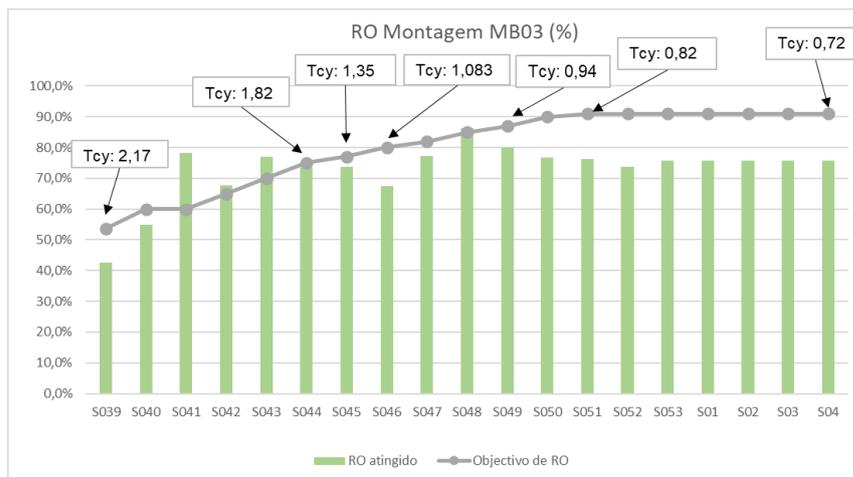


Figura 11- RO da linha de montagem MB03 (%)

Por observação direta, é possível ver a evolução da produção da caixa de velocidade JT4, no período temporal desde o início do projeto de estágio até ao final de janeiro de 2021. Com o arranque da produção da nova família de caixas de velocidades, foi necessário fazer uma gestão eficiente para que a estabilidade do processo fosse atingida e assim alcançar a nível produtivo desejado.

No gráfico da Figura 11, encontra-se representado a verde, a produção atingida semanalmente, tendo este valor sido obtido através do cálculo das médias dos valores diários produzidos na linha de montagem. Além disso, encontra-se representado a cinza, o objetivo de produção, isto é, o rendimento operacional pretendido a cada semana e a sua evolução, tendo em conta o tempo de ciclo do posto tampão anunciado.

Através da análise da evolução, é possível perceber que, com o passar do tempo, o processo produtivo tornou-se mais capacitário, de tal forma que, em algumas das semanas representadas o rendimento operacional desejado foi superado, no entanto na maioria das semanas, os resultados produtivos ficaram aquém do pretendido.

Como referido anteriormente, o cálculo do rendimento operacional é feito a partir do quociente entre o número de peças produzidas e o número de peças planeadas (Equação 7). Assim, sempre que ocorrem desvios face ao objetivo estabelecido, são documentadas as causas de Não Rendimento Operacional (NRO), de forma a justificar as razões pelas quais não foram alcançadas as metas propostas.

$$\text{Rendimento Operacional} = \frac{\text{Volume de caixas produzidas}}{\text{Volume de caixas planeadas}} \times 100$$

Equação 7- Cálculo do Rendimento Operacional

Observa-se, ainda, que à medida que foram ocorrendo melhorias ao nível do tempo de ciclo, os resultados em termos de RO sofrem uma degradação uma vez que o volume de produção pedido pelo cliente vai aumentando. O não cumprimento do RO é, assim, justificado pelo aumento da ocorrência de avarias, micro paragens, falta de material, e problemas de qualidade que foram surgindo com o aumento da procura por parte do cliente. Apesar das melhorias ocorridas no posto tampão, existiam postos ao longo da linha que tornavam o processo instável não permitindo o alcance da performance pretendida.

Para uma melhor compreensão das diferenças existentes entre o RO obtido e o RO objetivo foi elaborado um gráfico onde se encontra representado, na Figura 12, o desvio entre o RO atingido e pretendido.

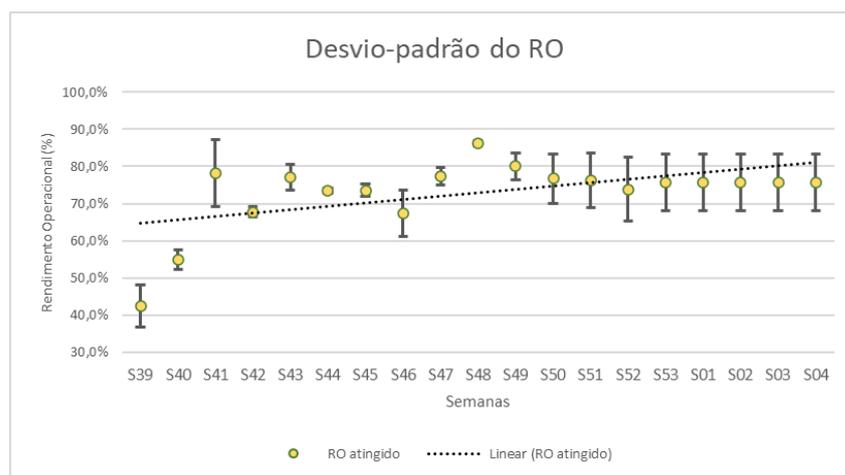


Figura 12- Desvio padrão do RO atingido em relação ao RO objetivo

Através da análise do gráfico pode-se concluir que as semanas S40, S42, S44, S45 e S48 foram as que apresentam um menor desvio face ao estabelecido. Por sua vez, as semanas S41 e S43 apesar de apresentarem algum desvio em relação ao estabelecido, foram as semanas em que foi alcançado o objetivo, apresentando um valor de RO superior ao valor estabelecido. Relativamente, às últimas semanas representadas no gráfico, estas apresentam um desvio a rondar os 15% abaixo do pretendido. Este desvio, como mencionado anteriormente, pode ser causado pela falta de estabilidade do processo, isto é, apesar da redução do tempo de ciclo do posto tampão, o processo não tem capacidade para produzir o volume pedido.

Assim, pode-se afirmar que quanto menor for o desvio padrão, menor é a diferença entre o alcançado e o pretendido. A ocorrência de desvios indica que a linha de produção não está a ter o desempenho esperado, criando a necessidade de identificar as causas que provocam o desvio.

A tracejado encontra-se representada a linha de tendência, que mostra que durante o período representado, o valor do rendimento operacional da linha de montagem tem uma tendência positiva.

### 4.1.2 Perdas

Com objetivo de fazer um seguimento das perdas por equipa, ao fim de cada turno, o CUET insere as causas de NRO numa plataforma *standard* da Renault Cacia. Nesta, é realizado o registo de todas as perdas que ocorreram ao longo do turno, permitindo justificar a diferença entre o objetivo de produção e o volume de produção real.

Na Renault Cacia, as perdas podem ser classificadas em diversas categorias: avaria da máquina (AV), avaria da ferramenta (AF), avaria do produto (AP), falta externa (FE), paragem frequencial (PF), mudança de ferramenta (MF), mudança de rafale (MR), paragem de qualidade (PQ), e a perdas devido ao aumento do tempo de ciclo (TC). Para um melhor entendimento e consolidação dos dados, as causas mencionadas anteriormente foram agrupadas nas 6 grandes perdas, da seguinte forma: Avaria Máquina (AV), Paragem de Qualidade (N.Qual), Paragem Frequencial (Micro paragens), Falta externa (FE) e Tempo de ciclo (Tcy). No diagrama de Pareto, presente na Figura 13, encontram-se representadas as perdas ocorridas na linha de montagem (MB03), assim como o número de caixas perdidas por responsabilidade.

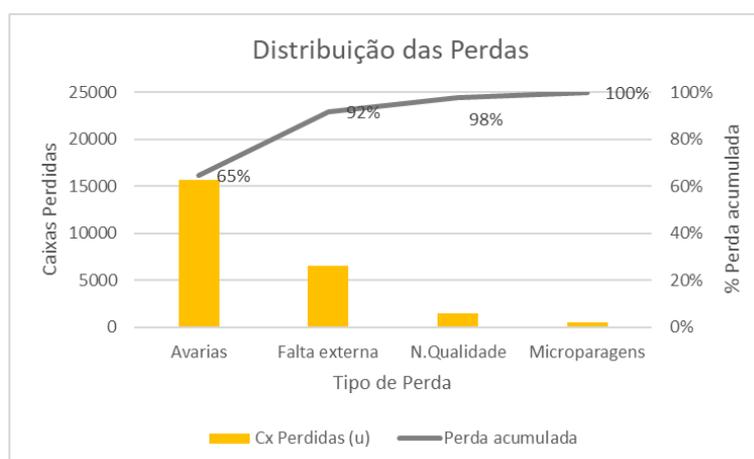


Figura 13- Perdas por responsabilidade (out 2020-jan 2021)

Através da observação do gráfico, é possível concluir que a avaria das máquinas (AM) é a perda mais penalizante, representando 65% de todas as perdas ocorridas no período de outubro 2020 a janeiro de 2021. Dado que o valor das avarias é mais elevado, comparativamente às restantes perdas, decidiu-se analisar e identificar os postos com maior percentagem de ocorrências, tendo sido tido em conta outros indicadores que podem influenciar a performance da máquina, como a disponibilidade própria e o tempo de ciclo.

Com a finalidade de perceber quais os postos e equipamentos que contribuíram para um elevado valor de avarias e assim estudar os defeitos associados, foi utilizado um software que contém informações relativas a todas as paragens ocorridas, num período de tempo definido pelo utilizador.

- **Análise de Perdas- SAM**

O SAM (*Système pour d'Amélioration des Moyens*) é um software que permite a obtenção de informações em tempo real, do estado atual dos postos de trabalho em qualquer linha de fabricação. O software permite a representação e monitorização do sinóptico fabril, a partir da qual são retiradas informações do estado das linhas consoante o código de cores representado. Assim, o menu inicial do SAM funciona como uma poderosa ferramenta de gestão visual onde se encontram representados e identificados todos os postos presentes na linha de montagem.

Na Figura 14, as diferentes cores presentes nos quadrados coloridos devem-se a diferentes estados de funcionamento, sendo que podem ser interpretados da seguinte forma:

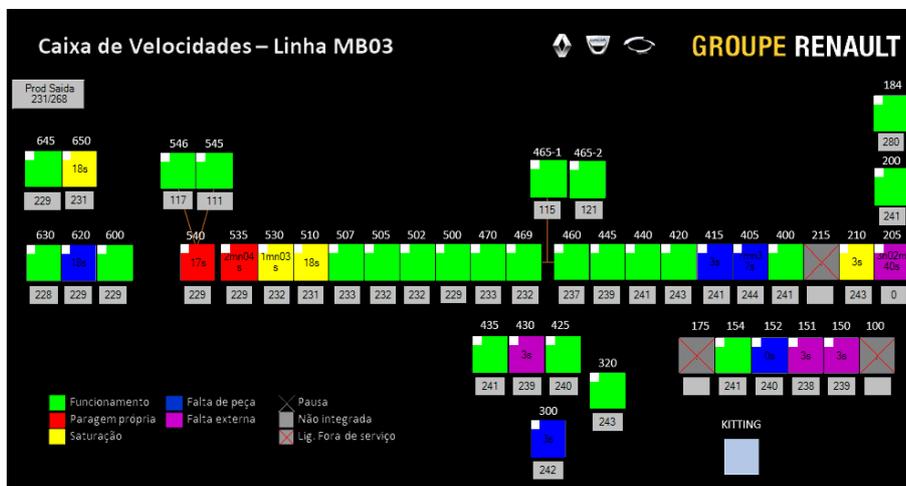
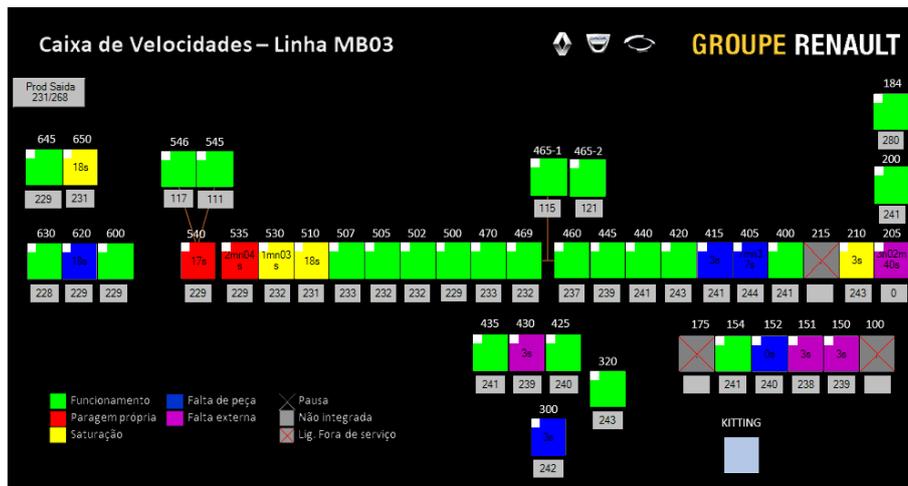


Figura 14- Representação dos postos da linha montagem MB03 no SAM

- Posto em funcionamento;
- Posto saturado;
- Falta desativado;
- Posto com falta externa;
- Posto com paragem própria ou avaria.



Através de uma observação ao sinóptico apresentado acima, é possível fazer uma análise sobre a estado de funcionamento da linha de montagem em tempo real. Assim, ferramenta reúne um conjunto de informações dos quais podemos retirar alguns dados e chegar a conclusões:

1. A OP469 encontra-se em correto funcionamento;
2. A OP535 encontra-se avariada, ou seja, não esteve em funcionamento nos últimos 2m04s;
3. A OP530 encontra-se saturada no último 1m03s devido à paragem do posto posterior, não conseguindo fazer o envio do material;
4. A OP150 e a OP151, encontram-se falta externa em 3s cuja causa, geralmente deve-se ao excesso de tempo de ciclo provocado pela performance do operador fabril.
5. Até ao momento a informação presente no sinóptico diz-nos que deveriam ter sido produzidas 268 caixas de acordo com a planificação, no entanto, só foram produzidas 231, estando 37 em atraso.

Pelo facto da zona a ser estudada, ser uma linha de montagem, qualquer interrupção do normal funcionamento irá resultar em consequências nos postos anteriores ou posteriores ao posto.

Assim, OP151 ao exceder o seu tempo de ciclo em 3s, causou uma desativação na OP152 por excesso de tempo encontrando-se à espera de receção de material. Como consequência desta falta externa, será de esperar, que caso a espera se prolongue, os postos seguintes no fluxo se encontrarão desativados e os anteriores em estado de saturação.

Para além de funcionar como uma ferramenta de gestão visual, do SAM podem ser extraídos dados, indicadores e informações relativamente ao comportamento da linha de montagem numa janela de tempo definida. Algumas das funcionalidades mais relevantes deste software serão apresentadas de seguida.

Na figura 15, encontra-se representado o esquema das operações penalizantes que fornece informações do tempo despendido, em centésimos de minuto, por cada caixa produzida nos diferentes postos de trabalho assim como, a repartição do tempo por categoria.

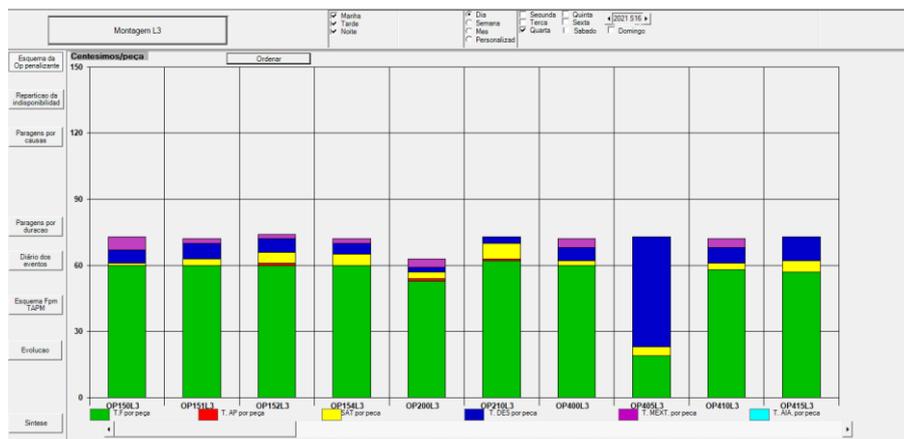


Figura 15- Operações penalizantes do SAM

Já a janela representada na Figura 16, permite-nos obter de forma mais detalhada as paragens de um determinado posto de trabalho, sendo possível também a visualização o código do defeito e para cada defeito, uma breve descrição do sucedido. Além disso, conseguimos saber o número de vezes que ocorreu a ocorrência, a percentagem de não disponibilidade operacional associada e a respetiva duração.

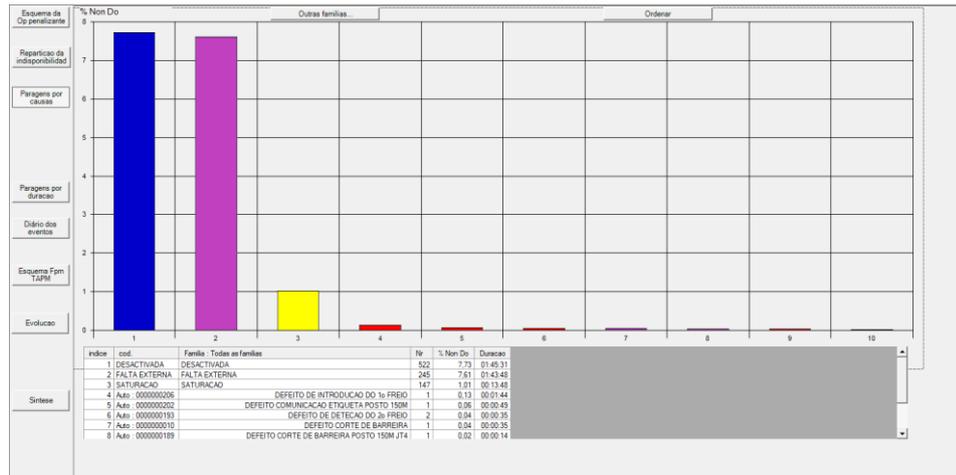


Figura 16- Paragens por causas SAM

As informações dos eventos ocorridos em cada operação encontram-se registados no diário de eventos (Figura 17), este permite-nos obter informações sobre o estado de funcionamento do posto, isto é, indica se o posto se encontra em paragem induzida, em defeito ou em correto funcionamento, segundo uma ordem cronológica.

Data	Duração	Familia	Título
31/03/21 06:00:00	00:01:13	FALTA EXTERNA	Parada induzida / /
31/03/21 06:01:13	00:00:06	DESATIVADA	Parada induzida / /
31/03/21 06:01:19	00:00:26	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 1
31/03/21 06:01:45	00:00:06	AVARIA MAQUINA	DEFEITO PREENSAGEM BAGUE PL2 JT4
31/03/21 06:01:53	00:00:06	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 0
31/03/21 06:01:57	00:00:07	FALTA EXTERNA	Parada induzida / /
31/03/21 06:02:04	00:00:05	DESATIVADA	Parada induzida / /
31/03/21 06:02:09	00:01:17	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 2
31/03/21 06:03:26	00:00:05	FALTA EXTERNA	Parada induzida / /
31/03/21 06:03:31	00:00:05	DESATIVADA	Parada induzida / /
31/03/21 06:03:36	00:00:38	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 2
31/03/21 06:04:14	00:00:06	SATURACAO	Parada induzida / /
31/03/21 06:04:20	00:01:12	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 2
31/03/21 06:05:32	00:00:02	DESATIVADA	Parada induzida / /
31/03/21 06:05:34	00:03:16	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 6
31/03/21 06:08:50	00:00:28	DESATIVADA	Parada induzida / /
31/03/21 06:09:18	00:01:12	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 2
31/03/21 06:10:30	00:00:05	DESATIVADA	Parada induzida / /
31/03/21 06:10:35	00:01:43	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 3
31/03/21 06:12:18	00:00:02	DESATIVADA	Parada induzida / /
31/03/21 06:12:20	00:02:25	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 4
31/03/21 06:14:45	00:00:05	DESATIVADA	Parada induzida / /
31/03/21 06:14:50	00:01:47	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 3
31/03/21 06:16:37	00:00:17	DESATIVADA	Parada induzida / /
31/03/21 06:16:44	00:00:30	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 2

Figura 17- Diário de Eventos SAM

No caso, em que o utilizador pretenda obter informação relativamente às paragens por avaria mais penalizantes, num determinado período de tempo, num determinado posto o software também permite essa visualização.

