



CARLOS DANIEL DOS SANTOS SIMÕES **AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE CAIXAS DE VELOCIDADES NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL**



CARLOS DANIEL DOS SANTOS SIMÕES **AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE CAIXAS DE VELOCIDADES NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira, Professor Associado com Agregação do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais e a todos os que fazem parte da minha vida.

o júri

presidente

Prof. Doutora Leonor da Conceição Teixeira
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Rui Manuel Alves Silva Sousa
professor auxiliar da Universidade do Minho

Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira
professor associado com agregação da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Carlos Ferreira e Sónia Santos, por tudo o que fizeram durante toda a minha vida, tornando a conclusão dos meus estudos não só possível, como vitoriosa.

Agradeço à Mariana Tavares pelo incansável apoio e motivação dados durante todo o percurso inerente à escrita deste documento.

Agradeço ao Tiago Capela e Ana Caçoilo pela ajuda fornecida e disponibilidade demonstrada.

Agradeço a todos os meus colegas de trabalho do AT5, Veríssimo Trindade, Óscar Lopes, Antero Ramires, José Galan, João Sequeiros, Pedro Mendes, José Bandeira, Sérgio Oliveira, André Machado, Óscar Leite, Jorge Silva, Nuno Fresco, Nuno Leal, Hugo Alvarinhas, Marco Rosa, Marisa Silva, Paulo Costa, Pedro Queiroz, Adérito Brito, António Pinho, António Gomes, Cristiano Reis, Luís Lopes e Pedro Marques, pelo companheirismo demonstrado, valioso apoio fornecido e conhecimentos partilhados.

Agradeço a todos os operadores fabris do AT5, com especial destaque ao Maurício Grilo, João Brito, Sara Neves, Sara Teixeira, Rui Santos, Mafalda Pereira, João Salvador, Daniel Alves e Sérgio Costa, pela integração, amizade e acolhimento.

Agradeço ao professor Carlos Ferreira, pela orientação e contribuição no desenvolvimento deste projeto.

Agradeço à empresa onde foi desenvolvido este projeto, a Renault Cacia, pela oportunidade de integração fornecida, bem como a disponibilização de todas as condições necessárias para uma execução digna do mesmo.

palavras-chave

produtividade, *lean*, manutenção, linha de montagem, indústria automóvel

resumo

O presente estudo baseia-se na otimização de uma linha de montagem de caixas de velocidades na indústria automóvel. Uma vez que a indústria automóvel vive um ambiente de constante competição, a qualidade e eficiência dos processos são dois dos principais requisitos competitivos. Devido a alterações previstas na produção das linhas de montagem na empresa descrita neste documento, torna-se de máxima urgência não só o aumento do rendimento operacional de uma destas linhas, bem como o aumento da sua cadência máxima produtiva, de modo a garantir o cumprimento dos requisitos dos clientes e o crescimento da organização.

Os principais objetivos do projeto são a reprogramação e parametrização de um *software* de supervisão de linhas produtivas, aumento de fiabilidade de equipamentos, redução de tempos de ciclo e aumento de cadências produtivas, todos estes objetivos tendo em vista o aumento da produtividade da linha de montagem. Para o cumprimento destes objetivos, partindo de uma revisão bibliográfica, utilizam-se conceitos de *Lean Manufacturing*, tais como a melhoria contínua e o *Kaizen*, bem como conceitos de manutenção industrial, nomeadamente a manutenção preventiva.

Os resultados do projeto são positivos, existindo um aumento teórico de aproximadamente 6% do lucro mensal proveniente da venda de caixas de velocidades na organização, o que, devido ao enorme volume de vendas da empresa, bem como o significativo valor monetário das mesmas, representa um aumento do lucro teórico mensal de aproximadamente 1,3 milhões de euros.

keywords

productivity, lean, maintenance, assembly line, automotive industry

abstract

The present study is based on the optimization of a gearbox assembly line in the automotive industry. Since the automotive industry lives in an environment of constant competition, the quality and efficiency of the processes are two of the main competitive requirements. Due to anticipated changes in production of the assembly lines in the company described in this document, it is of the utmost urgency not only to increase the operating efficiency of one of these lines, but also to increase its maximum production rate, to ensure compliance customer requirements and the growth of the organization.

The main objectives of the project are the reprogramming and parameterization of software to supervise productive lines, increase reliability of equipment, reduction of cycle times and increase of production cadences, all of these objectives with a view of increasing the productivity of the assembly line. To fulfill these objectives, based on a literary review, Lean Manufacturing concepts are used, such as continuous improvement and Kaizen, as well as concepts of industrial maintenance, namely preventive maintenance.

The results of the project are positive, with an increase of approximately 6% of the theoretical monthly profit from the sale of gearboxes in the organization, which, due to the company's enormous sales volume, as well as the significant monetary value of them, represents an increase in the theoretical monthly profit of approximately 1.3 million euros.

Índice

Índice.....	i
Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas.....	v
Índice de Anexos	v
Índice de Equações.....	v
Abreviaturas	vi
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do Estudo.....	1
1.2. Metodologia	1
1.3. Estrutura do Relatório	1
2. Revisão da Literatura.....	3
2.1. Melhoria Contínua.....	3
2.2. Manutenção Industrial	11
3. Caso Prático.....	17
3.1. Apresentação da Empresa.....	17
3.1.1. Renault Cacia.....	17
3.1.2. Processo Produtivo.....	19
3.1.3. Organização Interna	19
3.1.4. Atelier 5.....	20
3.2. Objetivos do Projeto.....	21
3.2.1. Perspetivas Futuras de Produção	21
3.2.2. Objetivos	23
3.2.2.1. DSTR	24
3.3. Identificação de Problemas	25
3.3.1. Software SAM.....	26
3.3.2. Fiabilidade de Equipamentos	29
3.3.3. Tempos de Ciclo	36
3.3.4. Cárteres de Mecanismo.....	46
3.4. Implementações Práticas	53
3.4.1. Parametrização do SAM	53
3.4.2. Melhoria da Fiabilidade de Equipamentos	55
3.4.3. Reduções a Tempos de Ciclo	60
3.4.4. Otimização dos Cárteres de Mecanismo	64
3.4.4.1. Linha de Montagem	64
3.4.4.2. Polo de Preparações.....	68

3.5.	Resultados	72
4.	Conclusões e Trabalho Futuro	87
4.1.	Conclusões	87
4.2.	Trabalho Futuro.....	87
5.	Referências Bibliográficas.....	89
6.	Anexos	91

Índice de Figuras

Figura 1 - Princípios do pensamento <i>Lean</i> (Brandão, 2015).....	3
Figura 2 - Os sete grandes desperdícios de produção (Brandão, 2015)	5
Figura 3 - Método da Toyota para resolução de problemas (Adaptado de Liker & Meier (2006)).....	9
Figura 4 - Classificação de avarias em função da sua frequência e gravidade (Laquila, 2016)	14
Figura 5 - Vista aérea da Renault Cacia (Renault Cacia, n.d.)	17
Figura 6 - Caixas de velocidades atualmente produzidas na Renault Cacia (Laquila, 2016)	18
Figura 7 - Principais componentes de uma caixa de velocidades (Renault Cacia, 2018a)	18
Figura 8 - Organização interna da Renault Cacia	20
Figura 9 - Organização do departamento de produção.....	20
Figura 10 - Implantação das linhas de montagem MB02 e MB03 do AT5 (Renault Cacia, 2018a)	21
Figura 11 - Modelação 3D da caixa de velocidades JT4 (Renault Cacia, 2018b).....	22
Figura 12 - Redistribuição da produção de caixas de velocidades do AT5.....	23
Figura 13 - Representação global da linha de montagem MB02 no SAM	26
Figura 14 - Esquema das operações penalizantes do SAM.....	27
Figura 15 - Paragens por causas de um posto de trabalho no SAM	28
Figura 16 - Diário dos eventos de um posto de trabalho no SAM	28
Figura 17 - Esquema FPM/TAPM do SAM	29
Figura 18 - Ciclo vicioso da falta de manutenção preventiva	30
Figura 19 - Pictogramas dos PMAs (Laquila, 2016).....	31
Figura 20 - <i>Performance</i> prévia da fiabilidade de equipamentos	32
Figura 21 - Evolução do FPM	34
Figura 22 - Tendência do FPM.....	34
Figura 23 - Evolução do TAPM.....	35
Figura 24 - Tendência do TAPM.....	35
Figura 25 - Folha de registo para postos automatizados.....	38
Figura 26 - Folha de registo para postos manuais	39
Figura 27 - Página de parametrização de valores base	40
Figura 28 - Representação gráfica dos tempos de ciclo da produção de JR	41
Figura 29 - Representação esquemática dos tempos de ciclo da produção de JR	41
Figura 30 - Representação gráfica dos tempos de ciclo da produção de ND	44
Figura 31 - Representação esquemática dos tempos de ciclo da produção de ND.....	44
Figura 32 - Análise dos "5 Porquês".....	46
Figura 33 - Representação geral da operacionalidade dos postos de trabalho.....	47
Figura 34 - Causas de paragem da OP535	48
Figura 35 - Representação decrescente da taxa de faltas externas	48
Figura 36 - Causas de paragem da OP430	49
Figura 37 - Zona da linha de montagem MB02 referente aos cárteres de mecanismo.....	49
Figura 38 - Temporizações para o sincronismo das OP420 e OP425.....	50
Figura 39 - Filas de espera (WIP) na MB02.....	51
Figura 40 - Causas de paragem da OP420	51
Figura 41 - Causas de paragem da OP425	52
Figura 42 - Definição da calendarização	54
Figura 43 - Definição de cadências de produção.....	54
Figura 44 - Definição de codificações automáticas	55
Figura 45 - Pontos de limpeza na versão prévia	56
Figura 46 - Pontos de limpeza na versão posterior	57
Figura 47 - Representação fotográfica prévia.....	57
Figura 48 - Representação fotográfica posterior.....	58
Figura 49 - Representação esquemática prévia.....	58