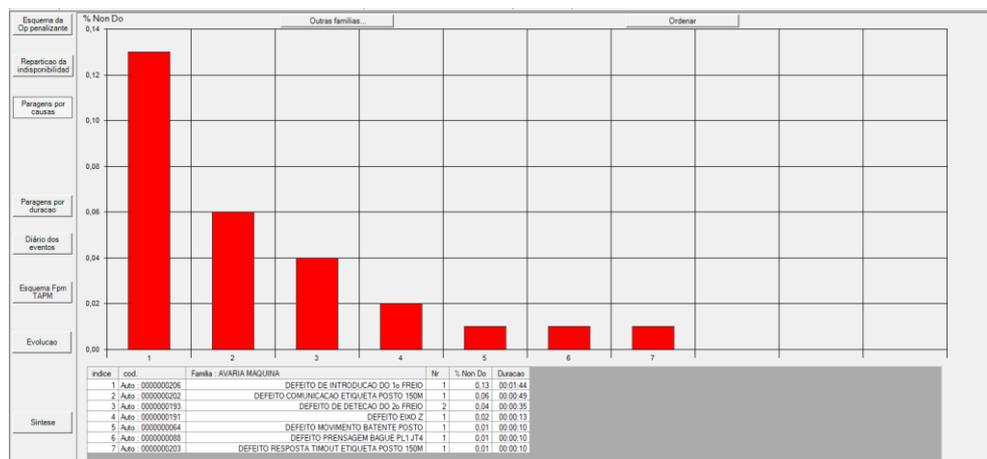


Figura 18- Top das avarias SAM

Na Figura 18, está representada informação acerca das avarias ocorridas numa janela de tempo definida, relativamente a um determinado posto de trabalho. A partir destas informações, é possível obter dados relativamente ao tipo de avaria, número de avarias ocorridas e duração total do tempo de avaria de um determinado posto de trabalho. A representação ilustrada fornece-nos informação relativamente à percentagem de não disponibilidade de cada uma das avarias descritas.

Por fim, se o utilizador pretender fazer uma comparação entre os diferentes postos, num determinado período de tempo, o SAM possui uma janela onde é possível a comparação dos postos tendo em conta a frequência das paragens ocorridas (Fpm) bem como o tempo de paragem (Tapm). O gráfico FPM/TAPM encontra-se representado na Figura 19:

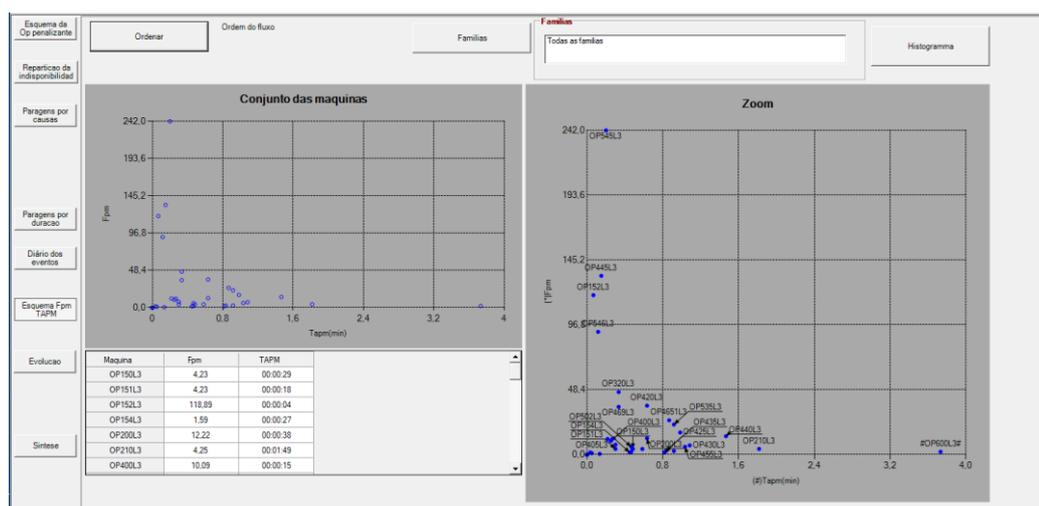


Figura 19-FPM/TAPM

Como foi possível constatar, o SAM é uma ferramenta muito poderosa e funcional pela diversidade de indicadores que possui, esta permite-nos analisar as causas que levaram ao não

cumprimento dos objetivos de produção a cada turno. Para o projeto de estágio em si, os indicadores mais relevantes são a Disponibilidade Própria (Dp), Disponibilidade Operacional (Do), Falhas por mil peças (FPM) e Tempos de avaria por mil peças (TAPM).

**Disponibilidade Própria-** Corresponde ao tempo que uma máquina está disponível para trabalhar sem que ocorram avarias. E é dada pela seguinte expressão:

$$Dp = \frac{TF}{TF + TA}$$

Equação 8- Cálculo de Disponibilidade Própria

Em que:

- Dp- Disponibilidade Própria;
- TF- Tempo de funcionamento;
- TA- Tempo de avarias.

**Disponibilidade Operacional-** corresponde ao tempo ao quociente entre o tempo de funcionamento e o total disponível.

$$Do = \frac{TF}{TF + TA + TPI}$$

Equação 9- Cálculo de disponibilidade Operacional

Em que:

- Dp- Disponibilidade Operacional;
- TF- Tempo de funcionamento;
- TA- tempo de avarias;
- TPI- Tempo de paragens induzidas (ex: saturação, falta de peça ou ultrapassagem de tempo de ciclo).

**Falhas por mil peças (FPM)-** refere-se ao número de falhas ou paragens ocorridas em cada mil peças. A Renault estabelece o limite de fiabilidade nas 40 ocorrências.

**Tempos de avaria por mil peças (TAPM)-** corresponde ao tempo médio de paragem por mil peças. Relativamente a este indicador, é definido um limite de 6 minutos em média de paragem.

### 4.1.3 Medição de tempos

Numa primeira abordagem, foi realizado o processo de recolha de tempos de ciclo a todas as operações das linhas de montagem. Como mencionado anteriormente, tempo de ciclo corresponde ao tempo desde que um operador executa uma determinada tarefa até que a mesma é repetida tarefa num outro produto (Pinto, 2010). Desta forma, através deste estudo foi realizada a análise da exequibilidade do alcance do objetivo produtivo (700 caixas de velocidade por turno).

Primeiramente, de modo a identificar os postos mais penalizantes, em termos de tempo de ciclo, foi realizado o cálculo do *Takt Time* com o objetivo de perceber quais os postos que tinham que ser trabalhados para o cumprimento dos requisitos do cliente. O *Takt Time* é um valor de referência, ao qual o tempo de ciclo se deve aproximar, ou seja, corresponde à frequência em que um componente é produzido para cumprir a necessidade do cliente. Assim, é fundamental que as empresas trabalhem a flexibilidade dos seus processos de forma a responder positivamente às flutuações do mercado (Pinto, 2010). O valor do *Takt Time* pode ser calculado através da seguinte equação:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ de\ disponível\ por\ turno}{Volume\ de\ produção\ desejada\ por\ turno}$$

Equação 10- Cálculo do Takt Time

Sendo que para se obter o tempo disponível por turno, é necessário retirar ao tempo total de trabalho, o tempo de pausa, num turno de trabalho:

$$Tempo\ disponível = Tempo\ total\ de\ trabalho - Tempo\ de\ pausa$$

Equação 11- Cálculo do Tempo Disponível

JT4	
Tempo de Trabalho (min)	480
Tempo de pausa (min)	25
Tempo de trabalho disponível (min)	455
Volume de Produção	710
Takt Time (min)	0,64
Takt Time (Cmin)	64

Tabela 1-Valores de entrada para cálculo do Takt Time

Como pode ser observado na Tabela 1, onde constam todos os dados necessários ao cálculo do pretendido, o *takt time* da linha de montagem que deve ser alcançado é de 64 Cmin para a produção da caixa JT4.

Posteriormente foram recolhidos os tempos de ciclo de todos os postos de trabalho por cronometragem. De forma a garantir a recolha de dados fiáveis, foi verificado o cumprimento do standard, isto é, se a Folha Standard de Trabalho era seguida durante a execução de um posto e selecionados para as medições os operadores mais treinados. Desta forma, foram evitadas medições a colaboradores em formação e com pouca destreza em executar o posto.

Durante a recolha de tempos, em conversa com o operador, caso este apresentasse um método mais eficiente do que o *standard*, sem comprometer a segurança e qualidade do produto, este era tido em conta e proposto uma redefinição do mesmo. De modo a evitar desvios da performance durante a execução do posto, antes de cada recolha, foi dada uma breve explicação do objetivo das medições, de forma a tranquilizar os operadores e obter valores o mais fiáveis possíveis. Assim, o objetivo por detrás da medição do trabalho prendia-se, somente, com o aumento da produtividade e análise da evolução da destreza do operador.

Para realizar as medições, foi utilizado um cronómetro ao centésimo de minuto, sendo que, para cada operação, foram recolhidos 20 tempos, de 2 operadores distintos contabilizando um total de 40 medições e foram consideradas apenas situações *standard*. Relativamente aos postos automáticos, devido à sua natureza e quase ausência de variabilidade apenas foram medidos 20 tempos. Pelo facto de os postos de trabalho serem de diferente natureza, foram criadas folhas distintas para o tratamento dos dados.

### Posto Automático

OP210							
<b>Tcy biblia</b>	64,00			<b>Valor Mínimo</b>	58,33		
<b>Tcy medido</b>	59,53			<b>Valor Máximo</b>	60,52		
<b>Desvio</b>	4,47			<b>Atividades Freqüenciais</b>	-		
<b>Desvio Padrão</b>	0,69			<b>Objectivo de Produção</b>	710		

Amostra	Valor	Válido	Observações	Amostra	Valor	Válido	Observações
1	59,75	Sim		11	60,63	Sim	
2	60,52	Sim		12	59,50	Sim	
3	60,40	Sim		13	59,90	Sim	
4	58,77	Sim		14	59,77	Sim	
5	60,42	Sim		15	58,52	Sim	
6	59,42	Sim		16	59,23	Sim	
7	58,58	Sim		17	59,12	Sim	
8	60,08	Sim		18	58,33	Sim	
9	59,47	Sim		19	59,25	Sim	
10	58,72	Sim		20	60,32	Sim	

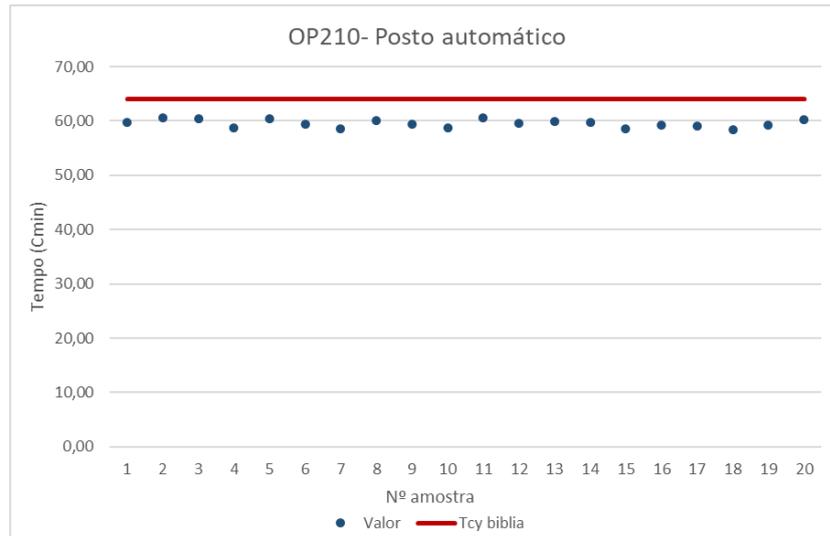


Figura 20- Folha de registo de postos automáticos

Na folha referente ao tratamento de dados do posto de trabalho, é possível observar os 20 tempos de ciclo medidos, a sua validade, isto é, se o tempo deve ser contabilizado ou se ocorreu algo de anormal na medição, caso tenha ocorrido pode ser descrito o que aconteceu na observação. Do conjunto de dados recolhidos, foram retirados o maior e o menor valor medido tendo sido efetuada a média dos valores através da seguinte equação:

$$Tcy\ medido = \frac{\sum \text{valores das amostras}}{20}$$

Equação 12- Cálculo do tempo de ciclo

De forma a obter mais dados acerca dos valores obtidos, foram calculados alguns indicadores sobre as amostras:

1. **Desvio:** Corresponde à diferença entre o valor médio medido de tempo de ciclo e o tempo de ciclo contratado.

$$Desvio = Tcy\ bíblia - Tcymedido$$

Equação 13- Cálculo do desvio

2. **Desvio Padrão**

$$Desvio\ padrão = \sqrt{\frac{\sum (\text{Valores das amostras} - Tcy)^2}{20}}$$

Equação 14- Cálculo do desvio padrão

3. **Valor mínimo e máximo**

4. **Atividades frequenciais:** está relacionado com o abastecimento de outros postos automáticos.

Partindo para a análise dos dados da OP210, é possível observar que possui um tempo de ciclo de 59,53 Cmin, estando 4,47 Cmin mais rápido do que o tempo necessário para satisfazer a necessidade produtiva. Relativamente ao desvio padrão apresentado, este é justificado pela natureza do posto, sendo expectável a reduzida variabilidade.

### Operador A

#### OP630- Operador A

Tcy biblia	64,00
Tcy medido	64,47
Desvio	0,47
Desvio Padrão	1,63
Valor Mínimo	62,03
Valor Máximo	67,43

Amostra	Valor	Estado	Observações
1	67,27	Ok	
2	63,63	Ok	
3	64,73	Ok	
4	63,92	Ok	
5	65,68	Ok	
6	64,03	Ok	
7	62,87	Ok	
8	63,55	Ok	
9	62,73	Ok	
10	64,80	Ok	
11	62,03	Ok	
12	67,43	Ok	
13	62,88	Ok	
14	64,53	Ok	
15	67,38	Ok	
16	64,67	Ok	
17	64,13	Ok	
18	62,48	Ok	
19	66,38	Ok	
20	64,17	Ok	

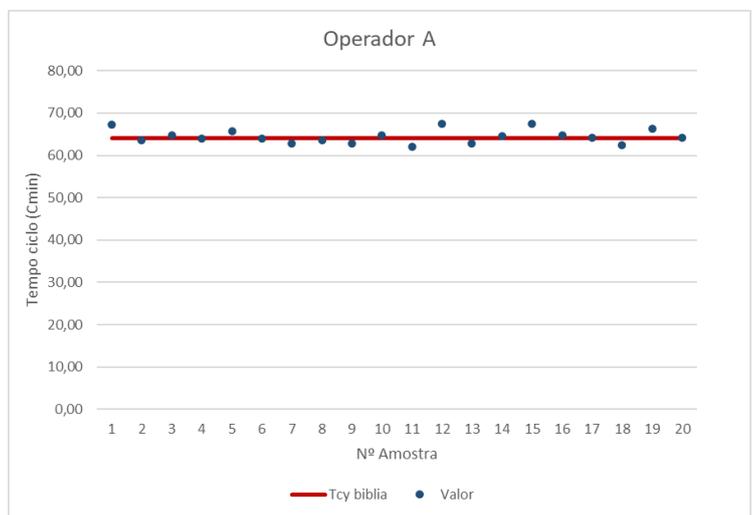


Figura 21- Folha de registo postos manuais operador A

### Operador B

**OP630- Operador B**

Tcy biblia	64,00
Tcy medido	62,60
Desvio	-1,40
Desvio Padrão	0,40
Valor Mínimo	61,88
Valor Máximo	63,17

Amostra	Valor	Estado	Observações
1	62,50	Ok	
2	61,97	Ok	
3	62,33	Ok	
4	62,67	Ok	
5	63,00	Ok	
6	62,17	Ok	
7	62,87	Ok	
8	61,88	Ok	
9	62,73	Ok	
10	63,13	Ok	
11	62,03	Ok	
12	62,43	Ok	
13	62,88	Ok	
14	62,87	Ok	
15	62,38	Ok	
16	63,00	Ok	
17	62,47	Ok	
18	62,48	Ok	
19	63,05	Ok	
20	63,17	Ok	

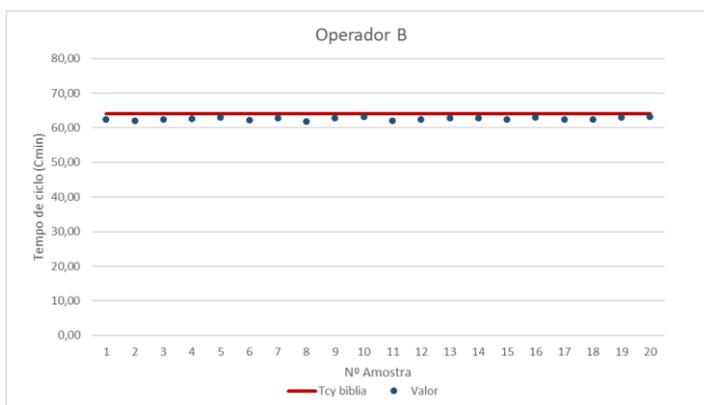


Figura 22- Folha de registos postos manuais operador B

A folha criada para o tratamento dos dados dos postos manuais, apresenta algumas diferenças uma vez que as medições eram efetuadas, como mencionado anteriormente, a dois operadores distintos com um total de 40 observações seguindo o mesmo raciocínio dos postos automatizados. De modo a obter o valor médio do desempenho dos operadores, foi calculada a média de ambos os operadores, sendo deste modo obtido o valor mais provável para a execução do posto de trabalho.

Na linha de montagem, existem operações que possuem postos paralelos, onde são desempenhadas as mesmas funções, nestes casos foram recolhidos os tempos de cada um dos postos e posteriormente foi feita sua a média. Exemplos de postos paralelos são a OP465 (1 e 2), assim como os bancos de ensaio, OP545 e OP546. Adicionalmente, ao longo da linha de montagem, acontece frequentemente que um operador executa mais que um posto de trabalho, neste caso, o tempo de ciclo considerado corresponde ao tempo despendido no ciclo total.

Através da análise dos registos acima apresentados, é possível observar que operador A possui um maior tempo de ciclo e os seus resultados apresentam uma maior variabilidade (desvio padrão). De acordo com os dados obtidos, o operador consegue desempenhar a tarefa em 64,47

Cmin, estando 0,47 Cmin acima do valor estipulado, não conseguindo assim responder às necessidades produtivas.

Se analisarmos os resultados do operador B, é possível perceber que este consegue executar as tarefas de forma mais rápida, correspondendo a um menor tempo de ciclo e a um menor desvio padrão pela reduzida variabilidade que os valores apresentam. Este operador consegue executar o posto em 62,60 Cmin, estando 1,40 Cmin abaixo do valor estabelecido.

<b>OP630</b>	
<b>Tcy bíblia</b>	64,00
<b>Tcy medido</b>	63,53
<b>Desvio</b>	0,47
<b>Desvio Padrão</b>	0,23

Tabela 2-Cálculo do valor Tcy mais provável

Como resultado da média entre os dois operadores, obtém-se um tempo de ciclo de 63,53 Cmin, estando 0,47 Cmin abaixo do tempo estabelecido, como pode ser observado na Tabela 2.

Desta forma, sempre que seja necessário a atualização dos valores dos postos nas folhas de registo, o cálculo é efetuado de forma automática, o que permite análises rápidas e comparação entre valores obtidos anteriormente. Deste modo é possível a avaliar a evolução da destreza de operadores, novos operadores em novos postos, ou atualização dos resultados devido a melhorias ocorridas no posto de trabalho.