Figura 50 - Representação esquemática posterior.....	59
Figura 51 - Alteração ao tempo de ciclo da OP210	60
Figura 52 - Alteração ao tempo de ciclo da OP470	61
Figura 53 - Alteração aos tempos de ciclo das OP530 e OP535	62
Figura 54 - Repartição da indisponibilidade da OP546.....	63
Figura 55 - Repartição da indisponibilidade da OP545.....	63
Figura 56 - Alteração ao tempo de ciclo da OP440	64
Figura 57 - Zona da linha de montagem MB03 referente aos cárteres de mecanismo.....	65
Figura 58 - Filas de espera (<i>WIP</i>) na MB03.....	66
Figura 59 - Sugestão inicial de otimização.....	66
Figura 60 - Sugestão final de otimização, a custo zero.....	67
Figura 61 - Filas de espera da sugestão final de otimização a custo zero.....	68
Figura 62 - <i>Layout</i> fabril atual do polo de preparações.....	69
Figura 63 - Estrutura de armazenamento de contentores de cárteres	69
Figura 64 - Bases de transporte de cárteres para AGVs	70
Figura 65 - Deslocamento das bases de transporte	70
Figura 66 - Sugestão de novo <i>layout</i> fabril do polo de preparações	71
Figura 67 - Dados pré-parametrização do SAM.....	72
Figura 68 - Dados pós-parametrização do SAM	73
Figura 69 - <i>Performance</i> atual da fiabilidade de equipamentos.....	74
Figura 70 - Evolução do FPM da OP400.....	75
Figura 71 - Alterações a tempos de ciclo na produção de JR	76
Figura 72 - Representação gráfica dos novos tempos de ciclo da produção de JR.....	77
Figura 73 - Representação esquemática dos novos tempos de ciclo da produção de JR.....	77
Figura 74 - Alterações a tempos de ciclo na produção de ND.....	78
Figura 75 - Representação gráfica dos novos tempos de ciclo da produção de ND.....	79
Figura 76 - Representação esquemática dos novos tempos de ciclo da produção de ND	79
Figura 77 - Novas temporizações para o sincronismo das OP420 e OP425.....	80
Figura 78 - Evolução da produção de caixas de velocidades JR.....	82
Figura 79 - Evolução do RO (rendimento operacional) da produção de caixas de velocidades JR	83
Figura 80 - Evolução da produção mútua de caixas de velocidades JR e ND.....	84
Figura 81 - Evolução do RO da produção mútua de caixas de velocidades JR e ND	85

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Exemplo teórico de um cálculo de DSTR (Beck, 2014)	25
Tabela 2 - Dados FPM/TAPM dos equipamentos não conformes	32
Tabela 3 - Reduções FPM/TAPM a efetuar para cumprimento da fiabilidade requerida	33
Tabela 4 - Método de cálculo dos takt times.....	36
Tabela 5 - Tempos de ciclo da produção de JR.....	40
Tabela 6 - Tempos de ciclo da produção de ND	43
Tabela 7 - Variação dos indicadores FPM/TAPM	74

Índice de Anexos

Anexo 1 - Exemplo de uma análise "5 Porquês" (Breda, 2011)	91
Anexo 2 - Exemplo de um PMA utilizado no AT5	92
Anexo 3 - Exemplo de uma folha de registo de um PMA utilizado no AT5.....	93
Anexo 4 - Exemplo de um relatório hora a hora.....	94

Índice de Equações

Equação 1 - Cálculo do DSTR	24
Equação 2 - Cálculo do takt time	36
Equação 3 - Cálculo do tempo de trabalho disponível	36
Equação 4 - Cálculo do tempo de ciclo de postos automatizados.....	38
Equação 5 - Cálculo do desvio	38
Equação 6 - Cálculo do desvio padrão.....	38
Equação 7 - Representação matemática da tendência linear da produção de JR	82
Equação 8 - Representação matemática da tendência linear do RO da produção de JR	83
Equação 9 - Representação matemática da tendência linear da produção mútua de JR e ND	84
Equação 10 - Representação matemática da tendência linear do RO da produção mútua de JR e ND	85

Abreviaturas

AGV	Automatic Guided Vehicle
AT	Atelier
CE/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
DST	<i>Design Standard Time</i>
DSTR	<i>Design Standard Time Ratio</i>
FOS	Folha de Operação Standard
FPM	Falhas Por Mil
HPA	<i>Hours Production Adjusted</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MB	<i>Montage de Boîtes</i>
Nm	Newton Metro
NVA	Não Valor Acrescentado
OP	Operação
PMA	Plano de Manutenção Autónoma
RCM	<i>Reliability Centred Maintenance</i>
RO	Rendimento Operacional
SAM	<i>Système pour d'Amélioration des Moyens</i>
SMART	<i>Specific Measurable Agreed Realistic Timed</i>
SPR	<i>Système de Production</i> Renault
TAPM	Tempos de Avaria Por Mil
Tc	Tempo de Ciclo
Tcy	<i>Takt Time</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
UET	Unidade Elementar de Trabalho
VA	Valor Acrescentado
WIP	<i>Work In Progress</i>

1. Introdução

1.1. Enquadramento do Estudo

O presente documento pretende relatar o trabalho executado no âmbito da cadeira de Estágio/Projeto/Dissertação inserida na obtenção do mestrado de Engenharia e Gestão Industrial, na Universidade de Aveiro. Este projeto, baseado num estágio curricular de 8 meses, foi realizado na empresa Renault Cacia S.A., sediada no Lugar da Junqueira, Cacia, distrito de Aveiro.

A indústria automóvel, representante de uma grande parte da economia mundial, lida com desafios associados a um ambiente dinâmico. Mercados com rápidas movimentações e ciclos de vida de produtos em decadência requerem cada vez menores tempos de reação. Preferências alternáveis de consumidores, novas regulações e atividades competitivas iniciam alterações no produto presente no mercado requerem uma preocupação constante com a inovação, tanto da tecnologia de produção bem como o *design* e produtos. (Sivri & Krallmann, 2015) Sendo um dos setores mais exigentes do mercado global, requer um sistemático aumento de produtividade, eficiência e qualidade, de modo a satisfazer as necessidades dos consumidores. (Rosa, Silva, & Pinto, 2017)

A qualidade do produto final, neste caso, um veículo automóvel, é muito importante dada a responsabilidade civil que este produto tem. Dessa forma, a garantia da qualidade e as implicações que a inexistência dela provoca são uma preocupação constante. Para que o veículo seja fiável é necessário garantir a qualidade dos órgãos nele montados. Nesse sentido, as empresas procuram oferecer produtos de qualidade, reduzindo deste modo os custos com as não conformidades e garantindo a segurança e cumprimento dos seus produtos face aos requisitos do cliente. (Tataru, 2013)

Postas estas necessidades, e tendo em vista a constante necessidade de um aumento de produtividade de todos os processos inerentes à organização, surge este projeto.

1.2. Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho passa por efetuar em primeiro lugar uma revisão bibliográfica que permita, ao mesmo tempo, aumentar o leque de conhecimentos na área, bem como sustentar as implementações práticas.

Em seguida, com base no estágio curricular efetuado pelo autor na empresa e suas respetivas experiências, realizou-se um intenso estudo que retrata a situação atual. Com os conhecimentos recém-adquiridos, tanto de manutenção industrial, como de melhoria contínua, utilizam-se as suas metodologias e filosofias para a análise dos problemas encontrados e definição de soluções a serem implementadas para a sua resolução.

Como passo final, conclui-se o estudo, analisando os resultados e retirando as respetivas conclusões.

1.3. Estrutura do Relatório

O presente trabalho encontra-se dividido em 4 capítulos gerais.

O primeiro capítulo, no qual esta secção se encontra, consiste numa abordagem resumida, que justifica a necessidade de realização deste trabalho, tendo em vista a situação atual do respetivo mercado.

O segundo capítulo refere-se a um enquadramento teórico por vista de uma revisão de literatura, por forma a compreender o que é a Melhoria Contínua, bem como a Manutenção Industrial, sua importância no seio de uma organização, métodos, objetivos e resultados expectáveis. Estes conceitos são também fundamentados pelos conhecimentos adquiridos pelo autor durante o seu percurso académico.

O terceiro capítulo começa por abordar a empresa onde foi realizado o trabalho, descrevendo-a no seu geral, identificando a sua estrutura interna e apresentando o local onde o projeto foi executado. De seguida, são definidos os objetivos do trabalho, tendo em conta as metodologias utilizadas e perspectivas futuras da empresa. Após esta definição, identificam-se alguns dos problemas que impedem a empresa de atingir os seus estabelecidos objetivos, relativos tanto à melhoria contínua como à manutenção industrial. Como término do capítulo, referem-se as implementações que foram executadas para resolução dos problemas, e sugerem-se também medidas que, por diversas razões, não foram ainda implementadas no momento de escrita deste relatório, mas futuramente o poderão ser.

O quarto e final capítulo consiste numa reflexão do trabalho realizado, concluindo e analisando os resultados obtidos. São também definidas perspectivas de trabalho futuro, que poderá ser executado como continuação desta presente dissertação.

2. Revisão da Literatura

2.1. Melhoria Contínua

A indústria automóvel nasceu no século XIX, mais especificamente, em 1880. O tipo de produção utilizado na altura era artesanal, o que permitia providenciar aos consumidores exatamente o que eles desejavam. A desvantagem era que o tempo de espera e custos envolvidos eram extremamente elevados. Este tipo de produção rapidamente foi confrontado com problemas difíceis de ultrapassar, criando assim a oportunidade do nascimento da era da produção em massa, que reduziu drasticamente os custos, no entanto, a produção era inflexível. (Rosa et al., 2017)

Para contrariar esta situação, e evoluindo de indústrias japonesas, especialmente a Toyota, surge o conceito de *Lean manufacturing*, conceito desenvolvido para a maximização da utilização de recursos através da minimização do desperdício, sendo mais tarde formulado para uma resposta ao mercado competitivo e flutuante, produzindo exatamente o que o consumidor necessita. Princípios *Lean* definem o valor do produto/serviço conforme percebido pelo cliente para, em seguida, criar o fluxo em linha com o consumidor, tentando atingir a perfeição através da melhoria contínua para eliminar desperdício, mantendo atividades de valor acrescentado, e removendo atividades de não valor acrescentado. (Sundar, Balaji, & Satheeshkumar, 2014) O valor pode ser descrito como a capacidade de fornecer produtos e serviços no tempo certo, na localização correta, para satisfazer as necessidades dos consumidores. Portanto, só pode ser definido por eles, e deve ser o passo inicial do pensamento *Lean*. (James P Womack, Jones, & Roos, 1990)

Womack & Jones (1996) identificaram cinco princípios da filosofia *Lean*:

1. Gerar valor através de produto específico;
2. Identificar o fluxo de valor para cada produto;
3. Possibilitar o fluxo de valor contínuo, sem interrupções;
4. Adotar um sistema “pull”;
5. Procurar a perfeição;

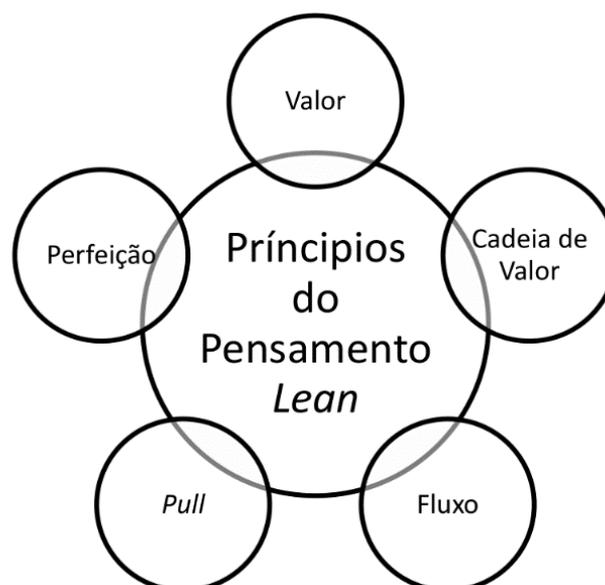


Figura 1 - Princípios do pensamento Lean (Brandão, 2015)

Estes princípios foram ainda colocados numa sequência tal que a sua realização serviria como um *roadmap* para a implementação da filosofia *Lean* nas organizações. (Pinto, 2008)

Rich *et al* (2006), citados por Brandão (2015), fazem uma breve descrição dos cinco princípios deste pensamento:

- **Valor** – Deve-se compreender “o quê” que o cliente quer comprar e fornecer-lhe satisfação pelo serviço prestado. Este princípio destaca o papel vital de dar aos clientes produtos que estes valorizem e que estão preparados para pagar e promover o aumento do valor através da eliminação do desperdício. A um segundo nível, compreender o valor, inclui também a conceção de produtos que aumentem a satisfação dos clientes de forma lucrativa;
- **Cadeia de valor** – Deve-se analisar o “como” o fluxo de valor e as atividades internas efetuadas transformam uma encomenda de um cliente numa encomenda realizada. Depois de se entender o processo, este pode ser otimizado e começar a trabalhar para uma cadeia de valor mais ampla;
- **Fluxo** – O terceiro pilar deste pensamento envolve manter o fluxo dos materiais e da informação para os clientes sem atraso ou interrupção. O armazenamento de materiais em períodos muito longos inflaciona o custo e acumula elevadas quantias de materiais que não são vendidos;
- **Pull** – O sistema de produção *pull* é utilizado quando não é possível finalizar o fluxo de produtos até ao consumidor. Este sistema permite uma produção baseada nas necessidades do consumidor. O processo seguinte, ou cliente, “puxa” o produto ou serviço do processo anterior. (Sundar *et al.*, 2014) Nestas situações deve ser criado e utilizado um *stock* de segurança, *stock* esse que deve ser gerido com elevado cuidado, para permitir o total cumprimento das encomendas dos clientes. Desta forma é possível garantir o serviço ao cliente;
- **Perfeição** – A busca pela perfeição em todos os aspetos de um negócio e nas relações com os consumidores e fornecedores, filosofia assente no desejo cultural japonês de procurar a perfeição em cada atividade, é o último pilar e princípio deste pensamento. Devem ser organizadas equipas compostas por operadores, gestores e pessoas interempresas para resolver problemas e analisar até ao último elemento de desperdício e atividade sem valor acrescentado.

A Toyota, na qual se baseia o *Lean Manufacturing*, identificou 7 grandes tipos de atividades de NVA (Não Valor Acrescentado) nos processos empresariais ou de manufatura, descritos nos pontos seguintes (Liker & Meier, 2006):

- **Sobreprodução** – A produção de peças antes ou em maiores quantidades do que o preciso pelo cliente. A produção antecipada gera outros desperdícios, como a sobrecontratação de recursos humanos, aumento de *stock* e custos de transportação. O inventário pode ser físico, bem como de informação;
- **Espera** – A existência de operadores fabris cuja única função é vigiar máquinas automatizadas, ou necessitarem de esperar pelo próximo passo, peça, parte, etc., ou simplesmente ter de esperar pela falta de *stock*, atrasos de produção, não disponibilidade de equipamentos ou falta de capacidade produtiva dos postos *bottleneck*;
- **Transporte** – O movimento de WIP (*Work In Progress*) num processo, mesmo que seja em curtas distâncias, bem como a necessidade de mover materiais, peças ou partes finalizadas para armazéns ou entre processos. Esta atividade, além de não oferecer valor, pode oferecer potenciais danos ao produto;
- **Processos inadequados** – A necessidade de tomar passos adicionais para o processamento de peças, devido a fraco design de processos ou produtos, resultando em movimentos desnecessários, bem como defeitos de produção. O desperdício é criado quando se fornecem produtos com mais qualidade do que é necessário. Por vezes, “trabalho” extra, e desnecessário, é realizado em ordem a ocupar o tempo que normalmente seria despendido em espera;

- **Stock desnecessário** – Excesso de material bruto, WIP, ou peças finalizadas, aumentando os *lead times*, obsolescência, peças danificadas, custos de transporte e armazenamento, bem como atrasos. O inventário extra serve também como um meio de ocultar problemas como maus balanceamentos de produção, entregas tardias de fornecedores, defeitos, falhas de equipamento e longos tempos de *setup*. Conforme dito por Heizer and Render (2005), citados por (Azian, Rahman, Mohd, & Mohamed, 2013), as empresas nunca atingem estratégias de baixo custo sem boa gestão de inventário;
- **Movimentos** – Qualquer movimento que os operadores fabris necessitam de efetuar durante o seu trabalho, que não adicione valor ao produto, tal como busca ou procura de peças, empilhamento de produtos finalizados ou ferramentas, etc. Deslocações físicas, nomeadamente caminhar, são também um desperdício. Estas atividades, por vezes repetidas até à exaustão, poderão oferecer sérios problemas de ergonomia;
- **Defeitos** – Produção de peças com defeito ou a sua correção. A reparação de peças defeituosas, criação de sucata, produção de substituição e inspeções significam desperdícios de esforços e tempo;

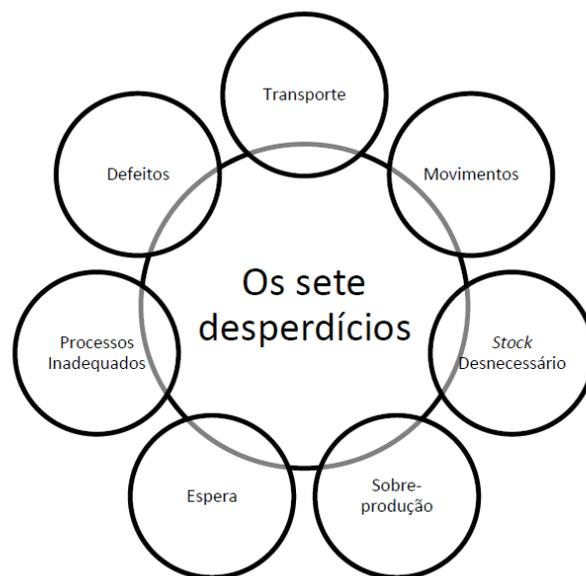


Figura 2 - Os sete grandes desperdícios de produção (Brandão, 2015)

Liker & Meier (2006) sugerem a definição de um outro grande, e oitavo, desperdício, a não utilização da criatividade dos colaboradores fabris:

- **Não utilização da criatividade dos colaboradores** – Perda de tempo, ideias, competências, melhorias e oportunidades de aprendizagem pela não escuta dos colaboradores fabris. “Cada trabalhador é um pensador.” (Lacerda et al., 2016)

O principal e fundamental desperdício é considerado a sobreprodução, por ser a causa da maior parte dos outros grandes desperdícios. A produção antecipada ou maior do que a necessidade do cliente em qualquer processo empresarial necessariamente leva ao aumento do *stock* algures a jusante do mesmo. O material apenas espera para ser processado na próxima operação. Deve ser notado que a principal razão dos sete grandes desperdícios serem tão críticos é devido ao seu impacto no oitavo. Com a existência dos primeiros sete, os membros de uma equipa não são obrigados a pensar. A redução deles expõe problemas e obriga a equipa a utilizar a sua criatividade para a resolução dos mesmos. (Liker & Meier, 2006)

Nas fábricas japonesas é frequente ouvir falar da necessidade de “apertar o cinto” de custo ou “eliminar os 3 *Mu*”. Hirano (2009) define os 3 *Mu* como os três tipos principais de desperdício que

agrupam um objetivo de melhoria das atividades. Cada um destes tipos tem um nome japonês, definidos como se segue:

- **Muda** – Desperdício de capacidade – Quando a capacidade excede a carga;
- **Mura** – Inconsistência – Quando a capacidade às vezes excede a carga e a carga às vezes excede a capacidade;
- **Muri** – Irracionalidade – Quando a carga excede a capacidade.

J. P. Womack & Jones (1997), no entanto, classificam os *Muda* em dois tipos, partindo de uma definição de 3 tipos de atividades existentes num ambiente industrial:

- Atividade que adiciona valor ao produto final, e deve ser mantida;
- Atividade que não adiciona valor ao produto final, mas é inevitável. Deve ser analisada e reduzida sempre que possível (**Muda** de primeiro tipo);
- Atividade que não adiciona valor ao produto final, e é evitável. Deve ser eliminada (**Muda** de segundo tipo).

Desde a sua criação, o *Lean Manufacturing* criou uma reputação mundial baseada nos resultados relativos à melhoria da produção e redução de custos em várias empresas. (Lacerda et al., 2016) De acordo com Pavaskar et al. (2003), utilizando dados citados de CITEC (2000), Connstep (2000) e Zimmer (2000), os seus benefícios são evidentes. As empresas reportam qualidade de produto melhorada, reduções de tempo de ciclo, redução de WIP, melhor cumprimento de prazos, aumento do lucro, custos reduzidos, melhor utilização da mão-de-obra, redução de stocks, melhores retornos de investimentos, maiores níveis de produção, melhor flexibilidade, utilização de espaços otimizada, redução da necessidade em investimentos, melhor utilização de maquinaria e muito maior aproveitamento de competências humanas:

- Redução de defeitos anuais em 20%, com a possibilidade de uma *performance* de zero defeitos;
- Prazos de entrega reduzidos em mais de 75%;
- Prazos cumpridos em mais de 99% dos casos;
- Aumento de 15 a 35% de produtividade por ano;
- Reduções de inventário em mais de 75%;
- Retorno sobre ativos de mais de 100%;
- Melhorias de 10% ou mais em mão de obra direta;
- Melhorias de até 50% em mão de obra indireta;
- Aumento de capacidades de 50% ou mais;
- Redução de 80% do espaço fabril utilizado;
- Melhoria de 50% na qualidade;
- Melhoria de 95% na disponibilidade de equipamentos;
- Redução de tempos de ciclo em 60%.

Apesar das grandes potencialidades e benefícios desta filosofia existem 3 grandes erradas aplicações dela:

- Utilização de ferramentas erradas;
- Utilização de uma única ferramenta para resolução de todos os problemas;
- Utilização de todas as ferramentas para um único problema.