Por último, de modo a fazer o seguimento de todas as operações, após terem sido recolhidos os tempos, estes foram tratados com auxílio de um documento Excel representado na Tabela 3. Através da consolidação dos resultados numa única folha, é possível proceder à sua análise, identificação de problemas e definição de prioridades de um modo mais eficiente.

Na Figura 23, encontra-se representada uma tabela que contém as informações relativamente ao tempo de abertura, semana pretendida e objetivo de produção da semana em questão. Assim, o utilizador sempre que pretende consultar os tempos de ciclo de alguma semana, basta introduzir a semana e automaticamente os valores do Tcy, são atualizados de acordo com a semana pretendida.

Dados	
Tempo de Abertura	<b>455</b>
Semana	<b>S46</b>
Objectivo de produção	<b>710</b>

Figura 23- Dados de entrada S46

Após a definição da semana pretendida por parte do utilizador, o Excel devolve a Tabela 3, onde se encontram representados os dados relativos a todas operações da linha de montagem contendo informações relativamente à sua designação, o tempo de ciclo medido, o takt *time*, desvio do tempo de ciclo atual face ao *takt time* e o valor da produção do posto de trabalho tendo em conta o tempo de ciclo real. Além destes, a partir do valor médio obtido para cada operação foi calculado de forma automática a taxa de ocupação teórica do posto de trabalho, representado na coluna TO (Cmin). Com o preenchimento de todos os dados necessários, são gerados, de forma automática, os gráficos relativos ao tempo de ciclo e taxa de ocupação.

MOD	Operação	Tcy (Cmin)	Takt Time (Cmin)	Desvio (Cmin)	Produção Hipotética	TO Teórica
2	Picking	86	64	-22	529	134%
auto	OP100	66	64	-2	689	103%
1	OP150/150M	84	64	-20	542	131%
1	OP151/151M	96	64	-32	474	150%
1	OP152/152M	80	64	-16	569	125%
1	OP154/154M	93	64	-29	489	145%
auto	OP184	40	64	24	1138	62%
1	OP190/200	49	64	15	929	76%
auto	OP205	40	64	24	1138	62%
auto	OP210	64	64	0	711	100%
auto	OP215	46	64	18	989	72%
1	OP175/405	56	64	8	813	87%
auto	OP400	82	64	-18	555	128%
auto	OP300	40	64	24	1138	62%
auto	OP320	87	64	-23	523	136%
auto	OP420	82	64	-18	555	128%
auto	OP425	62	64	2	734	97%
2	OP430	105	64	-41	433	164%
auto	OP435	22	64	42	2068	34%
auto	OP440	51	64	13	892	80%
1	OP445	68	64	-4	669	106%
auto	OP455	50	64	14	910	78%
auto	OP460	46	64	18	989	72%
auto	OP465_1/OP465_2	58	64	6	784	91%
auto	OP469	81	64	-17	562	126%
1	OP470/500	55	64	9	827	86%
auto	OP507	53	64	11	858	83%
1	OP530	66	64	-2	689	103%
auto	OP535	66	64	-2	689	103%
auto	OP540	48	64	16	948	75%
1	OP545/545	135	64	-71	337	211%
auto	OP600	94	64	-30	484	147%
1	OP630	64	64	0	711	100%
auto	OP645	72	64	-8	632	112%
1	OP650	66	64	-2	689	103%
1	OP245	73	64	-9	623	114%

Tabela 3-Resumo dos tempos de execução

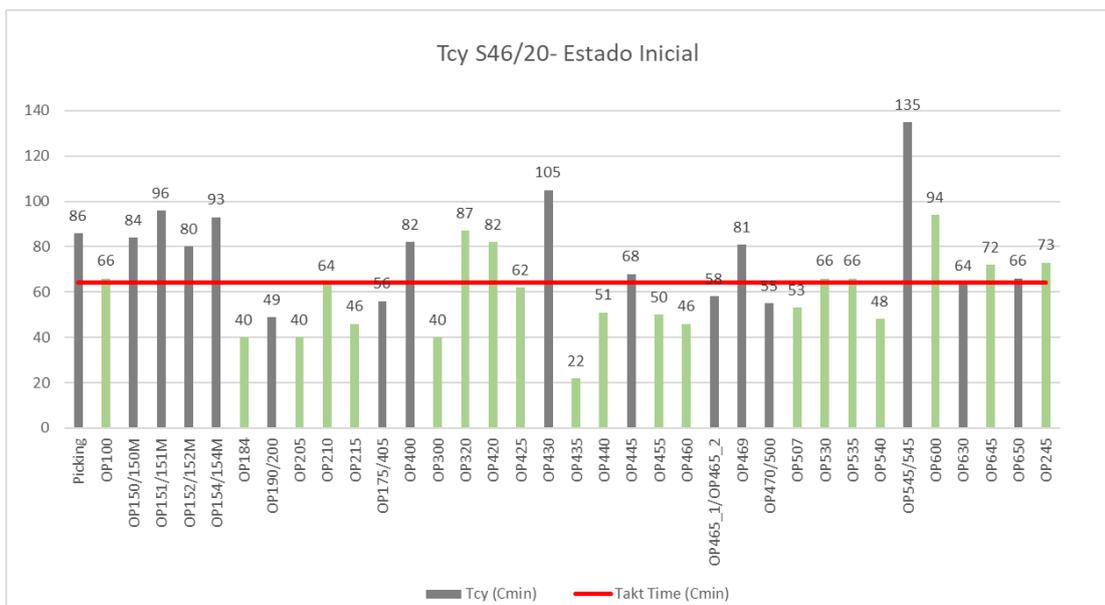
O cálculo da taxa de ocupação teórica (TO), por posto, foi obtido a partir da seguinte equação:

$$TO = \frac{\text{Tempo total necessário}}{\text{Tempo de Abertura}} \times 100$$

Equação 15- Cálculo da taxa de ocupação

Como é possível observar, os postos assinalados a amarelo correspondem aos postos críticos, estes necessitam de uma análise e estudo mais aprofundado uma vez que não permitem o alcance da cadência pretendida. Por sua vez, esta é definida pela máquina tampão, os bancos de ensaio, que apresentam um tempo de ciclo de 135 Cmin. Segue-se as operações 600, que efetua a gravação do número de série na caixa de velocidades e a 430 onde acontece a calagem dos cárteres com um tempo de ciclo de 94 Cmin e 105 Cmin, respetivamente. Os elevados tempos de ciclo destas operações, tem um grande impacto na performance da linha de montagem uma vez que limitam a capacidade produtiva.

Da Tabela 3, anteriormente apresentada, foi gerado um gráfico onde se encontra caracterizado o estado inicial de todos os postos de trabalho, incluindo o respetivo o tempo de ciclo recolhido no início do estudo. Assim, estão representados com as barras a verde, os tempos de ciclo que se referem aos postos automáticos sendo que os restantes postos representados as cinzas são executados por operadores. A vermelho, encontra-se representado o *takt time* permitindo facilmente perceber quais são os postos com capacidade para a cadência pretendida (Figura 24).



### 4.1.4 Disponibilidade dos Equipamentos

O aumento da disponibilidade dos equipamentos, era outro dos indicadores proposto a ser seguido, de forma atingir o objetivo inicialmente estabelecido. Para isso, foi criado um gráfico onde se encontram posicionados todos os postos de trabalho tendo em conta a sua disponibilidade e tempo de ciclo. Idealmente o objetivo a atingir seria uma disponibilidade própria superior a 90% com um tempo de ciclo inferior aos 64 Cmin tal como se pode ver representado através das linhas contínuas a verde.

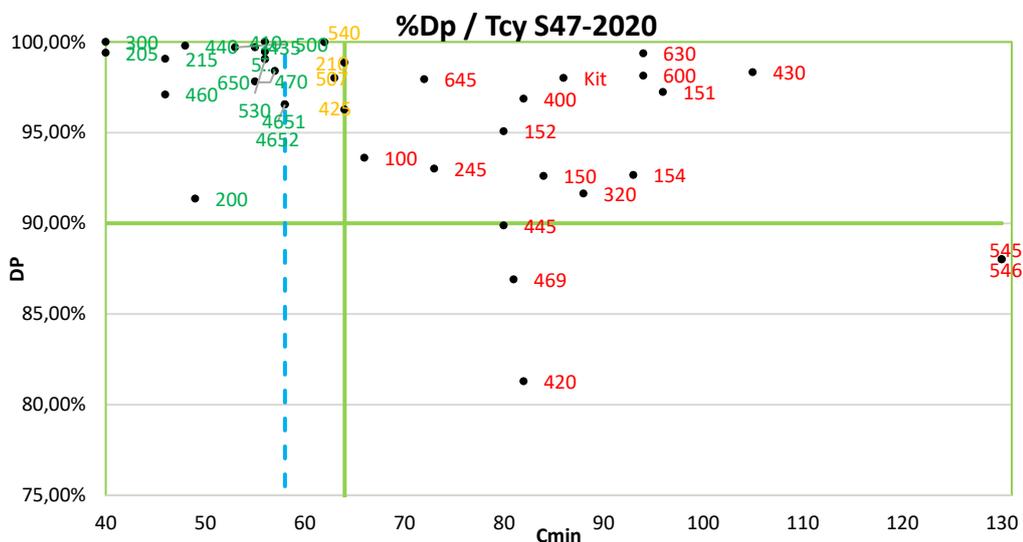


Figura 25- Disponibilidade própria Vs Tempo de Ciclo inicial

Por observação direta do gráfico da Figura 25, é possível perceber que a maioria dos postos se encontram fora dos limites estabelecidos, não sendo possível ter capacidade para satisfazer a procura. De modo a solucionar o problema apresentado, será necessária uma análise aprofundada de todos os postos de modo a conseguir identificar eventuais pontos críticos e potenciais aspetos de melhoria.

### 4.1.5 DPU

O indicador DPU corresponde ao número de defeitos por caixa de velocidades produzida, é o novo indicador de qualidade comum a todas as fábricas do grupo. Este veio substituir o

antigo indicador NSTR, que apenas tinha em conta um defeito por cada peça fabricada. Com o novo indicador, todos os defeitos de uma mesma peça são considerados. Através da animação, deste indicador, o Grupo Renault ambiciona alcançar os zero defeitos, isto é, fabricar bem à primeira.

O indicador é calculado através do quociente entre o número de defeito ocorridos e a quantidade de caixas produzidas por turno, como pode ser observado na seguinte equação:

$$DPU = \frac{Qte\ total\ de\ defeitos}{Qte\ de\ org\tilde{a}os\ produzidos} (ppm)$$

Equação 16- Cálculo do DPU

O indicador é composto por dois tipos de DPU, em que a sua soma dá origem, ao DPU total como pode ser observado na seguinte equação:

$$DPU\ Total = DPU\ In + DPU\ Off$$

Equação 17- Cálculo do DPU total

**DPU In:** Corresponde aos cartões amarelos dados durante o processo produtivo.

**DPU Off:** Corresponde aos cartões vermelhos, caixas não conformes sujeitas a triagens ou bloqueios.

Como pode ser visto no gráfico representativo das perdas, uma outra fonte de perdas de RO, está relacionada com existência de problemas de qualidade. Desta forma, o DPU foi um outro indicador que foi considerado relevante para seguimento. Ao início do projeto de estágio, este tomava valores muito elevados pelo que passou a ser uma das prioridades para a equipa, a garantia da qualidade.

No gráfico da Figura 26, é possível ver a evolução deste indicador, estando representado o período de outubro 2020 até final de janeiro 2021.

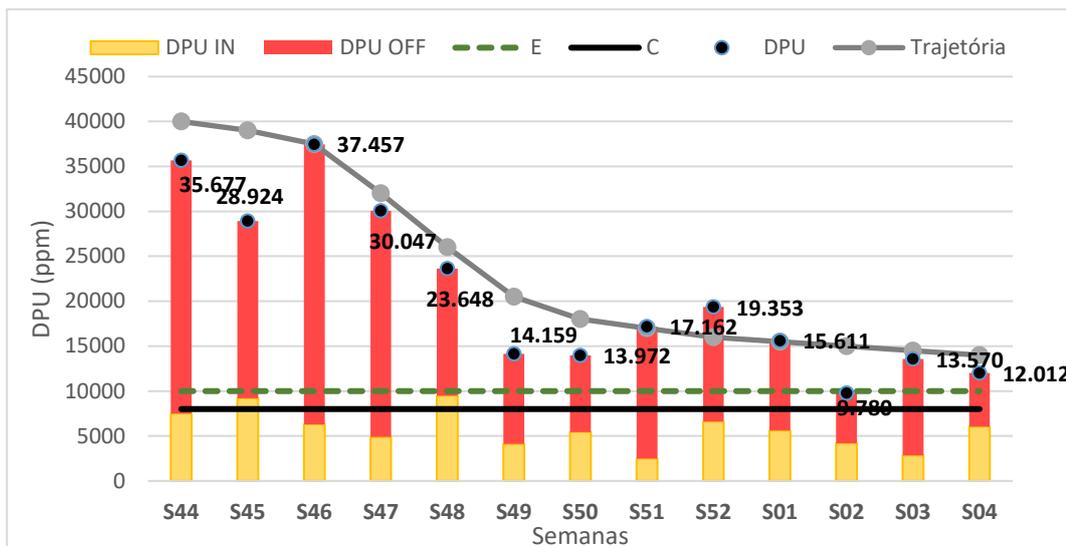


Figura 26- Evolução do DPU (S44-S04)

No gráfico da figura 26, encontra-se representado, a cada semana, os valores de DPU Off a vermelho, e os valores de DPU In a amarelo estando o total de ppm's (partes por milhão) assinalado no topo de cada barra. Através da análise do gráfico, pode-se afirmar que, o valor do DPU tem uma tendência decrescente desde o início da produção da JT4, no entanto, o objetivo de 10 mil ppm's semanais, ainda não foi alcançado. É importante referir, que o valor do DPU é muito variável uma vez que depende do número de caixas produzidas e do número de defeitos gerados num turno. Assim, ao longo das semanas, devido ao aumento do objetivo produtivo e consequentemente do volume de produção, o mesmo número de defeitos gerados poderá originar diferentes resultados em termos de DPU.

Este indicador é de extrema relevância uma vez que fornece à gestão informação relativamente à estabilidade do processo, podendo ao mesmo tempo, servir de alerta no caso existirem números elevados de defeitos durante o processo produtivo.

Da mesma forma, de modo a fazer o seguimento por equipa dos resultados de RO/DPU foi criado um gráfico onde é possível observar a relação entre os indicadores. Como é possível observar a partir da Figura 27, na última semana de janeiro de 2021, todas as equipas se encontravam fora do quadrado mágico, isto é, apesar de apresentarem bons resultados em termos de Rendimento Operacional estando acima do valor definido como objetivo, o número de DPU's gerados de todas as equipas ultrapassa o objetivo de 10.000 ppm's semanais.

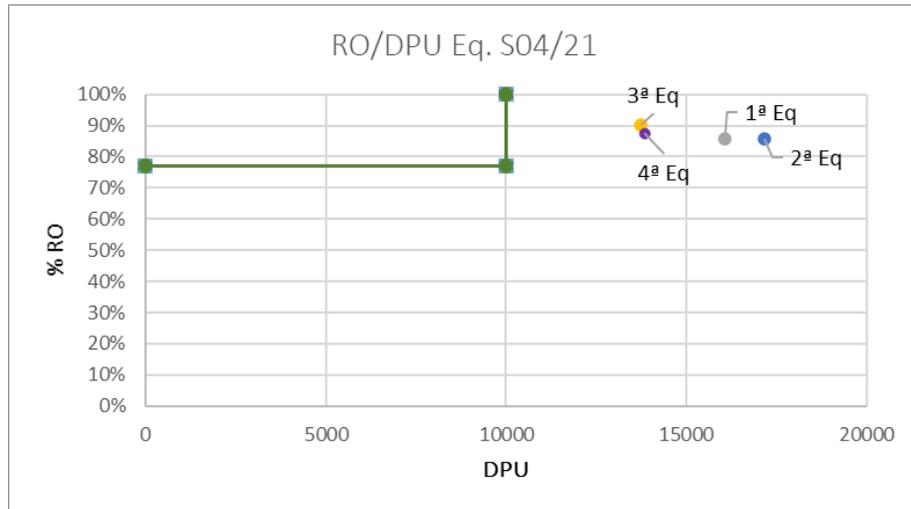


Figura 27- RO/ DPU

## 4.2 Material de apoio à linha de montagem

Na linha de montagem existe um armário onde são colocadas as peças de desgaste utilizadas pela equipa de manutenção para proceder à substituição destas, na linha de montagem, sempre que necessário. No entanto, o processo de procura de peças para substituição no posto de trabalho não era o mais eficaz uma vez que foram encontrados alguns problemas de organização e gestão visual. De seguida, é apresentada uma breve descrição da situação encontrada no armário referido.

### 4.2.1 Desorganização do armário das peças de desgaste

Como referido anteriormente, o armário das peças de desgaste é constituído pelas peças que frequentemente são substituídas nos equipamentos da linha de montagem. Na Figura 28, pode ser observado o estado em que foi encontrado o armário, existiam caixas apenas identificadas por operação, outras sem identificação do material que continham e algumas com a operação trocada. A falta de *standard* contribuía para um aumento do tempo médio necessário para reparar uma avaria, provocando o aumento do MTTR. O MTTR corresponde ao quociente entre o tempo utilizado nas reparações das avarias e o número de avarias.



Figura 28-Estado inicial do armário das peças de desgaste

Todos os dados e indicadores anteriormente apresentados, serviram de ponto de partida para o estudo de eventuais melhorias. De realçar que dependendo da operação em questão, o processo de melhoria poderá ser mais simples que em outras. De seguida, será apresentado por posto de trabalho os problemas identificados e eventuais melhorias aplicadas.



## **5. Apresentação e implementação de soluções de melhoria**

Tendo como base a análise da situação inicial previamente apresentada da linha de montagem, foram identificados alguns problemas, assim como oportunidades de melhoria. Houve também, espaço para testar a visibilidade associada a algumas alterações e aplicar modificações em alguns procedimentos ao longo da linha de montagem. Desta forma, pretendia-se com a implementação de propostas de melhoria, que estas viessem a reverter a situação encontrada, e que contribuíssem para o aumento da capacidade produtiva da linha de produção. Assim sendo, de seguida serão apresentadas as propostas de melhoria e implementação de algumas soluções aplicadas durante o projeto de estágio.

### **5.1 Análise de Perdas – SAM**

Como referido anteriormente, um dos problemas que surgiu no início do projeto prendia-se com as perdas de Rendimento Operacional devido à ocorrência de avarias. Sendo este o valor mais elevado entre todas as perdas, foi proposto que se fizesse o seguimento diário das avarias ocorridas, por equipas, de forma identificar as máquinas mais penalizantes do processo produtivo. Assim, foi realizada, em conjunto com o automatista, uma adaptação de um documento Excel já existente, com o objetivo de fazer o seguimento e análise diária das avarias ocorridas nas três equipas, para a nova caixa de velocidades. No documento, foram criadas folhas para todos os dias do respetivo mês e paralelamente foi desenvolvida uma folha semanal para a síntese dos indicadores e das avarias mais penalizantes da semana.

Para a análise diária o documento foi dividido em duas partes, de forma a relacionar os dados do SAM das avarias, com os causas de NRO registadas pelos CUETs, ao fim de cada turno. Do RSF são extraídos os dados necessários ao preenchimento da primeira tabela. Assim, na Tabela 4 constam campos a preencher como a máquina onde ocorreu a paragem, a equipa em que ocorreu, o número de caixas perdidas estimadas pelo CUET, o responsável a que a perda diz respeito e uma breve descrição do problema. O Excel, de forma automática, tendo em conta o *takt time* calcula o tempo de paragem por cada perda. Sempre que é registado uma perda, é feita a atribuição a um responsável de modo que o utilizador possa rapidamente perceber a repartição por responsabilidade das avarias ocorridas.



A partir da Tabela 6, é possível a construção do gráfico Gravidade/ Frequência SAM representado na Figura 29, onde constam o top 6 das operações da linha de montagem, anteriormente apresentadas, distribuídas em função da duração da avaria e do número de vezes de paragem.