Tal como dito por Liker & Meier (2006), “as ferramentas do *Lean* são utilizadas para resolver necessidades específicas e não deverão ser aplicadas simplesmente porque estão na mala de ferramentas.” Esta má aplicação pode resultar num aumento de desperdícios de recursos, como tempo

e dinheiro. Pode também resultar numa redução da confiança dos colaboradores fabris nesta filosofia. (Pavnaskar et al., 2003) O sucesso das transformações *Lean* está nas mãos dos níveis de empenho dos colaboradores, crenças, comunicação e métodos de trabalho. (Losonci, Demeter, & Jenei, 2011) Como em todas as mudanças e implementações podem surgir obstáculos, e para tal, devem ter-se em consideração as seguintes dificuldades (Brandão, 2015):

- Resistência à mudança por parte das pessoas. Elas tendem a procurar o conforto, e fugir ao desconforto. A mudança, portanto, não é um comportamento humano natural (Liker & Meier, 2006);
- Falta de maturidade da empresa ou dos seus processos para poder avançar com a implementação destes conceitos. Estes, tais como outros, não necessitam apenas ser conhecidos, é muito importante que sejam percebidos e que as empresas estejam preparadas para os receber;
- Falta de uma visão global de toda a empresa. Por norma, cada um dentro da organização conhece apenas o seu setor ou departamento, não conseguindo ver a empresa como um todo. A implementação do pensamento *Lean* requer uma abordagem holística e sistemática;
- É importante dar “tempo ao tempo” para que os resultados comecem a aparecer. Uma boa parte dos benefícios só são usufruídos após alguns meses de trabalho. Com frequência as empresas baixam os braços quando confrontadas com dificuldades. Na realidade, quanto as pessoas são confrontadas com a necessidade de “atingir os números”, o foco primário passa a ser os resultados a curto prazo, atingir a produção necessária todos os dias, a qualquer custo. O foco da produção em massa é produzir em massa. No *Lean*, o foco é eliminar desperdícios. (Liker & Meier, 2006) A visão, o apoio e o envolvimento da gestão de topo são de novo reforçadas neste ponto;
- Ter consciência da perda. Numa fase inicial de implementação é importante estar ciente que o desempenho será afetado, resultado dos investimentos e da adaptação à mudança.

Kaizen, uma metodologia de suporte do *Lean*, significa melhoria contínua. Este é considerado, a par da inovação, fundamental para a sustentabilidade de uma organização. Para isso é necessário que exista na organização uma cultura onde todos reconheçam os problemas existentes e onde todos os colaboradores estejam envolvidos, percebendo o seu conceito. (Milheiro, 2011) Tal como dito por Imai (1991), citado por Milheiro (2011), “O *Kaizen* é um conceito primordial por trás de uma boa gestão. Esta filosofia funciona como uma linha unificadora entre os sistemas e as ferramentas de resolução de problemas.”.

Assim, a melhoria contínua não é mais do que a busca incessante pela resolução de problemas e desafios, que necessita de espaço temporal para alcançar a perfeição. Efetivamente, este é o seu principal objetivo, estimulando a proatividade de todos os seus intervenientes. (Milheiro, 2011) A melhoria contínua pode também ser descrita como iniciativas de melhoria que aumentam os sucessos e reduzem as falhas. (Sundar et al., 2014)

Conforme Imai (1991), citado por Milheiro (2011), numa primeira abordagem, a estratégia *Kaizen* deve dar um maior enfoque às necessidades dos clientes. Os seus principais objetivos são dar prioridade à qualidade, aos custos e tempos de entrega. É neste sentido que o *Kaizen* tem um papel fulcral visto trazer valor acrescentado, eficácia, competitividade e crescimento para a organização.

No contexto do *Kaizen*, a gestão tem duas funções principais: a manutenção e a melhoria. A manutenção refere-se a atividades voltadas para manter os atuais padrões tecnológicos, de gestão e operacionais. No âmbito da sua função de manutenção, as tarefas são padronizadas para que seja possível garantir que todos possam seguir o procedimento operacional padrão. Melhoria refere-se a atividades voltadas para elevar os padrões atuais. (Milheiro, 2011) Não existe melhoria sem standardização. Ela é o passo inicial para a melhoria contínua. Até os standards serem definidos em qualquer operação, não é possível fazer verdadeiras melhorias. Os standards de trabalho têm uma longa história em algumas indústrias, principalmente na indústria automóvel, no entanto, os seus

objetivos por vezes são apenas um método de “castigo” dos operadores fabris pela sua não *performance*. (Liker & Meier, 2006)

(Berger, 1997) define os princípios da filosofia *Kaizen* da seguinte forma:

- *Kaizen* é uma filosofia orientada para o processo, isto é, antes dos resultados poderem ser melhorados, os processos devem ser otimizados;
- As melhorias duradouras só podem ser alcançadas se as inovações tiverem um esforço contínuo para as manter e forem melhorando os níveis de desempenho;
- *Kaizen* é orientado para as pessoas e deve envolver todos na organização, desde a gestão de topo até aos operadores fabris. Além disso, é baseado na crença do desejo inerente das pessoas pela qualidade e valor.

Ferramentas da melhoria contínua são necessárias para determinar a causa raiz de ineficiências e aplicar contramedidas efetivas para a sua redução. Para a eliminação destes desperdícios, a gestão de topo necessita de desenvolver equipas estáveis com conhecimentos base da organização. (Sundar et al., 2014)

Para a resolução de problemas e implementação de melhorias é necessário entender na totalidade a situação atual, o que significa ir ao local observar e profundamente analisar o que se está a passar, o chamado *genchi genbutsu*. A disciplina de cuidadosamente observar o processo atual sem diretamente saltar para preconcepções, com uma mente “vazia”, começa com o processo de verdadeiramente entender o problema. Isto leva a uma explicação detalhada do que está a acontecer e quais os seus efeitos na área, na equipa, no cliente ou na empresa, e revela o porquê de o problema merecer atenção.

O primeiro requisito da resolução de problemas é determinar o mérito de os resolver. Nesta etapa, todos os problemas podem ser pesados entre si, e apenas os mais importantes são atacados em primeiro lugar. Problemas menos significantes poderão ser assignados a equipas pequenas, ou até a individuais.

Os métodos de resolução de problemas podem ser divididos em duas categorias estereótipo gerais: o método americano, e o método japonês. Informalmente, descrevem-se estes métodos da seguinte forma: os americanos dizem “preparar, disparar, apontar”, enquanto os japoneses dizem “preparar, apontar, apontar, apontar, disparar”. Existe um elemento de verdade nestes métodos. Ambos possuem as suas vantagens e desvantagens.

O método americano cria pontos de melhoria ocasionais, mas dispersos. Maioritariamente, melhorias são efetuadas, mas a causa raiz do problema raramente é resolvida. O método japonês pode ser meticuloso demais, investindo grandes recursos na identificação de problemas que poderão ser considerados insignificantes, mas este processo é vital para a correta identificação de problemas por duas razões:

- Considerações cuidadosas deverão ser dadas para o entendimento das características do problema, pesando o seu impacto nos consumidores, colaboradores e na empresa, e finalmente decidindo se o problema é importante o suficiente para lhe dedicar tempo e atenção valiosos para a sua resolução. Como Charles Kettering disse, “Um problema bem definido é um problema metade resolvido”. Colocado de outra forma, uma grande proporção da resolução de problemas deve ser investida no completo entendimento da sua causa, e não nas suas consequências;
- O foco de energia e recursos é crítico para alcançar altos níveis de sucesso com esforço mínimo. Isto começa com o acordo mútuo de todas as partes afetadas sobre o método de resolução do problema.

Para uma correta definição de um problema, quatro informações são necessárias:

- A *performance* atual com dados históricos;

- A *performance* desejada;
- A magnitude do problema, calculada pela diferença entre a *performance* atual e a *performance* desejada;
- A extensão e características do problema ou situação.

Para uma correta avaliação de um problema, de modo a pesar as suas consequências, refletidas em indicadores de *performance*, são utilizados 3 critérios:

- **Importância** – Quão importante é o problema no contexto geral da satisfação do cliente? Visto a segurança ser a prioridade número 1 da Renault Cacia, problemas de segurança são automaticamente categorizados como tendo importância máxima;
- **Urgência** – Quais prazos estão dependentes da resolução do problema, e quais as consequências do seu não cumprimento? As capacidades de cumprir requisitos de clientes são consideradas de urgência máxima;
- **Tendência** – O problema está a piorar, melhorar, ou mantém-se igual? Na comparação de problemas é necessário considerar se todos os problemas devem ser atacados. (Liker & Meier, 2006)

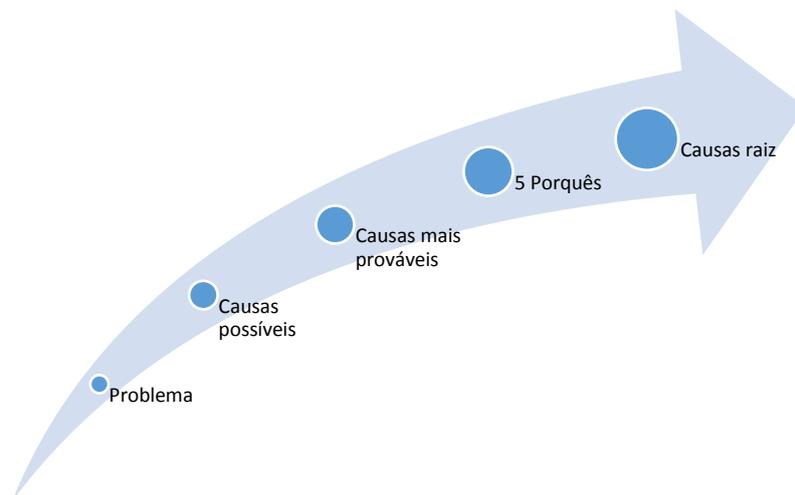


Figura 3 - Método da Toyota para resolução de problemas (Adaptado de Liker & Meier (2006))

Uma das ferramentas do *Lean Manufacturing* é o “5 Porquês”. A título exemplificativo, uma análise dos “5 Porquês” encontra-se disponível para visualização no Anexo 1. Esta ferramenta, usada através da filosofia da melhoria contínua, é uma ferramenta para descobrir a causa raiz de um problema. O conceito associado à análise “5 Porquês” é muito simples e pretende:

1. Identificar o que aconteceu;
2. Identificar as possíveis causas deste acontecimento;
3. Para cada uma das causas identificadas, identificar as suas causas;
4. Repetir iterativamente os passos 2 e 3 até atingir a causa raiz;
5. Identificar a solução e medidas para a sua implementação.

Quando se realiza esta análise, múltiplas causas podem surgir do processo. Assim, é possível que várias causas raiz sejam identificadas, e como tal, tenham de ser sujeitas a uma ordenação, começando por intervir-se na mais severa. (Breda, 2011)

O número de vezes que o processo deve ser iterativamente repetido é variável, dependendo da dimensão do problema. No entanto, é necessário julgamento crítico. Se a causa raiz é descoberta em poucas iterações, isto poderá indicar que a análise não teve o detalhe necessário. Do mesmo modo, demasiadas iterações poderão indicar excesso de análise e perda de focalização.

Uma outra grande ferramenta da melhoria contínua é o estudo de tempos. Este estudo de tempos é geralmente utilizado para a medição de tempos de ciclo de postos de trabalho, quer manuais, quer automatizados; no entanto, é uma ferramenta bastante flexível, o que lhe permite ter várias outras aplicabilidades.