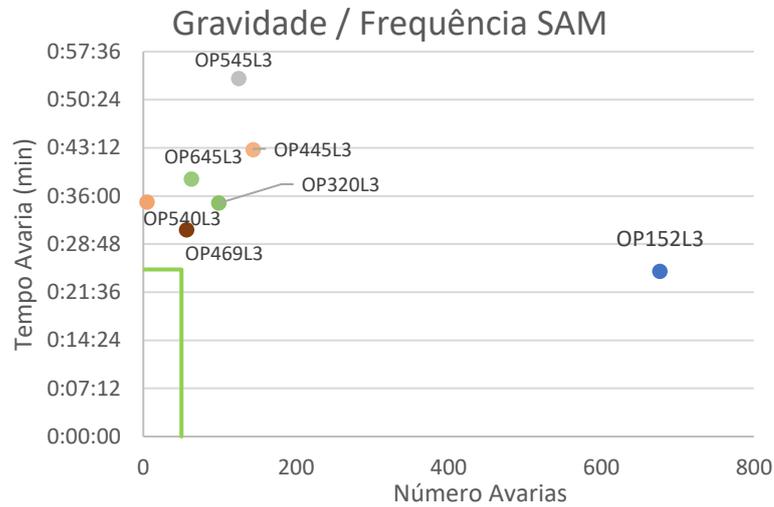


Figura 29- Gravidade/ Frequência SAM

O seguimento das perdas permitiu sobretudo a priorização da análise dos postos de trabalho assim como propostas de possíveis melhorias. De seguida serão apresentados por posto, as melhorias implementadas.

- **OP100- Robot carregamento conjuntos para a linha principal**

A OP100 é responsável pelo carregamento dos alvéolos com material recebidos via AGV para a linha principal, este faz a substituição dos alvéolos com material, pelos alvéolos vazios presentes nas paletes da linha. Numa fase inicial, este posto apresentava elevado número de paragens devido à leitura incorreta das etiquetas, o que originava dificuldades de comunicação com os robots e consequentemente resultava dificuldades na gestão de batentes. Após as paragens, o operador sentia dificuldades em repor as condições de ciclo o que originava perdas e aumento de tempo de ciclo.

Assim, foram identificados alguns pontos de melhoria começando pela necessidade de uma melhor parametrização dos problemas no SAM, para que desta forma pudessem ser obtidos dados reais. Para além disso, foi realizada pelo automatista correções à trajetória do robot devido ao elevado número de colisões observados e a fiabilização dos programas do PLC.

A velocidade de entrada do AGV na ilha, também foi aumentada de forma a reduzir o tempo de mudança de AGV a cada seis caixas. Todas as ações referidas anteriormente originaram ganhos de 4 Cmin em termos de tempo de ciclo e de 5% em disponibilidade dos robots da ilha.

- **OP190- Carregamento do Carter de embraiagem**

Nesta operação ocorre o carregamento do cárter de embraiagem e a colocação do defletor no cárter. Neste posto, na recolha dos defletores existem passagens de mão que funcionam como uma ferramenta visual de modo a evitar o esquecimento destes por parte do operador. No entanto, estas apenas eram acionadas quando a paleta chegava ao posto obrigando o operador a esperar a sua ativação. Após algumas observações ao posto, foi proposto a antecipação do pedido de passagem de mão permitindo ao operador ir buscar os defletores, sem causar defeito, antes da chegada da paleta e assim cumprir a FOS. Apesar do tempo de deslocação da paleta ser o mesmo que no modo de funcionamento anterior, as antecipações das passagens de mão permitem a redução do tempo de ciclo em 2 Cmin uma vez que os movimentos passam a ser efetuados em tempo encoberto.

- **OP150/150M- Início de linha empilhagem dos conjuntos**

A OP150/150M é a primeira operação de prensagem na linha de montagem, onde se dá início à empilhagem dos baladeres e dos pinhões nas árvores primária e secundária. O trabalho neste posto, após a chegada de uma paleta, dá-se essencialmente na árvore secundária com a prensagem dos rolamentos. Apesar da prensagem ser uma tarefa relativamente rápida, o elevado tempo de ciclo deve-se a outros fatores. Assim, ao longo do projeto de estágio foram realizadas diversas medições do posto e a cada medição foram estudadas oportunidades de melhoria de forma a atingir o objetivo de tempo de ciclo de 64 Cmin.

Numa primeira análise, foram identificados alguns problemas relacionados com o modo de funcionamento do posto de trabalho que dificultavam o trabalho do operador e consequentemente contribuía para um aumento do tempo de ciclo. Desta forma, foram propostas algumas modificações, que após a análise com o automatista, levaram a ações de melhoria. Na Figura 30, é possível observar o posto de trabalho, encontrando-se representadas as peças utilizadas no posto e as deslocações necessárias.

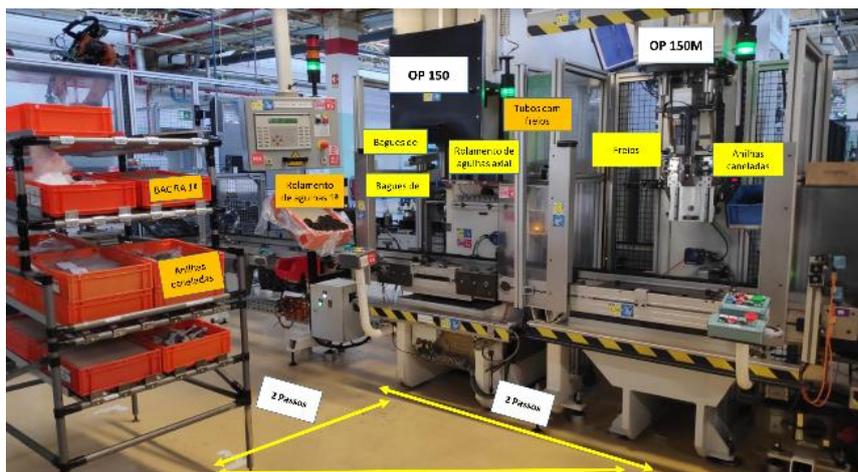


Figura 30- Operação OP150/150M

Nesta operação, existe um operador a trabalhar em dois postos, que executa o seu trabalho de acordo com uma sequência definida. A cada ciclo, o operador, sempre que finaliza o seu trabalho, tem que validar o mesmo para que as prensas iniciem o trabalho. Um dos problemas identificados prendia-se com o facto que, por vezes, o operador validava o seu trabalho e caso a barreira de segurança fosse obstruída, após a validação, provocava uma paragem de emergência. O operador, por sua vez, era obrigado a rearmar a máquina, colocando-a em serviço para que validasse o ciclo novamente. Posta esta questão, foi possível, em conjunto com a equipa e o automatista, a alteração do programa. Após a intervenção, o ciclo apenas se inicia caso as barreiras de segurança se encontrem desimpedidas, o que contribuiu para um aumento da disponibilidade da máquina, redução do corte por barreiras e redução do tempo de ciclo.

Para além desta ação, foi sugerido que fosse retirado a proteção da prensa da OP150 que era utilizada na produção das caixas JR e que para a nova família de caixas não possuía nenhuma funcionalidade. Após a concretização desta ação, o operador possui agora uma maior visibilidade no posto e conseqüentemente houve um ganho a melhoria em termos de ergonomia do posto, reduzindo o esforço por parte do operador.

Para finalizar as melhorias ocorridas, numa primeira análise, é importante referir que a performance dos operadores foi melhorando com o tempo. Devido ao facto da caixa a fabricar ser nova e recente, nem todos os operadores possuíam o mesmo nível de conhecimento do posto nem a mesma destreza na sua execução. Desta forma, o treino e o tempo foram fatores que contribuíram para a redução do tempo de ciclo.

Pelo facto, de o objetivo de tempo de ciclo, não ter sido atingido no primeiro ciclo de melhorias, foi necessário proceder a uma nova análise do posto de trabalho, de forma a encontrar possíveis oportunidades de melhoria. Para tal, foi feito um estudo do *engagement* do operador de forma a estudar o impacto caso ocorressem alterações no modo de execução do posto de trabalho. Através do *engagement* é possível perceber, mais facilmente, a sequência pela qual o operador executa o trabalho, o tempo despendido em cada tarefa e quais as tarefas que ocorrem em tempo encoberto. Assim, dado que são dois postos de trabalho, o operador não tem necessidade de esperar que a prensa OP150 termine o trabalho, visto que pode trabalhar na OP150M enquanto a OP150 faz a prensagem em automático. Em anexo, é possível observar na folha *engagement* com toda a análise realizada (Anexo A).

Após o estudo, sugeriu-se a alteração da sequência de trabalho do posto permitindo assim a prensagem do 1º freio em automático na prensa 150M e a eliminação de deslocações desnecessárias entre postos. A alteração permitiu um ganho de em termos de tempo de ciclo de 6% da OP150 (Figura 31).

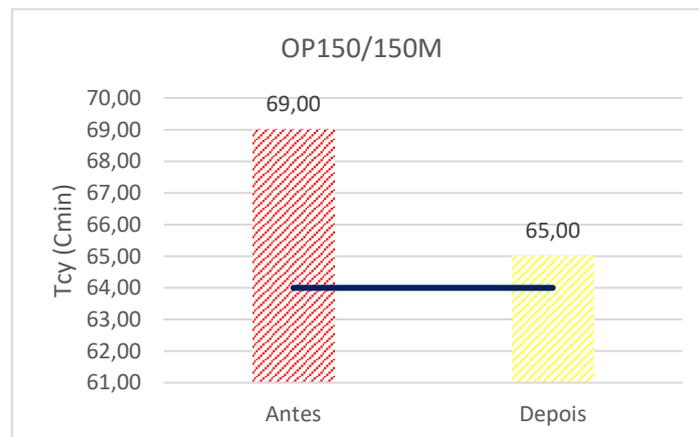


Figura 31- Tcy OP150/150M após 1ª análise

Por fim, de forma a alcançar o tempo de ciclo pretendido foi proposta uma alteração da disposição das peças colocadas na OP150. A alteração consistia em passar o rolamento axial, o rolamento de agulhas e a bague de 1ª para fora do posto, permitindo ao operador preparar o conjunto durante a deslocação da paleta para o posto, reduzindo os movimentos. Na Figura 32, é possível observar o novo modo de funcionamento ao colocar os rolamentos de agulhas e axiais diretamente na bague.



Figura 32- Montagem do conjunto OP150

Simultaneamente, foi feita uma antecipação da detecção do rolamento de agulhas pela camera de visão, durante a subida da prensa e desindexação da paleta, o que permitiu um ganho de 3 cmin em termos de tempo de ciclo global.

Um outro aspeto que penalizava o posto, em termos de tempo de ciclo, prendia-se com a gestão de batentes presentes a jusante do posto. No início da linha, as paletes apenas avançam para a primeira prensa se existir do outro lado um CED a ser preparado. De modo a reduzir o tempo da palete se deslocar, os batentes foram posicionados mais perto do posto de trabalho contribuindo para a redução de 2 cmin do tempo de ciclo do posto (Figura 33).



Figura 33- Gestão do batente (Antes e depois)

Com a aplicação destas ações, houve uma redução de aproximadamente de 17% do tempo de ciclo do posto permitindo o alcance do objetivo para uma cadência produtiva de 710 caixas por turno (Figura 34).

Melhorias implementadas OP150/150M	Redução Tcy Global (cmin)	(%) Redução Tcy Global
1. Barreiras de segurança + Prensagem do 1º freio em automático	4	6%
2. Conjunto de agulhas+ destreza	5	7%
3. Gestão do batente+ destreza	3	4%
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>17%</b>

Figura 34- Melhorias do Tcy e respetivos ganhos

- **OP151/OP151M**

Nesta operação, acontece a prensagem do fixo de 3ª velocidade e a medição da cale da AS. O operador executa trabalho em dois postos, o principal objetivo com esta repartição do trabalho prende-se com a necessidade de se eliminar tempos de espera do operador para que desta forma, este possa trabalhar no seguinte enquanto o primeiro posto trabalha em automático. Tenho isto em mente, de forma a otimizar o posto propôs-se a alteração da sequência de trabalho passando a colocação da anilha de 6ª apenas no posto seguinte, OP151M, uma vez que a anilha não tem necessidade de ser prensada e só contribuía para o aumento do tempo de ciclo. Após a modificação foi necessário a programação das passagens de mão, de forma a garantir que o operador não se esquece de colocar a anilha na OP151M.

Uma outra melhoria proposta foi a utilização da camara de visão presente na 151M para fazer a validação de fim de trabalho no posto. Assim, a camara foi programada de modo a detetar a presença dos componentes eliminado a necessidade de validação por parte do operador. Quando o operador finaliza o trabalho, a camara de visão deteta a presença do pinhão fixo 4ª e permite que a paleta se desloque para o posto seguinte. Esta ação permitiu um ganho de 2 Cmin que corresponde ao tempo necessário para validação.

- **OP152/152M**

Esta operação diz respeito à última prensa na zona da empilhagem dos conjuntos, onde acontece a prensagem do pinhão fixo de quarta e a colocação dos rolamentos. À semelhança do posto anteriormente descrito, por ser dos postos mais penalizantes relativamente ao tempo de ciclo e se encontrar no início da linha de montagem foi realizado um estudo o *engagement* do operador por forma a identificar oportunidades de melhoria (Anexo B).

Após a análise do posto, foi identificado, em equipa, um potencial ganho de tempo de ciclo e disponibilidade própria da prensa, caso se procedesse à alteração do modo de funcionamento da prensa OP152. Assim, a prensa OP152 começou a rececionar as paletes e a trabalhar primeiramente em modo automático com a prensagem do pinhão fixo de 4ª velocidade. Simultaneamente, o operador trabalha na 152M e efetua a medição das folhas da AS continuando o seu trabalho na OP152, quando esta terminar a prensagem. No gráfico da Figura 35, é possível observar a evolução do indicador de disponibilidade própria, durante a aplicação das melhorias.

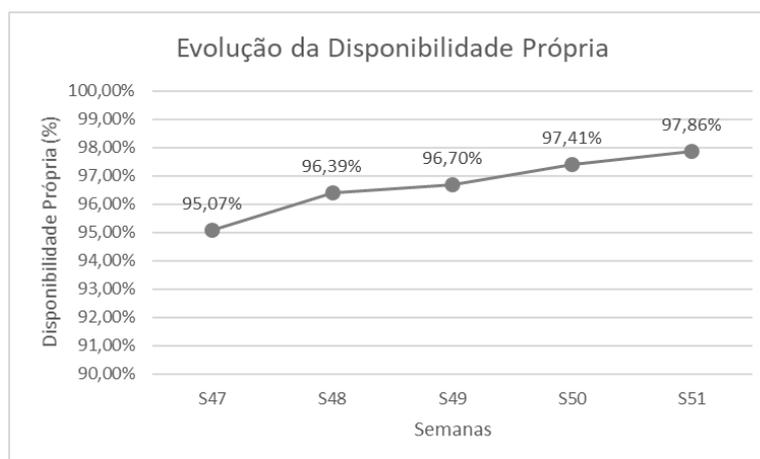


Figura 35- Evolução da Disponibilidade Própria

Após uma primeira análise e implementação das ações, houve um ganho de 11 Cmin, no posto, e um aumento da disponibilidade como se encontra registado na Figura 35. No entanto, o resultado destas alterações, ainda não foi suficiente para o alcance dos objetivos estipulados em relação ao tempo de ciclo. Assim, foi necessário fazer uma nova avaliação ao posto, de forma a encontrar oportunidades de melhoria. Após várias observações, notou-se que comparativamente às outras prensas, na OP152, o tempo da máquina era superior às demais, devendo-se essencialmente à distância a que a ferramenta se encontra das empilhagens. Como resultado, foi proposto a aceleração da prensa até uma certa cota, cota essa, que foi definida de forma a assegurar a segurança do operador e a evitar eventuais danos na colisão entre a prensa e o material.

Outro fator que contribuía para o elevado tempo de ciclo, estava relacionado com os problemas de deteção dos rolamentos pelas camaras de visão. Sempre que um operador terminava o trabalho, ao validar, ocorria um defeito devido às camaras de visão que não detetavam os rolamentos, não permitindo a validação. O tempo de o operador posicionar os conjuntos, de modo que a camara conseguisse detetar, levava a um aumento do tempo a cada ciclo. Posta esta questão,

foi feita a otimização do modo de funcionamento entre as camaras de visão e as sequências de prensagem, de modo a assegurar o correto funcionamento.

As ações de melhoria, relativamente às barreiras de segurança, foram igualmente aplicadas a todas a prensas por ser um ponto comum a todas a máquinas.

Por fim, dada a impossibilidade de acelerar mais as prensas foi feita a substituição da ferramenta que faz a prensagem da AS, por uma mais comprida de forma a reduzir o tempo de prensagem e de curso de trabalho da prensa, estando assim a máquina mais próxima das empilhagens. Na Figura 36, encontra-se representado o antes e depois do posto de prensagem.



Figura 36- Mudança de Ferramenta de Prensagem OP152 (Antes e Depois)

- **MB03- Linha 3**

Ao longo de toda a linha, embora não se refira a nenhum posto em específico, foram identificados pontos de melhoria no fluxo de material entre os postos. Um dos pontos identificados prende-se com o facto de existirem espaços vazios que poderiam funcionar como *buffer* do posto seguinte, mas que até então, não funcionavam pela inexistência de batentes ou detetores que permitissem fazer essa gestão. Foi então sugerido, a aplicação de detores que permitissem a utilização do *buffer* vazio para paletes com material permitindo a redução de tempo de transporte entre postos. Na Figura 37, é possível ver a situação do antes de depois da aplicação da melhoria.

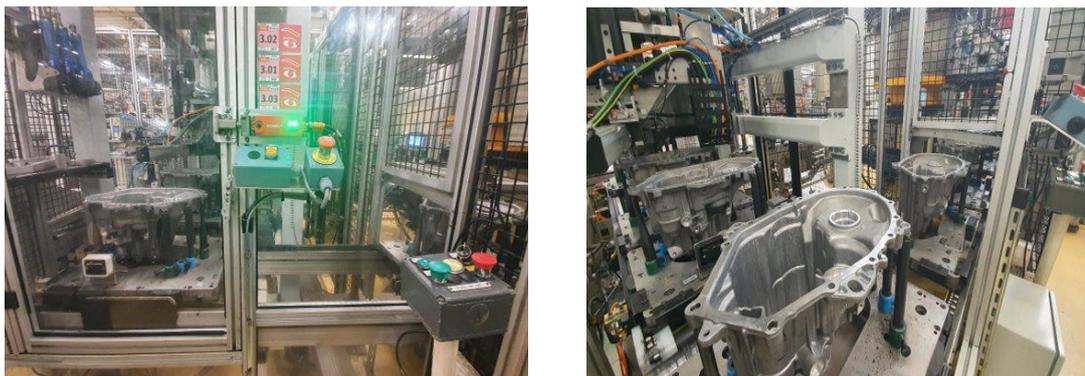


Figura 37- Otimização do *buffer* OP320

À semelhança do posto anterior, ao longo da linha de montagem várias foram as alterações relacionadas com a gestão dos *rippers*, de forma a melhorar a o fluxo das paletes e o tempo de transporte entre postos. Um outro exemplo da aplicação da melhoria foi a OP300, como é possível observar na Figura 38.



Figura 38- Otimização do *ripper* OP300

Assim, em todos os postos onde não existe escrita de etiquetas e não há necessidade de parar as paletes devido à existência de batentes, foi modificado o modo de funcionamento dos mesmos evitando paragens desnecessárias. Da mesma forma, foi modificada a gestão destes, de modo que sempre que não exista no posto a jusante paletes, a palete possa avançar sem paragens. Dos 16 postos existentes na linha, as melhorias foram aplicáveis pelo menos a 11 postos de trabalho.

- **OP430- Calagem CED/CM**

Na OP430 acontece a colocação dos cales nos cárteres, sendo que o posto se encontra dividido em dois lados. O posto era executado inicialmente, por um operador, que realizava as tarefas tanto do lado do CED como do lado do CM, este efetuava a medição e colocação das cales

no cárter de mecanismo e embraiagem. Pelo facto de ser apenas um operador em ambos os postos, este era considerado posto tampão, estando o operador com uma taxa de ocupação perto a rondar os 100% e que para a cadência pretendida não conseguiria se aproximar do objetivo. Apesar de na maquete inicial, apenas constar um operador a executar o posto, foi colocado um outro operador de forma a reduzir o tempo de ciclo e assim equilibrar a taxa de ocupação do operador inicial. Com esta alteração, ocorreu uma redução a taxa de ocupação do primeiro operador, no entanto, o operador do lado do CM terá sempre uma taxa de ocupação superior ao do CED pelo facto de este desempenhar tarefas mais demoradas devido ao número das cales a colocar no CM.

Um outro problema do posto prende-se com o facto de, mesmo com dois operadores, o posto não possui visibilidade suficiente para perceber se o posto automático anterior se encontra em defeito. Inicialmente, os operadores apenas tinham perceção que o posto automático se encontrava com defeito ou avaria, quando não chegavam cárteres ao seu posto. Esta situação originava longas paragens no processo até que o operador conseguisse por o posto em funcionamento. Na Figura 39, é possível perceber que os operadores que se encontram a trabalhar na OP430 não tem qualquer tipo alcance visual para perceber se o posto anterior se encontra parado ou em bom funcionamento.

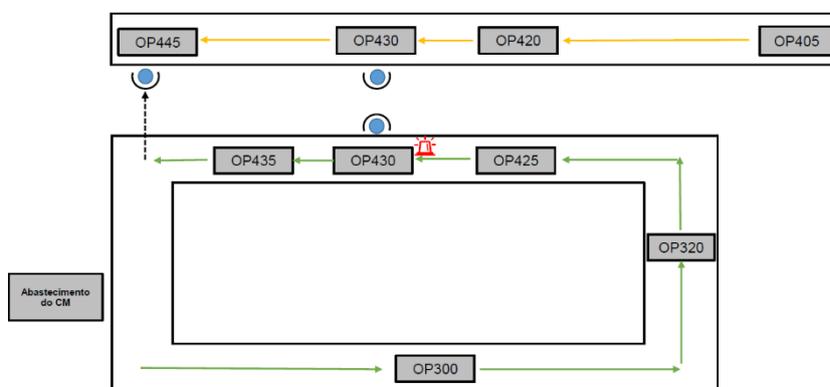


Figura 39- Esquema do circuito do CM- OP430

De forma, a contornar este problema, foi sugerido a colocação de sinais visuais que permitissem a um dos operadores agir rapidamente, sem necessidade de interromper o processo produtivo (Figura 40). Assim foram colocados dois sinais ligados à OP320 e à OP300, que permitem, a cada momento, dar informação ao operador sobre o estado das operações.



Figura 40- Sinalização de Defeito OP300

- **OP445- Fecho da Caixa**

Nesta zona acontece o fecho da caixa de velocidades, o operador pega no CM que se encontra nas suas costas e coloca sobre os conjuntos montados no CED. Após algumas análises ao posto de trabalho, foi possível identificar alguns ganhos de disponibilidade própria e em termos de fluxo. No modo operatório inicial, o operador montava o cárter de mecanismo sobre o conjunto finalizando o trabalho com a validação, esta por sua vez dava a ordem ao cárter de mecanismo seguinte para avançar até ao posto. Assim, foi identificada a possibilidade de executar a antecipação do avanço da palete com o cárter de mecanismo através da evacuação da palete do CM após o primeiro aperto do parafuso na caixa. Deste modo, sempre que o operador terminar uma caixa do lado do CED, o *ripper* já se encontra recuado e a permitir a entrada de cárteres.

- **OP470/OP500- Colocação dos Vedantes e Golpinhagem**

Neste posto, o operador à semelhança de outros postos, trabalha em dois postos que se encontram lado a lado. Na OP470, o operador é responsável por introduzir os vedantes do diferencial sendo posteriormente efetuada a prensagem destes em automático, já na OP500, o operador realiza a golpilhagem do conjunto da alavanca de seleção e do módulo do comando. Nesta operação, para além de trabalhar no posto, o operador realiza um elevado número de atividades logísticas e de abastecimento, que levam à degradação do tempo de ciclo. Isto deve-se essencialmente ao facto de o posto se encontrar numa zona onde acontecem maioritariamente operações automáticas, torna-se mais complexa a distribuição do trabalho por outros postos.

Assim, de modo a facilitar o trabalho do operador foram levadas a cabo ações de melhoria, de modo a equilibrar a carga de trabalho deste, comparativamente aos outros postos da linha.

### ✓ Abastecimento da alavanca de passagem

Como mencionado anteriormente, além das funções a executar no posto de trabalho, o operador é responsável por atividades frequenciais de forma a fazer o reabastecimento do próprio posto. Neste posto, acontece a golpilhagem das alavancas de passagem, sendo que a cada 180 caixas trabalhadas, o operador tem a necessidade trocar o contentor vazio por um cheio, retornando o vazio via AGV até à GARE. Devido aos elevados tempos de atividade logísticas, que estavam associadas a este posto, foi realizada uma análise de forma a reduzir o tempo perdido neste tipo de atividades. Assim, inicialmente este POE era abastecido via AGV e tinha como definida a sua zona de armazenamento junto da zona de preparações. A troca de contentores vazios por cheios obrigava o operador a deslocar-se, dando um total de 40 passos a cada 180 caixas. Na Figura 41, encontra-se representado o percurso feito pelo AGV desde a GARE até à zona definida para o stock do posto.

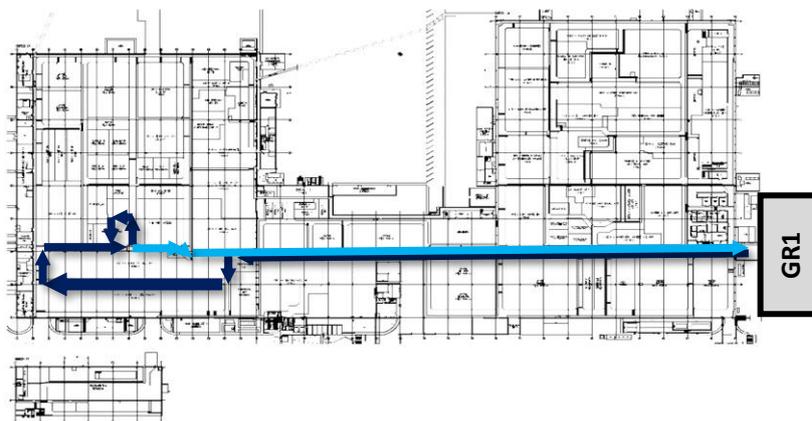


Figura 41- Circuito inicial do abastecimento da alavanca de passagem

Assim, foi realizada uma redefinição do percurso percorrido pelo AGV. Após as modificações, operador não precisa de sair do seu posto de trabalho uma vez que com a nova definição do percurso do AGV, este deixa a carga junto do posto para stock e carrega automaticamente o vazio que já se encontra posicionado na zona de saída do AGV. Relativamente à segurança e esforço por parte do operador, a diferença é notável uma vez que este não tem necessidade de transportar os contentores vazios e cheios de POE's, conseguindo-se focar no trabalho que verdadeiramente representa valor para o cliente. Com esta alteração o operador já não tem a necessidade de se deslocar a cada 180 caixas para efetuar a troca de contentores permitindo um ganho de 2 minutos a cada 180 caixas, correspondendo, assim, ao tempo necessário para se deslocar e efetuar a troca. A definição do novo percurso encontra-se apresentada na Figura 42.

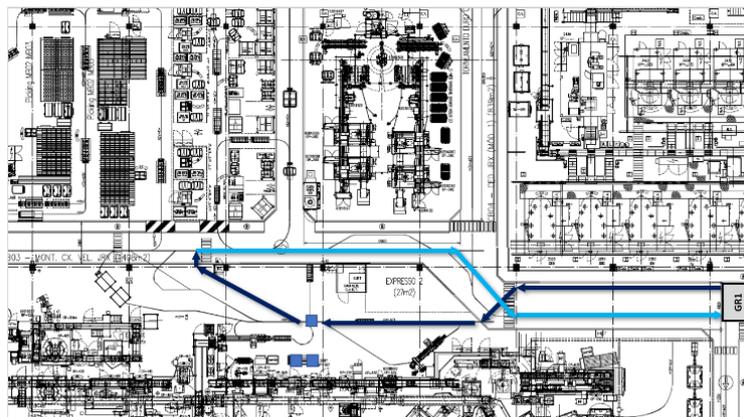


Figura 42-Definição de novo circuito de abastecimento

✓ **Suporte para o abastecimento dos vedantes**

Uma outra atividade frequencial do operador é o abastecimento dos vedantes, na OP469. Como mencionado anteriormente, o operador encontra-se sozinho naquela zona, pelo que este tem que se deslocar a cada 150 vedantes para o abastecimento dos armazéns automáticos da OP469. Os vedantes chegam do fornecedor a granel, não se encontrando orientados segundo a direção em que vão ser consumidos, tornando a tarefa complexa e demorada.

Inicialmente, o operador sentia algumas dificuldades em fazer o abastecimento, uma vez que não tinha qualquer suporte para apoiar a vareta enquanto abastecia. Assim, foi proposto adaptação dos carrinhos dos vedantes de forma a tornar abastecimento mais rápido e eficaz contribuindo para a diminuição do tempo de abastecimento e do número de vedantes abastecidos na direção contrária. O suporte encontra-se presente na Figura 43.



Figura 43- Aplicação de suporte de abastecimento dos vedantes

### ✓ Passagem das Ogivas

Durante a execução do posto de trabalho, uma outra tarefa do operador prende-se com a retirada das ogivas da caixa de velocidades, sendo que esta é colocada anteriormente na OP460. A ogiva tem como função a proteção na introdução dos vedantes que acontece na operação intermédia, na OP469. Assim, pelo facto de existirem um número limitado de ogivas, o operador tem que se deslocar entre a OP460 e OP500 para fazer o abastecimento das mesmas, como é possível observar na Figura 44.

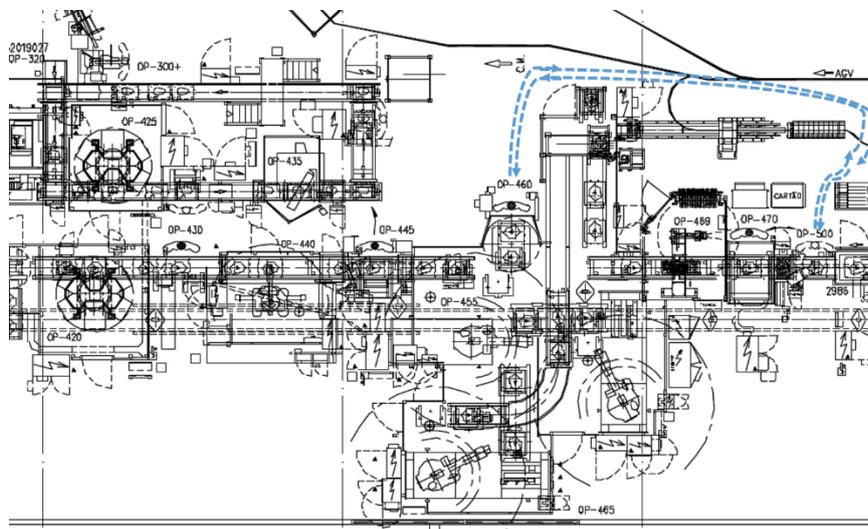


Figura 44- Percurso entre a OP460 e OP500

Para fazer o abastecimento das ogivas, o operador tinha que se deslocar cerca de 40 passos para ir e retornar até ao seu posto, o que implicava uma perda de 40 Cmin em deslocações dada a distância entre os dois postos. De forma a reduzir a distância e a reduzir o NVA do posto de trabalho foi sugerido a colocação de uma calha entre os dois postos (Figura 45). Assim, utilizando a gravidade, o operador da OP470/500 retorna as ogivas que retira da caixa de velocidades e devolve ao operador que se encontra na OP460, para que este as possa voltar a colocar na caixa.



Figura 45- Aplicação de calhas para abastecimento das ogivas

- **OP630**

A montagem dos componentes finais acontece na OP630, nesta operação é realizada a montagem do CSC assim como a colocação da tampa de respiro e do obturador do óleo. De forma a facilitar o abastecimento logístico, todos os componentes eram abastecidos neste posto pelo lado esquerdo do posto, o que obrigava o operador a recolher todos os componentes necessários à montagem, sempre do mesmo lado. Além disso, os componentes eram abastecidos em bac's com uma determinada capacidade, e que por sua vez, quando estes se encontravam vazios, eram retornados juntamente com os baques vazios do CSC.

De modo, a tornar o posto ergonomicamente menos penalizante e a reduzir o número de bac's vazios retornados para a logística, os componentes foram reposicionados dos dois lados do operador através de guias com capacidade para um turno de trabalho (Figura 46). Com a instalação de guias foi possível otimizar o espaço existente do lado direito do operador, diminuindo assim o número de movimentos do mesmo.



Figura 46- Abastecimento dos POE's

- **OP645**

A OP645, corresponde ao aperto do bujão do óleo na caixa de velocidades, esta operação é automática, no entanto, existe um operador que se desloca a este posto para efetuar o abastecimento na calha. Assim, o operador que se encontra na operação anterior, sempre que é necessário, desloca-se ao robot para realizar o abastecimento dos conjuntos que se encontram previamente preparados nos suportes. O abastecimento dos bujões divide-se em duas partes, o abastecimento para os suportes e o abastecimento dos suportes diretamente para a calha.

Numa fase inicial do projeto, devido à existência de tempos elevados de paragem os operadores aproveitavam para fazer a preparação prévia dos conjuntos e assim diminuir o tempo que ocupavam no abastecimento dos bujões na calha, quando a linha retomasse o funcionamento. No entanto, o suporte existente não era adequado para a quantidade de stock que se foi criando, levando a que alguns conjuntos caíssem ao chão e originassem sucata. Na Figura 47, pode-se observar o estado do suporte sempre que existiam elevadas quantidades de conjuntos preparados. De modo que o abastecimento fosse feito de forma mais eficiente, sugeriu-se a adaptação do suporte, a um novo que permitisse mais quantidade de stock e não originasse sucata.

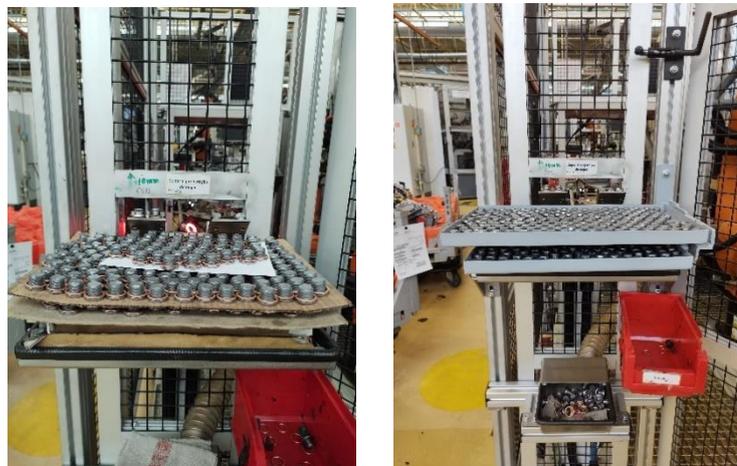


Figura 47- Suporte de abastecimento OP645 (Antes e Depois)

- **OP650**

Esta é a última operação da linha de montagem, onde acontece a descarga das caixas de velocidade para contentores transportados via AGV até ao armazém. O operador começa por colocar dois obturadores de proteção na zona do diferencial. De seguida, com o auxílio da parafusadora e do ganho elétrico é retirada a caixa de velocidades da paleta rotativa, o operador procede à zipagem da etiqueta e limpa a caixa na zona do diferencial. Durante o processo de descarga são feitos alguns

controles que se encontram previstos, um deles é a legibilidade e presença da gravação feita na OP600.

Este controlo, obriga o operador a adotar uma posição que ergonomicamente, é penalizante, uma vez que o operador tem que verificar o número de série que se encontra numa posição abaixo do nível de visão. Assim, de forma a reverter a situação e auxiliar o operador no seu trabalho garantindo que nenhuma caixa chega ao cliente com problemas, no que se refere ao número de série, foi proposto a implementação de um sistema de visão. O sistema de visão, foi assim colocado na OP645 uma vez que corresponde a uma operação automática e é o único local que permite uma boa visibilidade do número de série pela camara de visão sem perturbar o modo de funcionamento do posto. Por sua vez na OP650, foi instalado um monitor que se encontra ligado a sistema de visão permitindo assim ao operador fazer o controlo do número de série mais rapidamente e sem esforço (Figura 48).



Figura 48- Aplicação de sistema de visão OP645

## 5.2 *Standard* Identificações

### 1. Identificação dos carros de abastecimento de parafusos

Inicialmente, foram identificadas algumas dificuldades relacionadas com o abastecimento logístico dos carros de parafusos. Na OP460, acontece um aparafusamento prévio das caixas de velocidade sendo que o posto comum às duas linhas e é abastecido via AGV, uma vez por turno. Um dos problemas detetados prendia-se com a ausência de identificação dos carros de parafusos originava falhas no abastecimento do posto. Devido ao facto de a operação ser semelhante nas duas linhas e apenas se distinguir pela família de caixas que se encontrava a fabricar, levava os operadores

logísticos a enviarem os parafusos utilizados na produção da caixa JR para a linha onde se encontravam a produzir JT4.

De forma a contornar o problema e evitar falhas no abastecimento dos parafusos, foram identificados os quatro carros existentes, como se pode ver na Figura 49, de forma que a facilitar gestão por parte da equipa da logística.



Figura 49- Identificação dos carros de parafusos (Antes e Depois)

## 2. Aplicação da ferramenta de Gestão Visual na Calagem

Ao longo da linha de montagem existem postos de trabalho cuja função é o controlo de possíveis folgas, que possam ocorrer ao longo do processo de montagem. Para efetuar esse controlo, são utilizados meios de medição que dão informação ao operador do tipo de cale que é necessário montar, de forma a eliminar a folga existente. Na linha de montagem, existem dois carros de abastecimento de cales localizados estrategicamente, perto das zonas de consumo, que servem de apoio ao operador, sempre que é necessário o reabastecimento do posto. Inicialmente, um dos problemas prendia-se com tempo despendido na procura dos cales, uma vez que para cada posto existem no mínimo 15 espessuras diferentes. Esta situação, originava deslocações desnecessárias e frequentemente os operadores não conseguiam encontrar a medida que pretendiam. Um outro problema, estava relacionado com forma como era representado as unidades de medida, estas eram diferentes no posto e na embalagem, o que igualmente induzia o operador em erro.

De forma a facilitar o trabalho dos operadores e a reduzir o tempo despendido em atividades frequentiais, foi criado um sistema de cores para facilitar a procura pela espessura pretendida. Como mencionado anteriormente, os postos de abastecimento possuem cales de diferentes espessuras que se destinam a eliminar folgas nas árvores ou nos cárteres dependendo da fase do processo.

Assim, de forma que os operadores pudessem fazer essa distinção, foi atribuído diferentes cores como forma de identificação do posto, no suporte e no carro de abastecimento.

Na Figura 50, é possível observar como foi realizada a atribuição das cores.



Figura 50-Sistema de cores (Antes e Depois)

As figuras acima representadas dizem respeito à OP151M, onde acontece a calagem da árvore secundária do pinhão fixo de 4ª. Anteriormente, como é possível observar os postos de calagem apresentavam a cor amarela por defeito, o que podia induzir o operador em erro no momento do reabastecimento. Com a definição das cores nos carros de abastecimento e no posto de trabalho, o trabalho do operador foi facilitado levando a uma redução dos erros que frequentemente aconteciam.



Figura 51- Atribuição de cores ao carro de abastecimento de cales

Com a atribuição das cores ao carro de abastecimento, como pode ser observado na Figura 51, os operadores identificavam mais facilmente as cales para o posto que pretendiam.