A medição de tempos não é uma atividade como outra qualquer, tem a sua ciência de elaboração e requer acima de tudo, rigor. Para realizar um estudo de tempos de operação deve ser utilizado um cronómetro ou uma máquina de filmar com capacidades de cronometragem. Neste tipo de medições, a precisão é um requisito que deve sempre ser garantido. (Rodrigues, 2016)

As várias fases deste processo, referidas por Jacobsetal (2009), transcritas por (Brasil, 2011), são:

1. **Preparação da cronometragem** – Verificar o cumprimento das instruções de trabalho e nível de treino dos operadores fabris. Devem ser escolhidos os momentos mais favoráveis para a execução das medições. Para isto, devem ser feitas várias medições ao longo do dia, evitando as horas iniciais do turno, bem como as horas após refeições;
2. **Execução da cronometragem** – Conforme os valores são obtidos devem ser imediatamente registados. É necessário recolher tantos quantos o grau de confiança e margem de erro desejados;
3. **Determinação do tempo base** – Determinação do tempo mais provável para a execução de uma tarefa, sem esforço e a um ritmo regular;
4. **Correção do tempo base** – São incluídos no tempo base tempos associados à fadiga e condições ambientais;
5. **Determinação do tempo total** – Nesta fase é possível determinar o tempo total necessário à realização das tarefas analisadas, preenchendo então a ficha de instruções com todos os elementos que constituem uma operação.

Para a correta execução de um estudo de tempos, que permita efetivas melhoras em determinada organização, existem alguns conceitos e indicadores que é necessário definir:

- **Takt time** – O *takt time* refere-se à frequência que uma parte ou componente deve ser produzida para cumprir os requisitos do cliente. Este valor depende diretamente das necessidades do cliente. Se as suas necessidades aumentam, o *takt time* diminui; se as suas necessidades diminuem, o *takt time* aumenta. (Sundar et al., 2014) O correto cálculo deste indicador previne custos e fatores de ineficiência, produzindo mais cedo do que o necessário, tais como o armazenamento de produtos finalizados, prematura compra de materiais em bruto, prematuras despesas em mão-de-obra bem como custos de oportunidade perdidos (Rahani & Al-Ashraf, 2012);
- **Lead time** – O *lead time* é o tempo que um produto demora a fluir na cadeia de valor de um processo, desde o início até ao seu fim (Rother & Shook, 2003);
- **Tempo de ciclo** - O tempo de ciclo é definido pelo período de tempo entre iterações da mesma tarefa. É, portanto, o tempo tomado por todas as atividades do operador/máquina mais lentos de um processo; (Rother & Shook, 2003) Este tempo pode sofrer de uma grande variabilidade devido à instabilidade dos operadores, por fatores tais como a sua carga de trabalho diária, competências, destreza, experiência e motivação. (Sundar et al., 2014) Em postos de trabalho automatizados, em condições normais de funcionamento, esta variabilidade é quase impercetível;
- **Bottleneck** – O processo *bottleneck* identifica-se pela determinação do máximo tempo de ciclo na linha de manufatura. A capacidade de produção da linha é calculada através deste valor. Se o tempo de ciclo do *bottleneck* for inferior ao *takt time*, as necessidades do cliente podem ser cumpridas. No entanto, se o tempo de ciclo do *bottleneck* for superior ao *takt time*, estas necessidades não podem ser cumpridas. É nestes processos que começam as sistemáticas e

contínuas operações de melhoria, até ser passível o alcance da produção necessária definida pelo *takt time*; (Sundar et al., 2014)

2.2. Manutenção Industrial

Apesar de os pensamentos *Lean* poderem ser incorporados nas atividades da manutenção, aplicando os seus princípios e práticas, a manutenção industrial é um pré-requisito para estes sistemas de manufatura. A literatura existente sobre a investigação da aplicabilidade de princípios do *Lean* na manutenção é mínima. Davies & Greenough (2000) enfatizaram a necessidade de conduzir mais investigação na aplicação de princípios da manufatura *Lean* nas operações de manutenção. Os estudos mais recentes tentam relacionar o pensamento *Lean* com as estratégias da manutenção. (Mostafa, Dumrak, & Soltan, 2015)

Existem vários conceitos associados à manutenção industrial e à sua gestão. A norma referente à terminologia da manutenção (NP EN 13306/2007 - Terminologia da manutenção, 2007) define os mais relevantes para a construção desta dissertação, da seguinte forma:

- **Manutenção:** combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou a repô-lo num estado em que se possa desempenhar a função requerida;
- **Gestão da manutenção:** compreende todas as atividades da gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção, e que os implementam por meios como o planeamento, o controlo e a supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos;
- **Plano de manutenção:** conjunto estruturado de tarefas que compreendem as atividades, os procedimentos, os recursos e a duração necessária para executar a manutenção;
- **Disponibilidade:** aptidão de um bem para estar em estado de cumprir uma função requerida em condições determinadas, em dado instante ou durante determinado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos necessários meios exteriores;
- **Fiabilidade:** aptidão de um bem para cumprir uma função requerida, sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo;
- **Avaria:** cessação da aptidão de um bem para cumprir uma função requerida;
- **Taxa de avarias:** número de avarias ocorridas num bem, durante determinado intervalo de tempo dividido por esse intervalo de tempo;
- **Melhoria:** conjunto de medidas de natureza técnica, administrativa e de gestão, destinadas a melhorar a segurança de funcionamento de um bem sem modificar a sua função requerida.

Laquila (2016) afirma que a evolução histórica do conceito e das tarefas de manutenção pode ser resumida em quatro gerações:

- **1ª Geração** - A primeira geração é iniciada no período da segunda guerra mundial, quando a manutenção ainda não era considerada como um pilar de gestão fundamental das organizações. O modelo da indústria vigente seguia métodos pouco mecanizados e utilizava equipamentos de configurações simples para as tarefas de produção. As técnicas de manutenção tinham carácter estritamente corretivo e as tarefas eram reduzidas a limpezas, lubrificações e inspeções visuais.
- **2ª Geração** - Com o declínio da oferta de mão-de-obra no período pós-guerra e o aumento da procura por todos os tipos de bens de consumo, iniciou-se a segunda geração. Nesse período, para atender ao novo cenário de consumo, as organizações tiveram de se adaptar e foi necessária uma maior mecanização da indústria, onde se tornou importante garantir uma maior disponibilidade operacional dos equipamentos e máquinas. Desta forma, a manutenção começou a ganhar força enquanto matéria de gestão e controle das organizações, na medida

em que a produção intensa e com qualidade eram fatores esperados. Nos anos 50 passou-se a acreditar que as falhas pudessem ser evitadas, resultando no conceito que hoje conhecemos como manutenção preventiva. Tal conceito alavancou a necessidade de implementar sistemas de planejamento e gestão da manutenção. Nos anos 60 e 70 o departamento de defesa dos Estados Unidos da América, juntamente com a indústria aérea militar, desenvolveu uma das primeiras políticas da manutenção chamada *Reliability Centred Maintenance* (RCM), ou seja, a manutenção centrada na fiabilidade.

- **3ª Geração** - A terceira geração (1970-2000) é caracterizada pelos novos desafios de produtividade e qualidade trazidos pela globalização da economia. Com grande investimento nos itens fixos, juntamente com o aumento nos custos, inicia-se um processo de elevadas expectativas em relação à gestão dos custos de manutenção. Tais expectativas abriram caminho para o desenvolvimento de novas interpretações dos processos de falhas de equipamentos, de novas técnicas de análise e implementação da manutenção, de novas ferramentas de gestão e controle, criando assim alternativas que pudessem maximizar a vida útil dos itens físicos.
- **4ª Geração** - A quarta geração surge a partir do ano 2000, quando a manutenção é inserida nos sistemas integrados de gestão das organizações tendo em conta a melhoria da manutibilidade e engenharia da manutenção. Dessa forma, passa a usar tecnologia avançada de sistemas interligados, investimentos otimizados, produtos inteligentes tendo como exemplo as redes neurais, autodiagnóstico, *wireless* ou *Bluetooth* para o acompanhamento e monitoramento caso a caso das máquinas.

As atividades de manutenção mais comuns, segundo (Mostafa et al., 2015) são:

- **Inspeção:** verificação da conformidade através da medição, observação ou aferição de características relevantes de um equipamento;
- **Monitorização:** atividade manual ou automatizada realizada para observar o estado atual de um equipamento. Esta atividade permite avaliar as alterações dos parâmetros ao longo do tempo;
- **Manutenção de rotina:** atividade regular e elementar que usualmente não requer qualificação específica, autorização ou ferramentas especiais, tais como a limpeza, aperto de conexões, verificação de níveis e lubrificações;
- **Revisão geral:** realização de um conjunto de inspeções e ações com o objetivo de manter o nível requerido de disponibilidade e segurança. Uma revisão geral pode ser realizada em intervalos de tempos predefinidos, ou de acordo com o número de operações realizadas;
- **Reconstrução:** ação na sequência do desmontar do equipamento, ou após a reparação ou substituição dos componentes que se aproximam do fim da sua vida útil;
- **Reparação:** ação física realizada para restituir a função requerida no equipamento avariado. A reparação inclui diagnóstico, correção de falhas e testes para confirmação do restabelecimento da função.

São utilizados os mais variados processos de manutenção de acordo com as circunstâncias e características de cada complexo industrial, no entanto, cada autor tem uma ideia diferente quanto à classificação dos diferentes tipos de manutenção. (Almeida, 2011) Os autores Ruiz, Foguem, & Grabot (2014) classificam a manutenção em 3 tipos: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção “*design-out*”:

- **Manutenção corretiva**

A manutenção corretiva ocorre quando a manutenção é fortuita e visa reparações de um modo geral de emergência. As equipas de manutenção permanecem passivamente esperando a ocorrência

da avaria para intervir. Segundo (Mostafa et al., 2015) este é o tipo de manutenção convencional aplicado em várias indústrias.

A manutenção corretiva pode ainda dividir-se em dois tipos. A manutenção adiada, onde a intervenção não ocorre de imediato, e a manutenção imediata que tem uma reparação instantânea.

Esta manutenção acarreta custos necessários, tais como paragem de equipamentos e a sua baixa utilização, diminuição do tempo de vida da máquina, paragens nos tempos menos oportunos, aumento do número de horas de trabalho bem como elevados inventários de peças sobressalentes. (Almeida, 2011)

Em situações onde a falha não é crítica, e o estado do equipamento não é de grande preocupação, a manutenção corretiva pode provar-se ser uma opção viável e aceitável. No entanto, a competição empresarial, problemas ambientais e de segurança forçam os gestores da manutenção a procurar estratégias mais eficientes. (Mostafa et al., 2015)

- **Manutenção preventiva**

Segundo (Almeida, 2011) a manutenção preventiva é uma intervenção programada, preparada e executada antes da data provável do aparecimento de uma avaria. Consiste em atividades de manutenção repetidas, num certo intervalo de tempo, baseadas num calendário, número de horas do equipamento ou criatividade do mesmo.