### 3. Gestão de embalagens incompletas

Uma outra dificuldade que surgia associado aos postos de calagem prendia-se com a gestão das embalagens incompletas. O tamanho dos suportes para a colocação de cales no posto, não correspondia ao tamanho de anilhas na embalagem do fornecedor, pelo que originava embalagens abertas no posto de trabalho por falta de espaço no suporte. Assim, foi proposto o ajuste do tamanho das embalagens junto do fornecedor e paralelamente foi sugerido a criação de uma caixa para armazenamento no posto. Desta forma, após a alteração, sempre que existissem embalagens incompletas, os operadores podiam abastecer o posto sem necessidade de se deslocarem (Figura 52).



Figura 52-Suporte para gestão dos incompletos

#### 4. Calagem- gestão da sucata

A falta de espaço para a adaptação dos suportes era a principal fonte de sucata nestes postos de trabalho. Com o abastecimento dos cales até ao limite, de forma a reduzir as embalagens incompletas, provocava a queda de cales ao chão originando grandes volumes cales sucata por turno. De forma a colmatar este problema, foi sugerido a colocação de pratos de apoio debaixo dos suportes permitindo uma recuperação de quase 100% das cales que iam para a sucata (Figura 53). Assim, após a queda das cales no apoio, o operador deve proceder à sua medição e colocar no respetivo suporte para que seja novamente utilizada. Dada a semelhança entre alguns dos postos de trabalho, foi possível aplicação desta melhoria, nos diferentes postos ao longo da linha.



Figura 53- Aplicação de prato nas calagens

## 5. Painel UET

De modo a realizar uma melhor gestão a nível visual da linha de montagem, foram identificadas oportunidades de melhoria, por forma a preencher uma lacuna no que diz respeito à divulgação de dados. Assim, foi feita uma reorganização do painel anteriormente existente e adicionados novos indicadores, para uma melhor gestão e perceção da evolução da *performance* da linha de montagem. Assim foram criados dois painéis destinados ao seguimento de indicadores do rendimento operacional e da qualidade. Estes possuem diferentes secções onde estão representados os indicadores presentes na Figura 54.

Painel RO	Painel Qualidade
Filme diário de produção: Corresponde à produção realizada de cada turno de trabalho.	Evolução Diária
Top 3 – Ações prioritárias UET : Ações a realizar após a avaliação dos defeito e avarias do dia anterior	Top 3 Diário- Nº de casos
Volume de Produção – RO : Seguimento do volume de produção atingido à semana.	Top 3- Ações Diárias
Sinóptico MB03: Esquema/ Layout da linha de montagem	5 Porquês
Análise de Perdas	Evolução dos Stocks disponíveis
Lista Única de Problemas (LUP)	QRR- explicação
RO/DPU por equipa	Evolução DPU
MPM semanal	PDCA mensal
Tcy	Controlo Suplementar
Dp/Tcy	
PDCA mensal	

Figura 54- Elementos do Painel RO/DPU

O painel RO encontra-se dividido em duas partes correspondendo à animação diária e animação mensal. Da mesma forma no painel da Qualidade é feito o seguimento diário e mensal dos valores de DPU. Nas Figuras 55/56 encontram-se representado o antes e depois dos painéis de animação dos indicadores.

### Antes

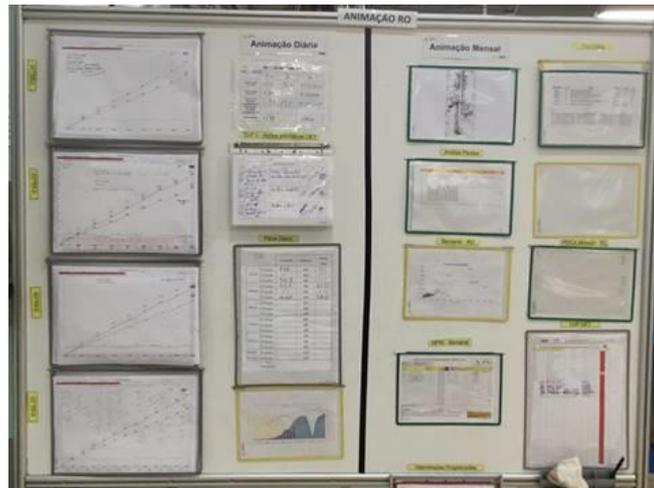


Figura 55- Painel de Animação Inicial

### Depois



Figura 56- Painel de Animação RO/ Qualidade

## 6. Estados de referência 5S

No grupo Renault, os 5S's são considerados como a base de todo o Sistema de Produção Aliança (APW). O sistema considera que a ferramenta deve ser implementada no quotidiano, de modo a facilitar as operações e otimizar as condições de trabalho. A aplicação desta ferramenta permite a criação de *standards*, onde constam várias informações acerca do posto de trabalho. *Standards* esses que se traduzem em estados de referência, onde são definidas as atividades que devem ser realizadas frequentemente, podendo ser diárias para garantir a aplicação dos 3 primeiros <S>. No documento a ser formalizado, devem constar fotos de forma a descrever concretamente o estado de referência assim como critérios que permitem assegurar que o posto se encontra conforme o *standard*. Este deve ser o mais visual possível e é o resultado da aplicação dos 3 primeiros <S> garantindo a eficiência do posto de trabalho graças ao *management* visual. Assim, foi criado, para todos os postos da linha MB03, os estados de referência de cada posto após ter sido feita a organização do posto de trabalho. Um exemplo do estado de referência pode ser consultado no Anexo C.

## **7. Organização do armário de peças de desgaste**

Tendo em conta os problemas identificados no armário, foi necessário proceder à sua organização de forma a tornar a tarefa de procura mais simples e facilitada. Neste sentido, foram aplicadas ferramentas *Lean* como os 5S e gestão visual. Assim, começou-se por uma recolha de informação de todas as peças presentes no armário, incluído o sua designação, operação e número de identificação (Mabec). De seguida, as peças foram distribuídas por gavetas e identificadas com o seu respetivo código e ordenadas por operação. Para facilitar o processo de procura, foi elaborado um *dossier* que contém a lista com informação de todas as peças por operação, assim como os respetivos planos das peças. Em cada uma das gavetas encontram-se dois tipos de etiquetas, verdes caso o material na gaveta cumpra o stock mínimo e laranja caso o stock mínimo tenha sido atingido. Assim, sempre que é retirada uma peça do armário, se o stock da mesma tiver atingido o valor mínimo, a etiqueta verde deve ser colocada na caixa do material a requisitar, para posteriormente ser reposta a quantidade necessária. Para um melhor seguimento do fluxo das peças, foi adicionada uma folha para o registo do que foi tirado, em que quantidade e sempre que seja atingido o nível mínimo, o autor da requisição. O resultado final da aplicação dos 5'S pode ser consultado na Figura 57.



Figura 57- 5'S no Armário de peças de desgaste

### 5.3. Projeto Lean - AT5

O projecto *Lean* Cacia, no departamento das caixas de velocidade, teve início no dia 15 de março, o projeto teve como objetivo, a redução do *Design Standard Time Ratio* ou *DSTR*, indicador que engloba a qualidade, mão-de-obra, rendimento operacional e performance. Para isso foram feitos diagnósticos aos postos onde poderão surgir oportunidades de melhoria através da redução do Não Valor Acrescentado (NVA). De seguida, serão apresentados os diagnósticos e algumas das ações propostas para a redução do indicador.

- **Diagnóstico dos postos de montagem da linha 3**

Os diagnósticos realizados durante o estudo da linha 3, prendia-se essencialmente com a problemática dos abastecimentos frequenciais, isto é, em perceber se os operadores para uma cadência de 710 caixas conseguiriam fazer os abastecimentos sem que isso gerasse perda de caixas em linha. Assim, através deste estudo foi possível conhecer a taxa de ocupação dos operadores e perceber se existiria a necessidade de aplicar abastecimentos automatizados para resolver problemas de ergonomia e de deslocamentos.

Na Figura 58, é possível observar os postos identificados como prioritários e onde foram realizados os diagnósticos.



Figura 58- Identificação dos postos estudados

Em seguida, serão descritas as ferramentas de diagnóstico utilizadas e mais adequadas à análise de uma linha de montagem.

### Taxa de Ocupação

O primeiro diagnóstico realizado no atelier é conhecido como *Battonage*, esta ferramenta foi utilizada de modo a compreender como estaria alocado o tempo dos operadores por atividade. Foram, assim, retiradas várias amostras de diferentes postos ao longo da linha de montagem de modo a perceber o rácio entre as várias atividades que o operador executa. No AT5, definiu-se como perímetro de análise, os postos de trabalho que após melhorias já efetuadas ainda tinham aspetos que penalizavam o posto, como deslocações para abastecimento de atividades frequentais ou aspetos relacionados com ergonomia. Para proceder à análise, é necessário ter em conta alguns pontos-chave:

- Numa fase inicial, sempre que é necessária uma recolha de dados deste tipo, deve ser realizada uma reunião com todos os elementos a participar na recolha, de modo a clarificar o que em cada operação era considerado valor acrescentado e o que não é. Desta forma, é possível assegurar a obtenção de dados que traduzem a realidade através de uma uniformização da perceção dos elementos dos diferentes departamentos.
- Deve ser garantido que o posto de trabalho se encontra a funcionar com 100% da normalidade, em caso de anomalia, deve-se aguardar que o posto retome o seu normal funcionamento.

- Antes dar início a qualquer observação, deve-se fazer uma análise prévia de modo a perceber quais as tarefas que dizem respeito ao operador e se existem variações de *performance* durante a execução da tarefa.
- Apenas foram tidas em conta atividades de valor acrescentado quando o operador se encontra na sua *Strike zone*, a fazer a montagem de um componente (pegar e montar peça).

### Linha de Montagem- Linha 3

Por posto de trabalho, foi recolhida uma amostra de 300 observações, sendo feito o registo a cada momento na aplicação de registo. Os resumos dos resultados da observação encontram-se na Figura 59.

Da análise realizada, é possível identificar os postos com mais inatividade e perceber como pode ser feita a distribuição das atividades frequenciais, com o objetivo de balancear, de modo mais equilibrado, as tarefas, através da atribuição ao posto seguinte ou anterior. Por outro lado, a análise também permite perceber nos postos com poucos tempos de espera, isto é, com elevada taxa de ocupação, como se pode fazer a economia dos movimentos do operador.

Apesar da capacidade produtiva estar limitada pelos bancos (na linha 3), todos os estudos efetuados são um contributo e suporte para ajudar futuramente na tomada de decisões.

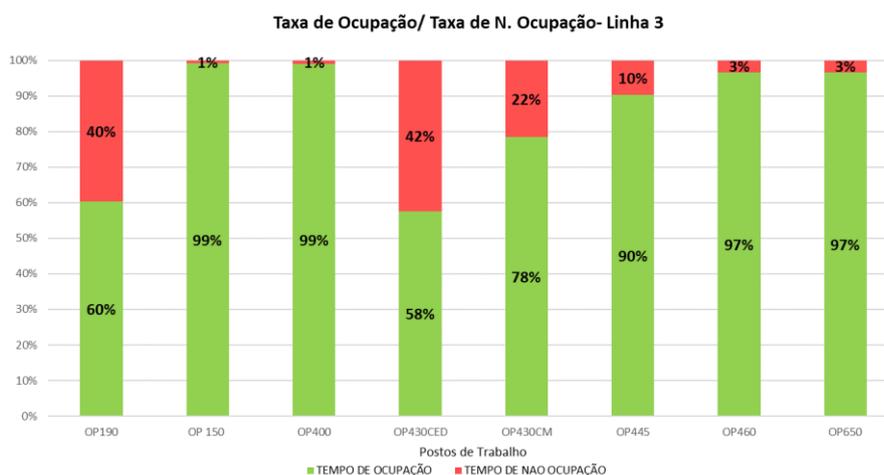


Figura 59- Taxa de Ocupação dos postos de trabalho

Através dos resultados obtidos, é possível concluir relativamente a alguns aspetos. Relativamente à OP190 e OP150, a problemática prendia-se em saber qual dos operadores estaria mais disponível para fazer o abastecimento de um posto automático, sendo que, de qualquer um

dos postos, o operador teria de se deslocar em média 50 passos realizar o abastecimento do posto automático na OP210. Através do estudo, foi possível perceber que o operador com mais disponibilidade para a tarefa será o operador da OP190 uma vez que este apresenta uma taxa de ocupação mais baixa relativamente aos restantes.

No que diz respeito à OP430CED e OP430 CM, o principal aspeto a ser estudado, estava relacionado com qual dos operadores teria mais disponibilidade para se deslocar ao carro de abastecimento de cales. Pela análise realizada, e sabendo previamente que os operadores demoram diferentes tempos a executar uma tarefa é de esperar que o operador cujo tempo de ciclo é menor, seja o mais disponível para desempenhar a tarefa. Deste modo, o operador com menor taxa de ocupação e que irá desempenhar a os abastecimentos será sempre o operador que se encontra do lado do CED.

A necessidade de estudar a OP445 e a OP460, estava relacionada com a automatização da OP460, isto é, com a aplicação dos parafusos em automático. O operador que se encontra neste posto efetua o abastecimento dos cárteres de mecanismo manualmente, com a passagem do posto a automático, essa tarefa terá de ser atribuída a outra pessoa. No entanto, como é possível observar a pessoa que se encontra mais próxima do local é o operador da OP445, este por sua vez, também possui uma taxa de ocupação bastante elevada, tendo pouca disponibilidade para realizar a tarefa frequencial. Assim, pelo facto de não existir outra possibilidade, o operador que se encontra mais próximo e com uma menor taxa de ocupação que passará a realizar a tarefa de abastecimento manual terá de ser o operador da OP430 CED.

Por fim, à semelhança do que foi realizado anteriormente, foi feita a análise do posto OP650 com o intuito de perceber a necessidade de automatização do posto anterior. Através dos resultados obtidos é fácil de perceber que o operador já tem uma taxa de ocupação que o limita muito, em termos da realização de outras tarefas, pelo que podemos concluir que existe necessidade de aplicar o abastecimento automático.

- **Linha de Montagem- Zona das Preparações**

Com a aproximação da reabertura da linha 2, para fabricação da nova JT4, foi necessário estudar as várias possibilidades de adaptar a zona do *Picking* ao abastecimento dos AGV's para as duas linhas. Para além de um layout adequado ao abastecimento das duas linhas, também é fundamental estudar os recursos existentes de modo a otimizá-los da melhor forma sendo o principal objetivo, perceber qual seria a necessidade de novos recursos nesta zona.

Nesta zona de preparações, o estudo foi realizado através do método de cronometragem uma vez que existem tarefas em que a frequência pode variar, dependendo do consumo da linha de montagem. Após a recolha dos dados, os resultados obtidos foram os seguintes:

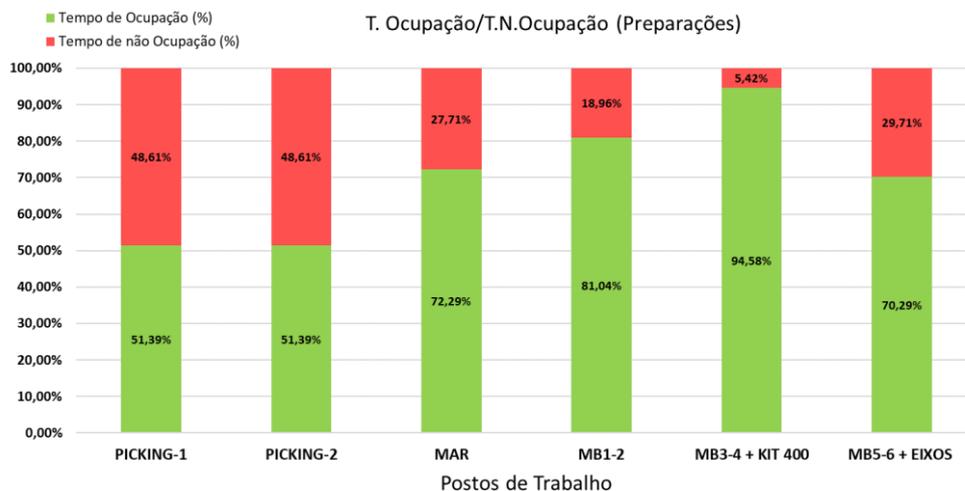


Figura 60-Taxa de Ocupação (Preparações)

Estão afetos à zona das preparações 6 operadores, estando distribuídos da seguinte forma: 2 operadores no *Picking* a fazer o abastecimento dos AGV's com os kits para a linha de montagem, 1 operador em cada mesa de preparação dos baladeres, 1 operador a realizar a montagem das marcha atrás.

A análise desta zona, tinha como principal objetivo perceber qual dos operadores das mesas de preparação poderiam ter disponibilidade para o abastecimento do kit da operação 400, que será implementado num futuro próximo. Um outro objetivo prendia-se com facto de perceber, através da avaliação desta área, se era possível otimizar as tarefas dos operadores de forma a ganhar 1 MOD para a linha 2.

Relativamente ao primeiro objetivo mencionado, primeiramente foi estudada a hipótese do operador que se encontra mais próximo, nas mesas dos baladeres 3/4, realizar o abastecimento do novo kit de peças da OP400. Como é possível ver na Figura 60, com o abastecimento do kit o operador fica com uma taxa de ocupação de aproximadamente 95%, o que indica que este será capaz de fazer o abastecimento pretendido e com menos deslocações, comparativamente aos restantes operadores. Pelos resultados obtidos, em termos de taxa de não ocupação, na zona do *picking*, podemos afirmar que com a otimização das tarefas destes dois operadores, em conjunto, têm disponibilidade suficiente para abastecer os AGV's da linha 2, para a cadência inicialmente pretendida.

## VA/NVA nas linhas de montagem

Partindo da análise anteriormente realizada, e tendo em conta que todos os intervenientes tiveram em conta os mesmos critérios durante a recolha dos dados, foi possível perceber percentagem de valor acrescentado associado a determinado posto de trabalho. A definição de valor acrescentado foi distinta nos diferentes postos uma vez que dependo do posto em questão certas atividades podem ser classificadas de forma distinta. De seguida, será apresentado um gráfico com a repartição das tarefas e o peso destas, no global dos postos observados.

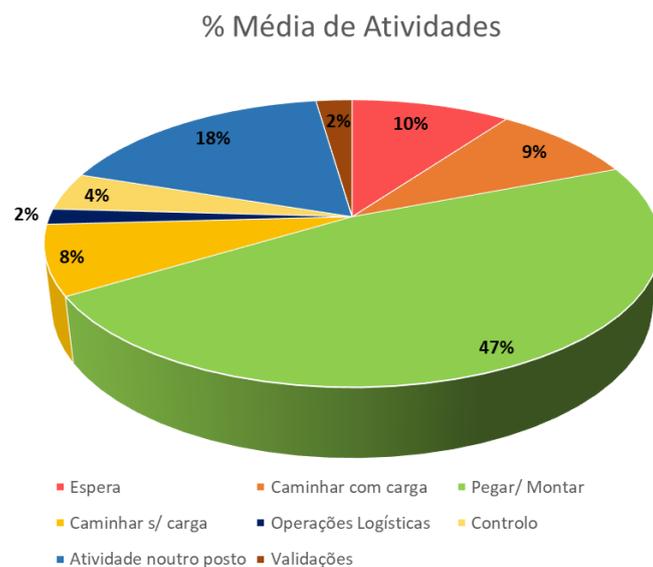


Figura 61- Repartição das atividades dos postos estudados

Das observações realizadas e com base nos postos estudados, foi possível, através da divisão das tarefas, obter a percentagem média de cada uma das atividades do global dos postos analisados. Assim foi possível concluir que, no total de operações, apenas 47% representam verdadeiro valor acrescentado (Figura 61). Os restantes 53%, correspondem a tarefas que são consideradas NVA, no entanto, estas podem ser entendidas de diferente forma dependendo do posto. Exemplo disso são as tarefas como validação e controlo, que na maioria dos casos são essenciais uma vez que asseguram a qualidade do produto. Já as tarefas de deslocamento, em alguns dos postos (OP150/150M, OP400, OP445) são inevitáveis pois correspondem a postos paralelos. As operações logísticas, as esperas e atividades noutro posto, correspondem em conjunto a cerca de 30% do total e são, ao nível do Projeto *Lean*, os pontos a trabalhar.

Como referido anteriormente, as análises de taxa de ocupação da linha e da zona de preparações funcionaram como um ponto de partida para que, em grupo de trabalho, fossem

discutidas as várias hipóteses de modo contornar os vários problemas de trabalho encontrados. Por um lado, em alguns postos, a análise serviu de suporte à tomada de decisão relativamente ao balanceamento das atividades e a carga dos postos de trabalho. Nos restantes, a análise despoletou um conjunto de ações a serem trabalhadas e analisadas a curto prazo permitindo a melhoria a níveis ergonómicos e de desempenho no posto de trabalho.

## Fluxos Logísticos

Após o estudo das operações do processo de montagem, foi realizada posteriormente, uma análise aos fluxos de abastecimento da linha 3 (MB03). Com o objetivo de conhecer os fluxos existentes e com o intuito de otimizá-los, foi levada a cabo uma análise aos AGV's dedicados à linha de montagem. Com esta análise, foi possível perceber as causas por detrás de anomalias e conhecer a taxa de ocupação dos mesmos, por forma a assegurar que estes se encontram em número suficiente para a cadência pretendida.

Assim, foi calculado o número de AGV's necessários para cada um dos percursos foram tidos em conta, alguns aspetos que podem influenciar o cálculo.

O cálculo teve em conta o número de cruzamentos, isto é, o número vezes que durante o percurso os AGV's param em *tag's* associadas a semáforos onde avaliam se podem prosseguir o percurso. Assim, através do método de cronometragem, foram medidos todos os tempos necessários para o cálculo como o tempo de parar e arrancar antes de uma passageira, o tempo de cruzamentos e o tempo de cada um dos percursos.

Trajeto	Nº de Agv's real (un)	Tags (un)	Passadeiras (un)	Tempo Passadeira (cmin)	Taxa Passadeiras	Tempo Passadeira Segurança (cmin)	Cruzamentos (un)	Tempo Cruzamentos (cmin)	Taxa Cruzamentos	Tempo Segurança Cruzamentos (cmin)	Tempo Medio (cmin)	Tempo C/taxa segurança (cmin)	Lote (un)	Produção Turno (un)	Volts p/ turno	Tempo Total (cmin)	Tempo Total/AGV's	Taxa de Ocupação	Taxa Teórica	Nº AGV's Teóricos	Delta Agv's
Carter de Embraiagem	2	9	17	6,67	10%	11,33	6	25,00	50%	75,00	1456,38	1542,72	24	700	29	44995,90	22497,95	47%	94%	2	0
Carter de Mecanismos MB03	1	4	6	6,67	10%	4,00	5	25,00	50%	62,50	985,12	3051,62	24	700	29	30672,15	30672,15	64%	64%	1	0
Picking (1 pessoa)	4	4	5	6,67	10%	3,33	5	16,67	50%	41,67	1225,00	1270,00	6	700	117	148166,67	37041,67	77%	309%	4	0
Picking (2 pessoas)	4	4	5	6,67	10%	3,33	5	16,67	50%	41,67	1110,58	1155,58	6	700	117	134818,06	33704,51	70%	281%	4	0
Picking (1,5 pessoas)	4	4	5	6,67	10%	3,33	5	16,67	50%	41,67	1167,79	1212,79	6	700	117	141492,36	35373,09	74%	295%	4	0
Eixos 1,2,3,4,5,6	1	3	3	6,67	10%	2,00	5	16,67	50%	41,67	616	659,67	24	700	29	19240,28	19240,28	40%	40%	1	0
Caixa Diferencial	1	2	1	6,67	10%	0,67	2	16,67	50%	16,67	420	437,33	6	700	117	51022,22	51022,22	106%	106%	2	-1

Figura 62-Cálculo da taxa de ocupação AGV

Os circuitos escolhidos para o estudo foram os circuitos dos AGV's dedicados, sendo eles os AGV's do cárter de embraiagem, do cárter de mecanismo, do *Picking*, o AGV do abastecimento dos eixos e da caixa diferencial.

Dos resultados obtidos, é possível destacar a falta um AGV para o abastecimento dos diferenciais, problema que havia sido anteriormente detetado uma vez que várias vezes os operadores faziam o abastecimento de forma manual, de um *stock* existente junto à linha.

Para a interpretação dos resultados é necessário ter em conta, que ao utilizar a cronometragem como método de medição, vamos obter resultados que não tem em conta qualquer anomalia ou ineficiência durante do percurso do AGV. Além disso, é necessário ter em conta que o percurso não é apenas utilizado por AGV's da linha de montagem, sendo necessário ter em conta paragens que podem ocorrer devido à coabitação de *charlattes* ou outros AGV's.

As anomalias do percurso podem levar a interrupções de um sistema que se encontre em funcionamento no estado ideal. Um exemplo disso, é o abastecimento pelos operadores da logística dos POE's da caixa diferencial, que interrompem a passagem dos AGV's do *Picking* causando atrasos e, conseqüentemente, falta de peças na linha de montagem. De forma a obter resultados, que descrevem de uma melhor forma o que acontece na realidade, foi retirada uma amostra de dois dias do *Vsystem*, programa interno que faz a gestão de AGV's. Desta forma, foi possível perceber a média de tempo necessário para estes dessem as voltas completas. A escolha do período de análise, teve em conta que, nesses dois dias, o abastecimento feito à linha e a produção atingida esteve próximo da situação ideal.

Trajeto	Nº de Agv's real (un)	Tempo Medio (cmin)	Lote (un)	Produção Turno (un)	Voltas p/ turno	Tempo Total (cmin)	Tempo Total/AGV's	Taxa de Ocupação	Taxa Teórica	Nº AGV's Teóricos	Delta Agv's
Kitting (1,5 pessoas)	4	1690,00	6	700	117	197166,67	49291,67	103%	411%	5	-1

Figura 63- Cálculo AGV's Picking pelo Vsystem

Apesar dos cálculos teóricos inicialmente feitos, não revelarem a necessidade de um outro AGV para ao abastecimento da linha de montagem, através da contabilização do tempo total registado no *Vsystem* foi possível perceber que, na realidade, é necessário um outro AGV para que o sistema seja capaz de satisfazer as necessidades do cliente.



## 6. Resultados

Como forma de avaliar o impacto que as ações de melhoria implementadas tiveram no processo produtivo e a sua contribuição para o alcance dos resultados produtivos, é necessário proceder à análise dos resultados obtidos. Assim sendo, neste capítulo serão analisados cada um dos indicadores inicialmente apresentados, tendo em conta a sua evolução desde o início de fevereiro de 2021 até ao fim do projeto de estágio.

### 6.1 Redução do número de avarias

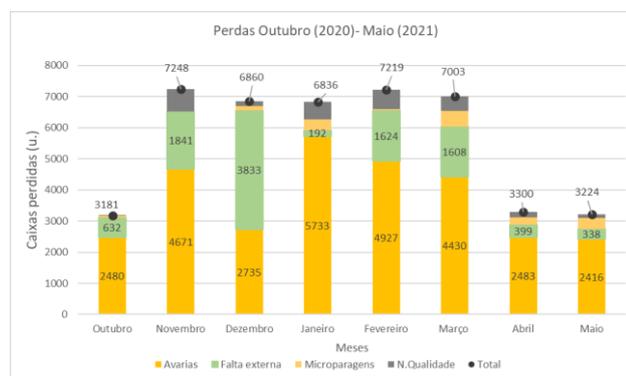


Figura 64- Evolução das Perdas (outubro 2020 - maio 2021)

É importante referir que o mês de outubro apesar de ter sido tido em conta para o balanço global das perdas, este não representa na totalidade a realidade, uma vez que foi o mês em que ainda estavam a ser produzidas as duas famílias de caixas de velocidade na linha 3, podendo ter este facto, influência nos resultados obtidos.

A perda por avaria foi a que teve uma maior atenção, tendo sido realizado um seguimento diário, com o propósito de através das ações implementadas, se conseguir uma redução significativa. Através dos resultados representados no gráfico da Figura 64, é possível observar que ocorreu ao longo dos meses uma redução sequencial das perdas por avarias como resultado da estabilização e fiabilização do processo produtivo.

Da mesma forma, todas as outras perdas representadas sofreram, sem exceção, uma redução, contribuindo para a redução do NRO e consequentemente, aumento dos valores de rendimento operacional.

No topo de cada barra encontra-se representado o total de perdas ao longo dos meses, através da sua análise é possível afirmar que com o passar do tempo, o número de caixas perdidas diminuiu, passando nos dois últimos meses para uma redução de aproximadamente 50%.

## 6.2 Melhoria da Disponibilidade dos Equipamentos

Como mencionado anteriormente, a disponibilidade dos equipamentos está diretamente relacionada com a sua fiabilidade, pelo que é um aspeto crucial para que se possa atingir os objetivos produtivos estabelecidos. As melhorias implementadas aliadas às práticas de limpeza, por parte dos operadores sempre que não existe material no posto ou paragens da linha, permitiram a obtenção de novos e melhores resultados em termos de disponibilidade dos equipamentos.

Na Figura 65 encontra-se representado o gráfico DP/ Tempo de ciclo, que nos dá informações sobre a atual fiabilidade dos equipamentos da linha de montagem. Para a obtenção dos dados presentes no gráfico, foi utilizado o software SAM relativamente ao último mês, após terem sido efetuadas várias melhorias.

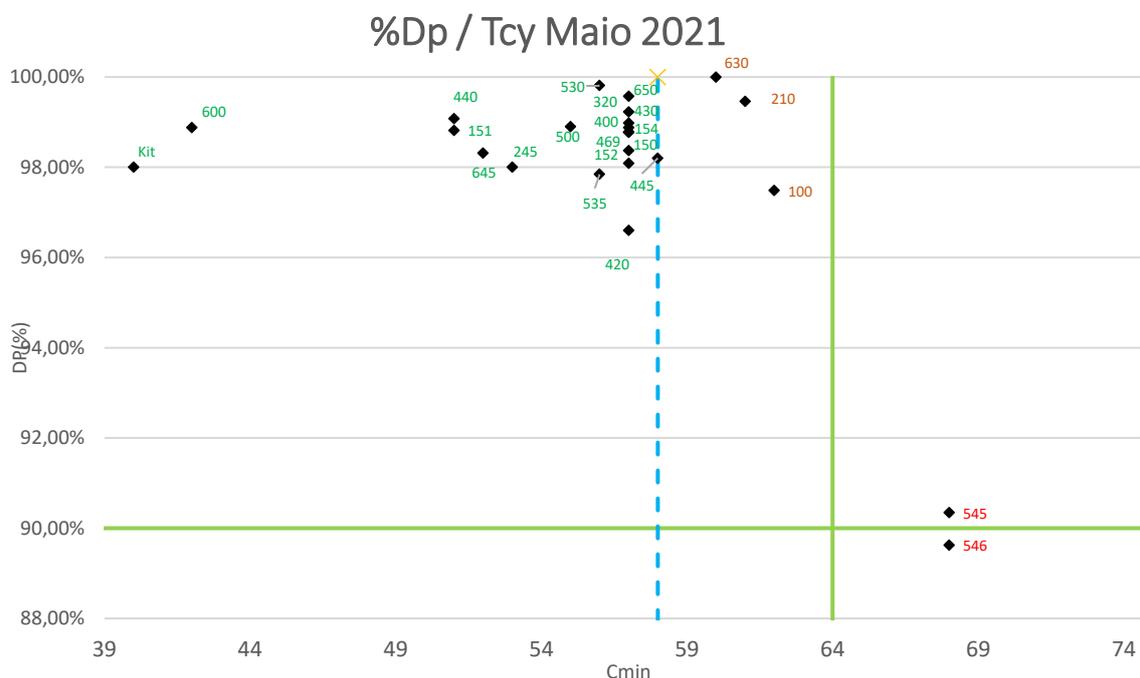


Figura 65- Disponibilidade Própria vs Tempo de ciclo

Assim, no gráfico encontram-se representados todos os postos da linha de montagem, estando assinalado a vermelho, os postos que se encontram fora os limites aceitáveis de disponibilidade

própria ou tempo de ciclo, a amarelo os que se encontram entre o 58 Cmin e os 64Cmin e a verde os restantes.

Por observação direta, é possível perceber que dos 18 postos que inicialmente se encontravam fora dos limites aceitáveis de fiabilidade, apenas 2 se encontram ainda fora do tempo de ciclo e a apresentar problemas relacionados com a fiabilidade dos equipamentos. Assim, as exceções correspondem ao posto tampão da linha de montagem, os bancos de ensaio, que se encontram assinalados a vermelho por apresentarem um tempo de ciclo de 67 Cmin e uma disponibilidade própria a rondar os 90%. Apesar do posto já ter tido resultados mais favoráveis, em termos de disponibilidade, os recentes resultados de disponibilidade abaixo dos 95% devem-se à ocorrência de relances de ensaio, que obriga o operador a reiniciar o ciclo várias vezes durante um turno, tendo como consequência a diminuição da disponibilidade do posto.

Relativamente aos postos assinalados a amarelo, apesar de já permitirem cumprir a capacidade desejada, estes fazem parte de um grupo de postos cujo objetivo é a redução, se possível, do tempo de ciclo até ao 58 Cmin de modo que qualquer paragem mais longa que estes sofram, não tenha impacto no alcance do objetivo produtivo.

Por fim, como foi possível constatar comparativamente à situação inicial apresentada, a maioria dos postos da linha de montagem apresentam uma grande evolução em termos, quer de tempo de ciclo quer de disponibilidade própria. Sendo este resultado de um trabalho desenvolvido de seguimento, análise e implementação de ações nos diferentes postos.

### **6.3 Melhoria dos tempos de ciclo**

Com a análise dos tempos de ciclo, o objetivo foi identificar os postos que não permitiam o alcance da capacidade produtiva desejada, de modo que se pudesse ser possível atuar sobre estes, contribuindo para redução do seu tempo de ciclo. A maioria dos postos apresentavam valores igual ou superiores ao *takt time*, pelo que qualquer paragem na linha de montagem, mesmo de curta duração, resultava em uma perda de produção.

Tendo em vista o alcance da capacidade produtiva de 710 caixas JT4 por turno, era necessário garantir a colocação de todos os tempos de ciclo abaixo do limite de 64 Cmin. Assim, após melhorias nos postos estudados foi conseguido atingir a capacidade 680 caixas de velocidades. Apesar da maioria dos postos se encontrarem a abaixo dos 64 Cmin, a produção atual é limitada

pelos bancos de ensaio que devido à sua complexidade ainda não foi conseguido atingir o tempo de ciclo para a produção desejada.

Na Figura 66, estão apresentados os gráficos que se referem à nova capacidade produtiva com os tempos dos respetivos postos de trabalho que foram alvo de melhorias.

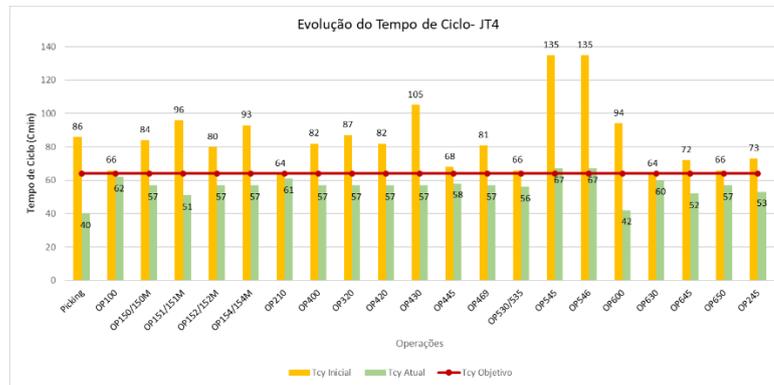


Figura 66-Evolução do tempo de ciclo

Como é possível constatar, foram vários os postos que quer por melhorias aplicadas, quer por treino e destreza dos operadores sofreram uma redução do tempo de ciclo. A redução dos tempos de ciclo para valores muito abaixo dos 64Cmin permitiram criar “pulmão” à linha, pelo que curtas paragens que possam ocorrer nesses postos de trabalho, não terão qualquer tipo de impacto na capacidade produtiva.

## 6.4 Melhoria do DPU

As melhorias implementadas ao longo do estudo, permitiram obter um processo mais fiável e com menor variabilidade. Como resultado, os impactos das melhorias também se traduziram no indicador da qualidade, permitindo ao processo gerar cada vez menos caixas não conformes.

Como referido na situação inicial, o principal objetivo da qualidade estava relacionado com o alcance de valores inferiores a 10 mil ppm’s mensais, pelo que os valores obtidos no último mês permitiam a concretização desse objetivo, como se pode observar na Figura 67.

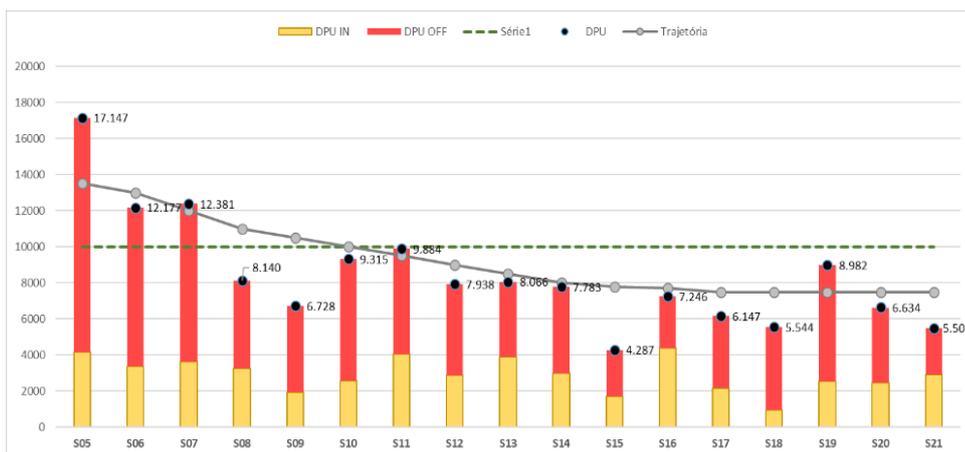


Figura 67- Evolução do DPU ( fev 2021- maio 2021)

## 6.5 Resultados produtivos

De modo a apresentar um seguimento da evolução dos resultados obtidos e avaliar o impacto das melhorias implementadas, ao longo de todo o projeto de estágio, serão apresentados os resultados produtivos desde o início de fevereiro de 2021 até ao término do estágio curricular. Os resultados foram gerados a partir da média das produções diárias obtidas pelas equipas, tendo em conta o objetivo semanal estabelecido.

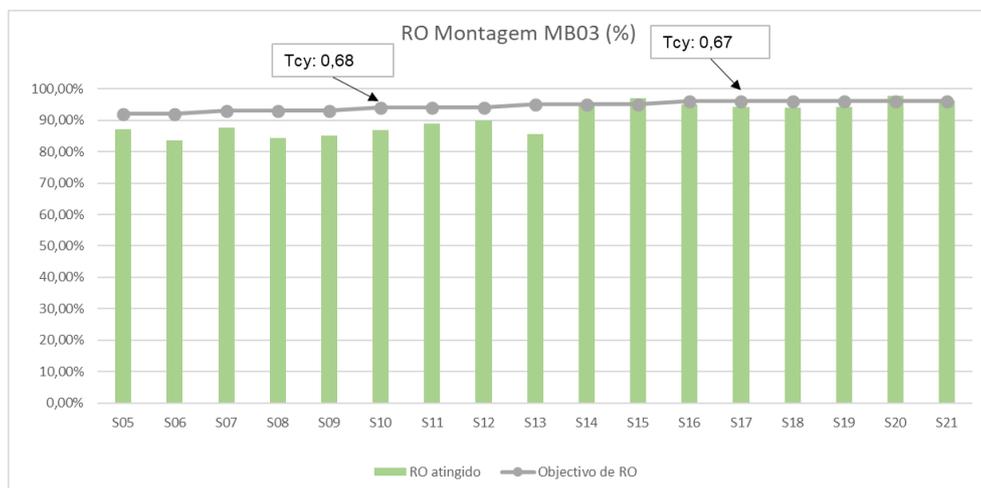


Figura 68- Evolução RO Montagem MB03 (fev 2021- maio 2021)

Na figura 68, pode ser vista a evolução do volume de produção de caixas de velocidade JT4, na janela de tempo definida, nesta encontram-se representados 3 elementos, a produção atingida a cada semana, o objetivo estabelecido e o tempo de ciclo do posto tampão em vigor. Como é possível

constatar neste gráfico, foram raras as semanas em que o objetivo de produção não foi atingindo. Os resultados de RO, apresentados no gráfico da Figura 68, vem confirmar os resultados de NRO obtidos anteriormente. Assim sendo, era de esperar que a redução das perdas durante o processo produtivo, levassem a resultados de RO muito próximos do objetivo estabelecido.