A manutenção preventiva apresenta várias vantagens e desvantagens. Segundo (Wyrebski, 1997) as vantagens baseiam-se na garantia da continuidade do funcionamento das máquinas, só parando para reparações em horas programadas, facilidade por parte da produção em cumprir o objetivo planeado e aumento do tempo de vida das máquinas. Possui, no entanto, algumas desvantagens, tais como a necessidade de um programa bem estruturado, a existência de uma equipa de mecânicos competentes e requer um plano de manutenção.

A manutenção autónoma, um tipo de manutenção preventiva é uma das estratégias utilizadas para reduzir o NVA das atividades de manutenção. Esta manutenção autónoma (ou independente) é normalmente executada pelos operadores das máquinas em vez de técnicos de manutenção dedicados. A manutenção autónoma refere-se à repetição de algumas atividades simples de manutenção, tais como a limpeza e lubrificação. O gestor da manutenção e o gestor da produção necessitam de chegar a um consenso sobre a política de implementação destas medidas. Treino específico deve ser fornecido aos operadores antes de lhes atribuir as responsabilidades de manutenção autónoma. (Mostafa et al., 2015)

A manutenção preditiva, um outro tipo de manutenção preventiva, também conhecida por manutenção condicional, é essencialmente executada pela recolha de dados nos equipamentos que permitam uma melhor execução da reparação, assim como a data ou tempo certo da mesma. Algumas das técnicas usadas são os ensaios de medição de dureza, ensaios de medição de espessuras, ensaios de medição de vibrações, ensaios auditivos, e, por vezes, a utilização de raios x e raios gama. (Almeida, 2011) Este tipo de manutenção requer um custo inicial muito alto para aquisição e implementação. (Mostafa et al., 2015)

- **Manutenção “*design-out*”**

Este tipo de manutenção foca-se na melhoria do *design* de um produto para eliminar causas de necessidade de manutenção. Isto facilita a manutenção do ciclo de vida do produto. É adequada para equipamentos com elevados custo de manutenção que surgem devido ao seu fraco *design*. (Mostafa et al., 2015)

Conforme dito por (Almeida, 2011), baseado nestes conceitos de manutenção preventiva, preditiva, entre outros, nasceu o TPM (*Total Productive Maintenance*). Esta metodologia, implementada pelos japoneses na década de 70, resume-se a ações de eficiência global dos

equipamentos, tendo em vista o máximo desempenho, cujo objetivo é a redução de todo o tipo de perdas de produção devido à falta de fiabilidade dos equipamentos. Através do TPM, mais empresas aceitam agora o conceito de “zero avarias” como realizável. Empresas a nível mundial que implementaram o TPM, há já alguns anos, conseguem agora passar turnos completos sem necessidade de intervenção. Isto não significa que as pessoas deixaram de ser necessárias, pelo contrário, é o engenho dos operadores, manutenção, engenheiros e gestores, trabalhando como membros plenos de uma equipa que torna o progresso possível. (Willmott & McCarthy, 2001)

As características do TPM podem ser descritas pelo significado de cada letra da sua sigla:

- **M** – Manutenção
 - Conservação dos equipamentos em boas condições
 - Máximo nível de produção
 - Máximo nível de produtividade
 - Apresentação de melhorias e sua conservação
- **P** – Produtividade
 - Limite máximo de eficiência do sistema de produção
 - Zero acidentes
 - Zero defeitos
 - Zero falhas
- **T** – Total
 - Eficiência global
 - Rendimento dos equipamentos
 - Abrangência de todo o ciclo de vida dos equipamentos
 - Participação de todos os colaboradores da empresa.

Conforme representado na Figura 4, as paragens/avarias podem ser separadas em quatro grandes categorias, tendo por base a sua gravidade, bem como o respetivo número de ocorrências, em relação aos objetivos de fiabilidade previamente definidos para cada um destes parâmetros:

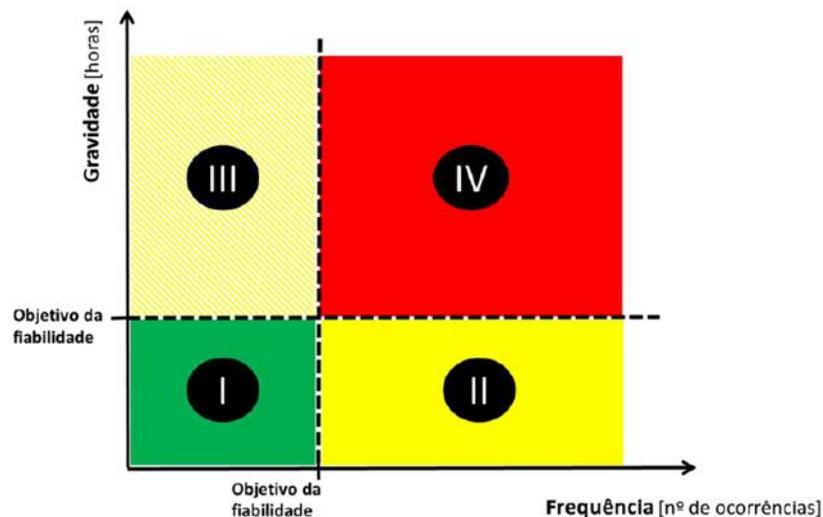


Figura 4 - Classificação de avarias em função da sua frequência e gravidade (Laquila, 2016)

- i. Paragens curtas, com baixo número de ocorrências;
- ii. Paragens curtas, mas com elevado número de ocorrências;
- iii. Paragens longas, mas com baixo número de ocorrências;
- iv. Paragens longas, com elevado número de ocorrências.

A título de término deste capítulo de revisão da literatura, e tendo em conta a sinergia existente entre a melhoria contínua e a manutenção industrial, a principal função da mesma é servir as instalações produtivas, de modo a garantir uma alta produtividade. Este objetivo pode ser alcançado através do aumento da confiabilidade, segurança, disponibilidade e qualidade de produção. (Mostafa et al., 2015) Se existem domínios onde o conceito de melhoria contínua pode marcar presença frequente, a manutenção estará seguramente entre eles e por ter sido das funções mais tardias a ter tido reconhecimento pelo seu contributo para a função produtiva, mantém amplo domínio para melhorias a níveis técnico, de gestão e de motivação de pessoas. (Cabral, 2006)

3. Caso Prático

3.1. Apresentação da Empresa

3.1.1. Renault Cacia

A Renault Cacia S.A. é um dos 37 locais de produção do grupo Renault. Após dez anos de existência, a fábrica sofreu filiação e foi constituída uma nova sociedade, a C.A.C.I.A., Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel. A C.A.C.I.A., nesta localização temporal, fabricava produtos não só para empresas do grupo Renault, como também para algumas empresas externas. No entanto, em 2001, optou por uma mudança de estratégia e concentrou toda a sua atividade para o grupo Renault, constituindo-se assim a Renault Cacia.

A empresa está localizada num dos mais importantes centros industriais de Portugal, Aveiro, onde a convergência de acessos é favorecida pela geografia, o que vem dinamizar a indústria e consequentemente, contribuir para os índices de desenvolvimento económico.



Figura 5 - Vista aérea da Renault Cacia (Renault Cacia, n.d.)

As instalações da Renault Cacia ocupam uma superfície total de 300.000m² e possuem uma área coberta de 70.000m², combinando uma excelente operacionalidade pelo seu perfil físico, que permite um ótimo esquema de distribuição e facilidade de fluxos, de pessoas e de equipamentos.

A Renault Cacia dispõe de sofisticados meios de controlo de qualidade e de ensaios, onde se reafirma continuamente o domínio de todo o processo produtivo e competências para a implementação de industrialização de projetos, usando as metodologias mais avançadas.

Os números demonstram que, em 2015, a fábrica possuía 1134 colaboradores, sendo que a sua idade média era de 40 anos. Isto torna a Renault Cacia a segunda maior unidade industrial de fabricantes automóveis em Portugal, em número de colaboradores. (Renault Cacia, n.d.) Apresentava uma faturação de aproximadamente 300 milhões de euros anuais, provindos da produção de 562 mil caixas de velocidades e 1,4 milhões de bombas de óleo. Em 2016, o volume de negócios da Renault Cacia foi de 313 milhões de euros, dos quais 70% compreendem a produção de caixas de velocidades. No dia 26 de julho de 2017 foi atingida a marca histórica de 10 milhões de caixas de velocidades produzidas, meses depois de ser distinguida pelo segundo ano consecutivo como a melhor fábrica de caixas de velocidades da aliança Renault-Nissan. (Nádia, 2017) A totalidade desta produção é destinada para a exportação para fábricas Renault e Nissan de montagem de veículos e de mecânica situadas em países como Espanha, França, Roménia, Turquia, Eslovénia, Brasil, Chile, Marrocos, África do Sul, Irão e Índia.

Desde setembro de 1981 são produzidos órgãos e componentes para a indústria automóvel. Atualmente são produzidos dois tipos de caixas de velocidades, ND e JR, em duas linhas de montagem. São também produzidos vários componentes para motores, entre os quais, bombas de óleo e árvores de equilibragem.



Figura 6 - Caixas de velocidades atualmente produzidas na Renault Cacia (Laquila, 2016)

A caixa de velocidades do tipo JR é de motorização baixa, possui cinco velocidades, de 200Nm e funciona com 2,5 litros de óleo. Esta caixa de velocidades é produzida desde 2002, equipando alguns modelos de automóveis como Scénic, Megane, Kangoo, Cubistar, Clio, Logan e Modlus, das marcas Renault e Dacia. As caixas de velocidades do tipo ND possuem 6 velocidades, de forte motorização e possuem uma particularidade, o facto de possuírem uma caixa diferencial esférica e uma marcha atrás sincronizada, funcionando com binário de 300Nm e 1,8 litros de óleo. Esta caixa de velocidades é produzida desde 2001 e equipa automóveis como o Mégane com motor 1.9 e 2.0 RS. (Rodrigues, 2016) Os componentes principais de uma caixa de velocidades, órgão com a função de variar o binário aplicado às rodas segundo as necessidades de marcha, são a árvore primária e secundária (1), a caixa diferencial (2), os pinhões (3), os eixos (4) e os cárteres (5), representadas na Figura 7.