Para além disso, no gráfico da Figura 69, é possível perceber que os meses seguintes apresentam um crescimento em relação aos meses de outubro a janeiro. Sendo que, se pode dizer que os meses em que o RO não foi atingido esteve, em média, com um desvio de 2% face ao objetivo contratado.

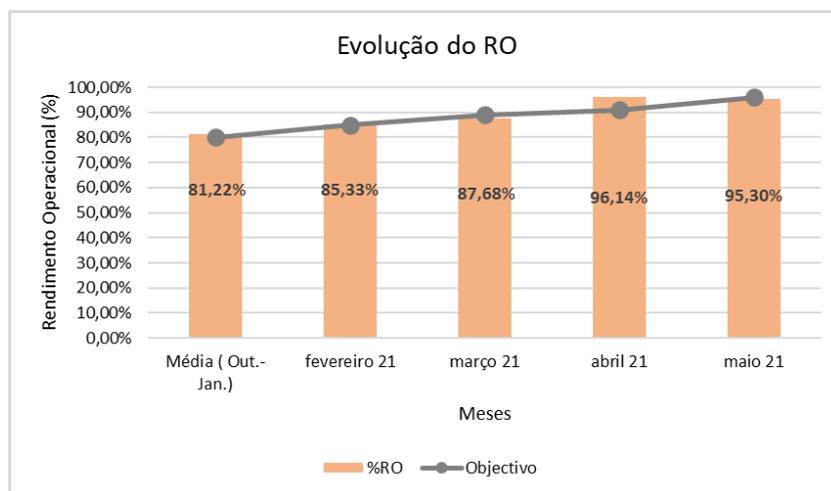


Figura 69- Evolução do RO (out 2020- maio 2021)

Desta forma, as evoluções positivas dos resultados operacionais traduzem o impacto das melhorias ocorridas na linha de contagem. Sendo que, ao compararmos os resultados obtidos nos primeiros quatro meses de estágio face aos últimos quatro meses ocorreu, em média, um aumento de 10% no indicador de rendimento operacional.

Através da Figura 70, é possível confirmar a tendência crescente dos valores de Rendimento operacional e volumes de produção, além disso encontra-se representado a evolução do tempo de ciclo do posto tampão. Podemos assim afirmar que o conjunto de todas as melhorias tiveram um grande impacto a nível macro, permitindo o aumento das cadências produtivas, neste sector, como as restantes unidades de fabricação, gerando uma maior receita para a organização.

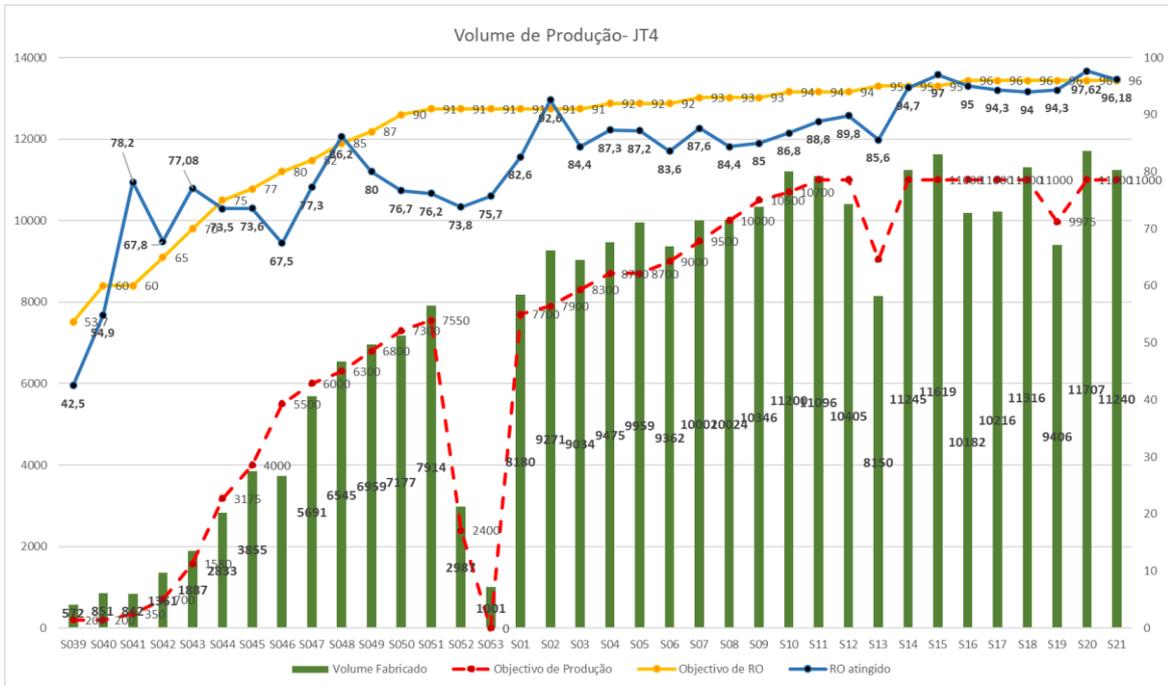


Figura 70- Evolução do volume de Produção JT4



## 7. Considerações Finais

A Renault Cacia procura dia após dia, apostar na inovação e na melhoria contínua dos seus produtos e processos de modo a destacar-se entre as melhores fábricas do Grupo Renault. Para tal é notório o esforço, comprometimento e dedicação dos colaboradores da empresa para assegurar os níveis de qualidade e o alcance de melhores resultados produtivos.

O projeto de estágio surgiu da necessidade de manter os bons resultados com a produção de uma nova caixa de velocidades, a JT4. Assim, projeto focou-se sobretudo na melhoria da produtividade através do acompanhamento de tempos de ciclo e análise de perdas, de modo a reduzir as atividades sem valor acrescentado e consequentemente contribuir para aumento do rendimento operacional.

A medição e análise dos tempos de ciclo foi extremamente relevante, uma vez que permitiu perceber quais postos de trabalho não cumpriam os requisitos para o alcance da cadência pretendida. Após a identificação dos postos penalizantes e das causas de não rendimento operacional foi possível, através de várias ações implementadas, o alcance de tempos de ciclo abaixo do *takt time* necessário para satisfazer a procura do cliente.

A implementação de práticas como os 5'S, gestão visual e o *standard work* revelaram-se poderosas ferramentas permitindo otimizar o espaço de trabalho, obter melhores condições de trabalho e reduzir o tempo de tarefas de não valor acrescentado na montagem das caixas de velocidade. A reorganização dos armários das peças de desgaste foi bem recebida e veio facilitar o trabalho dos seus utilizadores. Assim, implementação de ferramentas *Lean*, provaram que não é necessário elevados investimentos na implementação de medidas, podendo as soluções mais económicas permitir, igualmente, a obtenção de bons resultados.

Através da aplicação das melhorias foi conseguido o aumento do rendimento operacional para o 95%, a redução do tempo de ciclo de todos os postos, para o objetivo inicialmente estabelecido à exceção dos bancos de ensaio, que permaneceram com 67 Cmin, sendo o tampão da linha de montagem para as 710 caixas. Para além disso, ocorreu um aumento dos níveis de disponibilidade dos equipamentos e o alcance de valores de DPU abaixo o limite estabelecido.

Após a conclusão deste desafio, percebeu-se que um fator crucial, durante a integração da melhoria contínua em qualquer processo produtivo, é primeiramente alinhar os colaboradores com

os objetivos da gestão, de modo que eles próprios, sejam os primeiros a identificar as dificuldades e a propor soluções de modo a contornar os problemas. Só desta forma, se consegue alcançar um ambiente favorável e contar com a total participação e empenho destes, nos objetivos propostos.

Neste sentido, durante o projeto foi possível a concretização da maioria dos objetivos inicialmente propostos, sendo que o diagnóstico detalhado se revelou uma mais-valia uma vez que a obtenção de dados concretos permitiu uma melhor orientação na tomada de decisão.

Com a volatilidade dos globais, com as crescentes exigências de inovação tecnológica e a competitividade dos mercados, é fundamental que as organizações antecipem e adaptem as suas estratégias de modo a possuírem uma maior capacidade de resposta às incertezas do mercado.

## **7.1 Trabalhos Futuros**

Sendo a melhoria contínua, uma prática, que visa o constante aperfeiçoamento dos produtos e dos processos, é fundamental sua integração e manutenção na cultura organizacional. A otimização de um posto ou zona de trabalho resultará inevitavelmente na necessidade de uma otimização futura. Deste modo, sugere-se a continuação do seguimento das causas NRO assim como dos tempos de ciclo uma vez que sendo processo de melhoria interminável, novos tempos de ciclo poderão ser alcançados, no futuro, assim como melhores resultados em termos de rendimento operacional. Adicionalmente, tendo em conta o desafio lançado de conseguir reduzir o tempo de ciclo até aos 58 Cmin de modo que fosse possível reduzir as perdas face ao pedido do cliente, será fundamental a continuação do acompanhamento e análise dos postos de modo identificar novos problemas e oportunidades de melhoria. Da mesma forma, os bancos de ensaio deverão ser alvo de análise mais detalhada dada sua complexidade e tendo em conta que neste momento a redução do tempo de ciclo é prioritário, para satisfazer as necessidades do cliente.

Existem também, algumas outras sugestões de trabalho futuro, que caso fossem exploradas, poderiam contribuir para melhorias do processo. Assim sendo, seria interessante a continuação do trabalho de simulação da linha de montagem previamente iniciado, não tendo sido concluído devido a limitações de tempo.

Com o arranque da linha 2, para a fabricação da nova caixa de velocidades JT4 poderá surgir a necessidade de otimizar os percursos dos AGV's existentes assim como estimar a quantidade necessária para a cadência pretendida. A simulação é uma ferramenta poderosa uma vez que para além de dar uma visão geral de todo o processo, também permite executar vários cenários através

da alteração dos recursos e modos de funcionamento do sistema. A ferramenta permite ter em conta as avarias e outros fatores que podem afetar o sistema, resultando assim a obtenção de resultados que se aproximam à realidade.



## 8. Referências Bibliográficas

- Abdulmouti, H. (2018). Benefits of Kaizen to Business Excellence: Evidence from a Case Study. *Industrial Engineering & Management*, 07(02). <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000251>
- Acharya, A., Garg, D., Singh, N., & Gahlaut, U. (2019). Plant effectiveness improvement of overall equipment effectiveness using autonomous maintenance training:- A case study. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 9(1), 103–112. <https://doi.org/https://doi.org/10.24247/ijmperdfeb201911>
- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2018). *Total productive maintenance. Total Quality management and Bussiness Excellence*. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1438843>
- Bauer, H., Brandl, F., Lock, C., & Reinhart, G. (2018). Integration of Industrie 4.0 in Lean Manufacturing Learning Factories. *Procedia Manufacturing*, 23(2017), 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.008>
- Bhojar, A. S., Raut, L. P., & Mane, S. (2017). Total Productive Maintenance : The Evolution in Maintenance and Efficiency Total Productive Maintenance : The Evolution in Maintenance and Efficiency. *International Journal of Engineering Research and Application*, 7(11), 26–32. <https://doi.org/10.9790/9622-0711012632>
- Bititci, U., Cocca, P., & Ates, A. (2015). Impact of visual performance management systems on the performance management practices of organisations. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1571–1593. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1005770>
- Brady, D. A., Tzortzopoulos, P., Rooke, J., Formoso, C. T., & Tezel, A. (2018). Improving transparency in construction management: a visual planning and control model. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1277–1297. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2017-0122>
- Bragança, S., & Costa, E. (2015). An application of the lean production tool standard work. *Jurnal Teknologi*, 76(1), 47–53. <https://doi.org/10.11113/jt.v76.3659>
- Brunet, A. P., & New, S. (2003). Kaizen in Japan: An empirical study. *International Journal of Operations and Production Management*, 23(11–12), 1426–1446. <https://doi.org/10.1108/01443570310506704>
- Candra, N. E., Susilawati, A., Herisiswanto, & Setiady, W. (2017). Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) to Improve Sheeter Machine Performance. *MATEC Web of Conferences*, 135, 1–11. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713500028>
- Chikwendu, O. C., & Chima, A. S. (2018). Overall Equipment Effectiveness and the Six Big Losses in Total Productive Maintenance. *Journal of Scientific and Engineering Research*, April, 156–164.
- Diário de Aveiro. (2018). *Aveiro: Renault investe quase 50 milhões de euros em Cacia*. <https://www.diarioaveiro.pt/noticia/32000>
- Erboz, G. (2017). How to Define Industry 40: The Main Pillars of Industry 4.0. *Managerial Trends in the Development of Enterprises in Globalization Era*, November 2017, 761–767. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>
- Erro-Garcés, A., & Alfaro-Tanco, J. A. (2020). Action Research as a Meta-Methodology in the Management Field. *International Journal of Qualitative Methods*, 19, 1–11.

<https://doi.org/10.1177/1609406920917489>

- Fritze Christopher. (2016). The Toyota Production System- The Key Elements and the Role of Kaizen within the System. *Operational Auditing, January*, 333–337. <https://doi.org/10.1201/9781003096931-14-14>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Technische Universität Dortmund*, 1(1), 4–16. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29269.22248>
- Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & McGovern, M. (2020). Competencies for Industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 14(4), 1511–1524. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00716-2>
- Janjić, V., Todorović, M., & Jovanović, D. (2020). Key Success Factors and Benefits of Kaizen Implementation. *EMJ - Engineering Management Journal*, 32(2), 98–106. <https://doi.org/10.1080/10429247.2019.1664274>
- Johansson, A., & Nafisi, M. (2020). Process mapping in industry - the self-centred phenomenon and how it effects continuous improvements. *Procedia CIRP*, 93, 718–723. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.03.046>
- Kurpjuweit, S., Reinerth, D., Schmidt, C. G., & Wagner, S. M. (2019). Implementing visual management for continuous improvement: barriers, success factors and best practices. *International Journal of Production Research*, 57(17), 5574–5588. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1553315>
- Leandro Elizondo, R., Grabot, B., & Houe Ngouna, R. (2016). Beyond Productivity and Continuous Improvement: Fundamentals required for Lean Complex transformation Unpublished. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 467–472. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.655>
- Mello, C. H. P., Turrioni, J. B., Xavier, A. F., & Campos, D. F. (2012). Action research in production engineering: A structure proposal for its conduction. *Producao*, 22(1), 1–13. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000056>
- Míkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standardization-one of the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering*, 149(June), 329–332. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.674>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System-Beyond Large-Scale Production*.
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. *Procedia CIRP*, 60, 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.057>
- Pinto, J. P. (2010). *Gestão de Operações na industria e nos serviços*.
- Raid A., A.-A. (2011). Applying 5S Lean Technology: An Infrastructure for Continuous Process Improvement. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 5(12), 2645–2650. <http://waset.org/publications/930>
- Renault Cacia. (2021). *Documentação Interna*.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. In *The Boston Consulting Group*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>

- Sati, S. A., & Adam, A. I. (2019). Evaluating the Effectiveness of 5S Implementation in the Industrial Sector. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 4(10), 804–808.
- Savastano, M., Amendola, C., Bellini, F., & D'Ascenzo, F. (2019). Contextual impacts on industrial processes brought by the digital transformation of manufacturing: A systematic review. *Sustainability (Switzerland)*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/su11030891>
- Shuhidan, M. (2012). *Probing the minds of novice programmers through guided learning*. 293. <https://researchbank.rmit.edu.au/view/rmit:160247>
- Soliman, M. (2017). a Comprehensive Review of Manufacturing Wastes: Toyota Production System Lean Principles. *The Journal of Engineering Research*, 22(2), 1–10. <https://doi.org/10.6084/M9.FIGSHARE.9121283>
- Spasojević-Brkić, V., Tomić, B., Perišić, M., & Brkić, A. (2020). Kaizen implementation context and performance. *Journal of Engineering Management and Competitiveness*, 10(1), 31–37. <https://doi.org/10.5937/jemc2001031s>
- Srivastava, K. R., Gupta, R. K., & Khare, M. (2019). 5S Methodology Implementation in the Laboratories of University. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6), 5079–5083. <https://doi.org/10.35940/ijeat.F9555.088619>
- Stevenson, W. J. (2005). *Operations Management (8th Edition)* (McGraw-Hill (ed.)).
- Suárez-Barraza, M. F., Ramis-Pujol, J., & Kerbache, L. (2011). Thoughts on kaizen and its evolution: Three different perspectives and guiding principles. *International Journal of Lean Six Sigma*, 23(4), 1426–1446. <https://doi.org/10.1108/20401461111189407>
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de operações Lean-Metodologias Kaizen para a melhoria contínua*.
- Thangarajoo, Y., & Smith, A. (2015). Lean Thinking: An Overview. *Industrial Engineering and Management*, 04(02), 1–6. <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000159>
- Tortorella, G. L., & Fettermann, D. (2018). Implementation of industry 4.0 and lean production in brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2975–2987. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>
- Tortorella, G. L., Narayanamurthy, G., & Thurer, M. (2021). Identifying pathways to a high-performing lean automation implementation: An empirical study in the manufacturing industry. *International Journal of Production Economics*, 231(September 2020), 107918. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107918>
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.127>
- Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S. (2017). *Industry 4.0 impacts on lean production systems*. 63, 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>
- Womack, J P, & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Womack, James P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. Rawson Associates. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0024-6301\(92\)90400-V](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0024-6301(92)90400-V)







## Anexo C- Folha de Estado de Referência

ESTADO DE REFERÊNCIA 55											
Padrão: <b>ATS - CC 3591 - MB03</b> Ponto de Trabalho/Processo		Data de modificação:		11	1	2	3	4	5	6	7
VERIFICAR:	Chave de torque	1									
	Chave de LUT	2									
		3									
		4									
		5									
Função suporte	Temp: 00 11eq										
	Temp: 00 21eq										
	Temp: 00 31eq										
Ambiente de trabalho standard (foto ou desenho): CP500											
Critérios de avaliação do ambiente de trabalho standard: As ferramentas de apoio devem estar no local apropriado (maneador, barra de apoio). A Peça do postizo (PY do contactor) deve estar no local apropriado. O tapete antidafniga deve estar em bom estado. O registo de pokayokes deve estar no local apropriado.											
Actividades regulares a realizar para manter o ambiente de trabalho ao nível do standard <b>E COBRIGER NO CASO QUE SEJA NECESSÁRIO:</b> Ao início e fim do turno: Comprovar o abastecimento das diferentes diversidades de peças de CONTACTORES estão de acordo ao max ou min requerido. Comprovar o abastecimento dos VEDANTES DO DIFERENCIAL estão de acordo ao max ou min requerido. Comprovar o abastecimento das ALAVANCA DE PASSAGEM estão de acordo ao max ou min requerido. Comprovar o abastecimento das OBTUADOR DO ÓLEO estão de acordo ao max ou min requerido. Verificar o teste dos Pokayokes e a assinatura respetiva na folha de registo. Comprovar a não presença de peças caídas no chão. Comprovar a separação dos resíduos dentro do Ecopontos. Verificar o estado do caixote de sucata e informar ao conductor de linha se é necessário esvaziá-lo.											