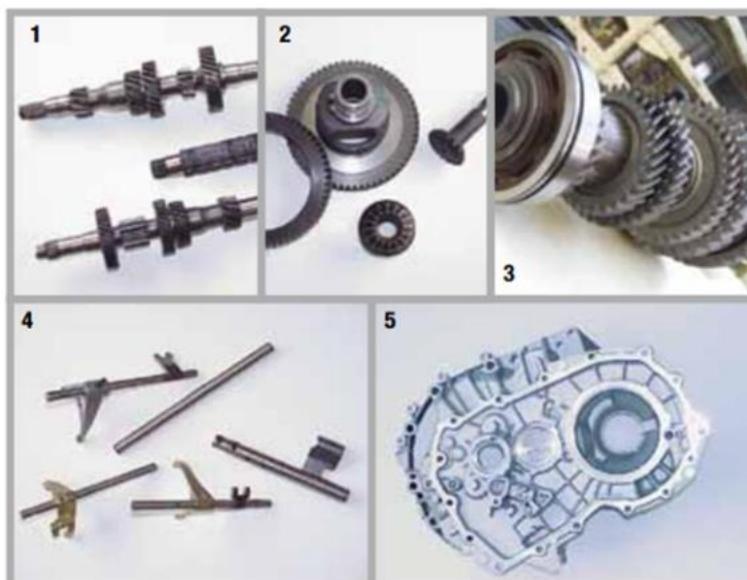


Figura 7 - Principais componentes de uma caixa de velocidades (Renault Cacia, 2018a)

3.1.2. Processo Produtivo

O processo produtivo aplicado nas fábricas do grupo Renault, apesar de não ser completamente uniforme entre todas elas devido à variedade de peças produzidas, pode no geral ser categorizado em 8 grandes etapas de produção mecânica (Renault Cacia, 2014):

1. **Entrega das peças em bruto** - As peças em bruto provenientes das fundições sofrem várias transformações. A Renault Cacia assegura a produção de vários componentes: pinhões, árvores primária e secundária, cárteres, etc.
2. **Maquinação** - A maquinação consiste em dar características definitivas às peças graças às máquinas-ferramentas. As peças sofrem várias operações: torneamento, talhagem, fresagem, rebarbagem, chanfrenagem, entre outras. Cada etapa é controlada com o apoio de meios numéricos. Fortemente automatizadas, as linhas de maquinação podem transformar até 15 mil peças por semana.
3. **Tratamento Térmico e Retificação** - As peças maquinadas passam por fornos para melhorar as suas características. Ciclos de aquecimento e arrefecimento permitem a realização de transformações de estrutura, tais como dureza e limite de elasticidade. Numa segunda fase, a retificação consiste em fazer desaparecer as estrias e os defeitos geométricos das peças.
4. **Entrega das Peças dos Fornecedores** - Peças entregues e peças maquinadas convergem para a montagem. Chegadas à fábrica por camião, os condutores de empilhador transportam as peças para o posto de trabalho, respeitando as sequências de produção (no local certo, no momento certo).
5. **Montagem** - Cada tipo de órgão é montado numa linha de montagem específica antes de receber os seus últimos acessórios. Os pinhões são empilhados nas árvores, o conjunto do mecanismo é colocado no cárter de embraiagem e o cárter de mecanismo é aparafusado no conjunto.
6. **Bancos de Ensaio** - Os órgãos são controlados para garantir a sua conformidade e a sua qualidade. A passagem das velocidades e estanqueidade final da caixa são verificadas.
7. **Entrega** - Os órgãos são entregues às fábricas de carroçaria-montagem. Motores, caixas de velocidades e chassis são enviados por barco ou camião para as fábricas de carroçaria do Grupo ou construtores clientes.
8. **Platina TMA** - O conjunto dos órgãos mecânicos é montado em fábricas de carroçaria-montagem. O grupo motopropulsor (motor e caixa de velocidades) é posicionado no chassis, montado na parte mecânica automatizada, e aparafusada à caixa pintada. A montagem (equipamentos, assentos, posto de condução) pode agora continuar.

3.1.3. Organização Interna

A Renault Cacia encontra-se organizada em 9 departamentos, conforme observado na Figura 8. Todos os departamentos respondem perante a direção geral da fábrica, administrada pelo grupo Renault. Devido à natureza da presente dissertação, o foco encontra-se no departamento de Produção.

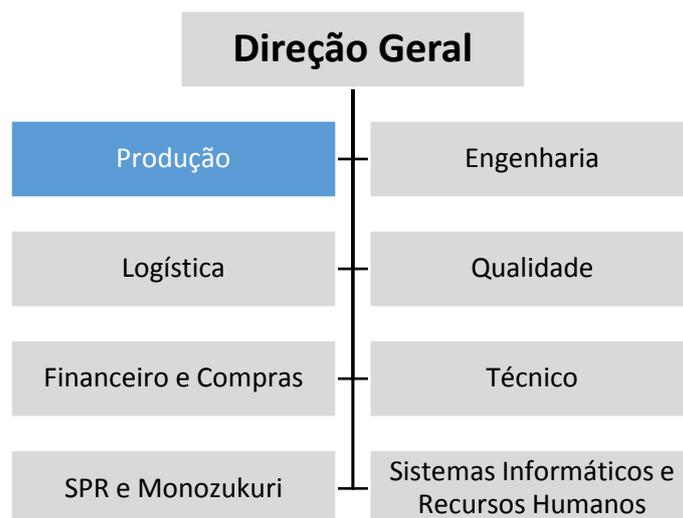


Figura 8 - Organização interna da Renault Cacia

O departamento de produção está dividido em duas partes: a produção de caixas de velocidades e a produção de componentes mecânicos. Estas duas partes são compostas por 5 *ateliers* de produção, representados na Figura 9.

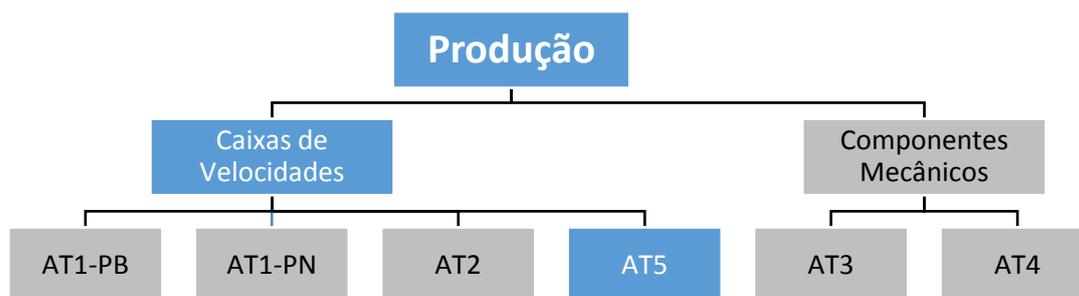


Figura 9 - Organização do departamento de produção

3.1.4. Atelier 5

O AT5, foco desta dissertação, segue as suas atividades pela visão: “Ser reconhecido como uma referência na montagem de caixas de velocidades manuais ao nível da Aliança, pela competitividade dos nossos produtos e excelência da nossa equipa humana, para asseguramos o nosso futuro industrial.” (Renault Cacia, 2012)

Este *atelier*, local onde são montadas as caixas de velocidades, é constituído por duas linhas de montagem, unidades elementares de trabalho (UET), as linhas MB02 e MB03. Estas linhas de montagem trabalham 5 dias por semana, em situações normais, sendo que a produção é realizada em 3 turnos (manhã, tarde e noite) pelos operadores fabris. Em situações particulares, face às necessidades de produção, quer devido a flutuações de mercado, quer a anomalias que levaram a quebras de produção, trabalha-se um dia extra.

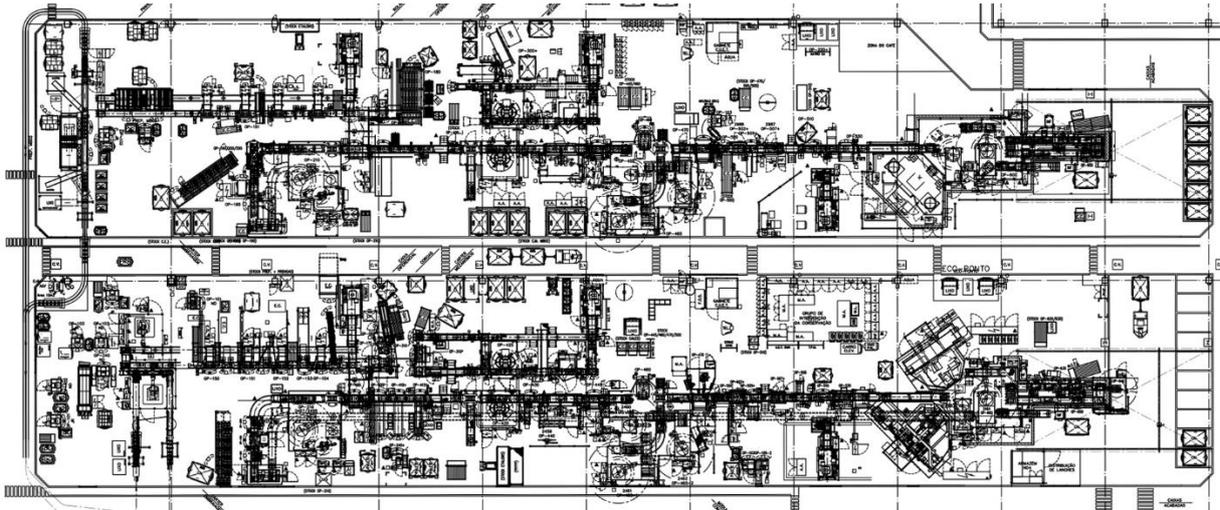


Figura 10 - Implantação das linhas de montagem MB02 e MB03 do AT5 (Renault Cacia, 2018a)

Apesar de fundamentalmente semelhantes, existem algumas diferenças entre estas linhas de montagem. A maior diferença é que a linha MB03 produz exclusivamente caixas de velocidades JR, enquanto a linha MB02 produz caixas de velocidades JR e ND.

Esta linha, com produção flexível, é a única com esta capacidade no grupo Renault. Esta flexibilidade é alcançada utilizando dois métodos em simultâneo: criação de postos com capacidade de produção mútua, bem como postos que apenas são executados conforme o tipo de caixa de velocidades atual em produção. A produção de caixas de velocidades ND é geralmente realizada nos últimos 3 dias úteis de cada semana, exclusivamente no turno da manhã. Isto deve-se ao facto de haver uma necessidade de conhecimentos e formação extra dos operadores fabris, bem como uma muito maior necessidade de apoio técnico de colaboradores de outras áreas.

As cadências de produção de ambas as linhas são a segunda diferença mais significativa. A linha MB03 tem uma cadência objetivo de produção por turno de 660 caixas de velocidades. A linha MB02 tem duas cadências objetivo: 600 caixas de velocidades em dias de produção exclusiva de JR, e 560 caixas de velocidades em dias de produção tanto de JR como de ND.

A diferença de cadências de produção em dias de produção exclusiva de JR pode ser justificada pela necessidade de flexibilização da linha, o que obriga à execução de soluções que beneficiem (ou não prejudiquem) a produção de um dos modelos previamente referidos de caixas de velocidades. Esta solução, que tenta ser o melhor de dois mundos, nem sempre é a solução ótima que se pretende.

A diferença de cadências em dias de produção de JR e ND, apesar de seguir a mesma necessidade referida previamente, é maioritariamente justificada pela maior complexidade de montagem da caixa de velocidades ND, o que leva a um maior *lead time*, e consequentemente, a necessidade de um menor *takt time*. Um grande número de anomalias e disfuncionamentos nos postos de trabalho justificam também ser uma fonte desta menor cadência de produção.

3.2. Objetivos do Projeto

3.2.1. Perspetivas Futuras de Produção

Os objetivos do projeto no qual esta dissertação se baseia, apesar de se focarem também no curto prazo, o seu principal foco de definição e implementação é o longo prazo.

Para o longo prazo ser levado em conta, e haver uma correta definição dos mesmos, é necessário analisar e estudar as perspetivas futuras de produção. Devido à esperada produção de uma nova caixa de velocidades, a caixa JT4, bem como dois novos componentes para caixas de velocidades, TX26 e TX30, para meados do ano de 2019, foram já definidas variadas e intensas alterações a serem executadas em toda a planta fabril, de modo a acolher da melhor maneira este novo projeto, tendo

sempre em vista uma ainda maior vantagem competitiva relativamente aos concorrentes do mercado. Este projeto, ao abrigo do Sistema de Incentivos à Inovação Empresarial e Empreendedorismo, previsto no Regulamento Específico do Domínio da Competitividade e Internacionalização, integra principalmente soluções para veículos eco eficientes, com redução das emissões de dióxido de carbono. (Diário de Aveiro, 2018)

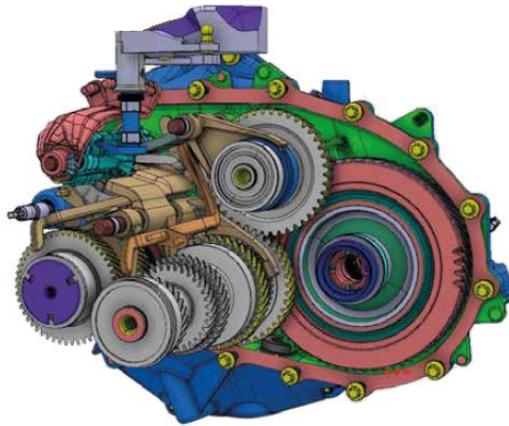


Figura 11 - Modelação 3D da caixa de velocidades JT4 (Renault Cacia, 2018b)

As alterações futuras esperadas no AT5 são menos intensas que praticamente o resto da planta fabril, baseando-se numa redistribuição da produção. Tanto a MB02, a linha flexível, como a MB03, a linha de alta produtividade, irão sofrer alterações à sua produção.

A linha MB02, que atualmente produz as caixas de velocidades JR e ND está planeada deixar de ser uma linha flexível, sofrendo uma tendência decrescente de produção de ND, o que leva a uma tendência crescente de produção de JR. A total eliminação da produção de ND espera-se ser efetuada no mês de agosto do ano atual, devido a uma paragem mensal para férias. Isto permitirá a implementação de medidas que em situação normal dificilmente seriam realizadas, devido à constante necessidade de produção e reduzidos tempos sem ela. Esta linha de montagem será a próxima linha de alta produtividade de montagem de caixas de velocidades.

A linha MB03, servindo-se do apoio produtivo fornecido pela linha MB02, deixará de ter tanta necessidade de produção de JR. Isto levará a uma maior margem de manobra, que permitirá a implementação de todas as medidas necessárias para o início da produção da caixa de velocidades JT4. A partir de meados do ano de 2019, espera-se haver uma tendência decrescente da produção de JR, e uma tendência crescente da produção de JT4. Num futuro mais longínquo, com data ainda não definida, é esperada a total eliminação da produção de JR, o que levará à (idealmente) criação de duas linhas de alta produtividade. Por não ser uma linha no qual este projeto incide, estas alterações não serão referidas.

Uma representação esquemática, com vista a melhor definir e esclarecer eventuais dúvidas sobre a redistribuição da produção, encontra-se disponível para visualização na Figura 12.

	MB02		MB03	
	JR	ND	JR	JT4
Situação Atual	↑	↓	→	0
Agosto (2018)				
Meados (2019)	→	0	↓	↑
Futuro			0	→

 Tendência crescente
 Tendência nula
 Tendência decrescente
 Não produção

Figura 12 - Redistribuição da produção de caixas de velocidades do AT5

3.2.2. Objetivos

Tendo já em vista as perspectivas futuras do AT5 e sua respetiva produção, é correto então agora definir os objetivos que se pretendem alcançar.

Os objetivos deste projeto focam-se apenas na linha de montagem MB02, em especial no turno da manhã. Foi escolhido este turno como foco pela compatibilidade horária de trabalho do autor, bem como ser o único turno (exceto o noturno) que trabalha com equipas completas, e conseqüentemente, o maior objetivo de produção. O turno da tarde, devido à sua equipa incompleta, não representa uma situação real da linha de montagem. Os seus dados são apenas “ruído” que deve ser, salvo pontuais exceções, maioritariamente descartado.

O estado atual da linha não é ideal. Devido a múltiplas razões, das quais praticamente não há qualquer consenso entre os colaboradores, a linha praticamente nunca atinge os objetivos estipulados. As paragens por avarias e anomalias são frequentemente excessivas, o que leva a uma grande desmotivação dos colaboradores fabris. A acrescentar a todas estas dificuldades produtivas, os problemas de qualidade são múltiplos.

Os objetivos propostos para a componente da manutenção industrial, neste projeto, podem ser resumidos nos seguintes pontos:

- Aplicação de medidas de melhoria contínua à manutenção efetuada na empresa;
- Criação, revisão e implementação de métodos de manutenção preventiva em todos os postos de trabalho, manuais e automatizados, da linha de montagem;
- Reprogramação e parametrização de um *software* de supervisão do estado da linha de montagem;
- Redução do número de avarias;
- Quando existentes, as avarias devem ser tornadas de reduzida significância;
- Aumento da fiabilidade dos equipamentos;
- **Aumento da produtividade da linha de montagem.**

Resumidos nos pontos seguidos encontram-se os objetivos para a componente da melhoria contínua, inserida no mesmo projeto:

- Estandarização dos métodos de trabalho em cada posto;
- Medição dos tempos de ciclo da linha de montagem;
- Identificação de postos de trabalho tampão;
- Redução de tempos de ciclo;
- Redução da variabilidade em tempos de ciclo;
- Redução de desperdícios;
- Otimização da mão-de-obra direta;
- Criação de um quadro físico onde diariamente são apresentados resultados de produção e estatísticas dos postos de trabalho;
- Motivação dos colaboradores;
- Aumento da cadência de produção;
- Redução do DSTR;
- **Aumento da produtividade da linha de montagem.**

3.2.2.1. DSTR

A redução do DSTR (*Design Standard Time Ratio*) prova-se ser um dos mais importantes objetivos a atingir neste projeto, visto o mesmo ser o método de monitorização do grupo Renault como o indicador chave para a medição da *performance* da manufatura. (Beck, 2014)

Os objetivos da medição e análise desde indicador resumem-se na avaliação da melhor *performance* económica e *performance* física, permitindo também a criação de alvos e objetivos. Este indicador surgiu inicialmente como um KPI (*Key Performance Indicator*) na Nissan, mas rapidamente se tornou um indicador chave da Aliança, permitindo uma avaliação e comparação justa e consistente entre locais de produção tanto da Renault, como da Nissan, independente do tipo de peça produzida, o nível de integração, a quantidade de produção necessária ou a taxa de automação de postos de trabalho.

O DSTR é um rácio, obtido a partir da divisão das horas reais despendidas na produção de uma peça ou veículo numa determinada fábrica, pelo tempo teórico de operações manuais a serem efetuadas internamente para a manufatura do mesmo produto.

$$DSTR = \frac{HPA}{DST}$$

Equação 1 - Cálculo do DSTR

Para o cálculo do DSTR é necessária a medição e cálculo de dois valores:

- **HPA**

O HPA (*Hours Production Adjusted*), ou “horas reais/unidade”, são as horas reais de laboração dedicadas à manufatura de um veículo ou parte numa determinada fábrica. É o tempo real despendido por todos os envolventes de um processo de manufatura ou de logística na ordem da produção de um veículo. Este indicador é constituído por várias categorias, tais como operações diretas, verificações e reparações, formação e *Kaizen*, manuseamento de material e perdas de produção.

- DST

O DST (*Design Standard Time*) é um intervalo de tempo em minutos. É construído a partir de uma tabela de tempos *standard* pré-definidos e representa todo o tempo de VA (valor acrescentado) necessário ao desenvolvimento de um produto. É o tempo *standard* resultante do *design* (correspondente ao cliente com valor acrescentado) e o processo selecionado (dependendo do nível de automação).

Tabela 1 - Exemplo teórico de um cálculo de DSTR (Beck, 2014)

Item	Detail	unit	Calculation	Body	Paint	T&C	Total
Production volume	Model A	Units	(a)				5000
	Model B	Units	(b)				3000
	Model C	Units	(c)				2000
	Total	Units	(d)				10000
Actual hours	Working hours	Hours	(e)	36000	18000	66000	120000
	Actual hour	Hours/unit	(A)=(e)/(d)	3.60	1.80	6.60	12.00
DST	Model A	Hours/unit	(f)	1.40	1.00	3.10	5.50
	Model B	Hours/unit	(g)	1.80	1.40	3.40	6.60
	Model C	Hours/unit	(h)	1.30	1.40	3.65	6.35
	Total DST	hours	(i)=(a)*(f)+(b)*(g)+(c)*(h)	15000	12000	33000	60000
	Average DST	Hours/unit	(B)=(i)/(d)	1.50	1.20	3.30	6.00
DSTR		Times	(C)=(A)/(B)	2.40	1.50	2.00	2.00

A redução do DSTR, uma fração entre dois valores, tendo em vista uma representação matemática, pode ser realizada de duas formas: a redução do numerador, ou o aumento do denominador. Sendo o denominador uma constante determinada pelo departamento de Engenharia do grupo, o aumento do seu valor não é uma questão discutível. A única solução, portanto, é a redução do numerador, ou seja, a redução dos tempos reais de laboração na montagem de uma peça. Isto pode ser conseguido das seguintes formas:

- Aumento da *performance* dos postos de trabalho, eliminando ou reduzindo os gestos e movimentos de NVA;
- Diminuição das operações de controlo e de retoque;
- Redução das paragens de produção, aumentando a fiabilidade das instalações;
- Redução dos tempos logísticos e otimização dos fluxos de peças na fábrica.

Na Renault Cacia, mais especificamente no AT5, existe um grande contraste entre os DSTR de ambas as linhas de montagem. A linha MB02 possui um DSTR de 2,08, o pior valor do grupo Renault na produção de caixas de velocidades. Ao invés desta linha, a MB03 possui o melhor valor do grupo Renault, um DSTR de 1,78. (Renault Cacia, 2018a) Este contraste entre valores, bem como o facto de a MB02 ter o pior DSTR do grupo, são sem dúvida os fatores mais relevante para a justificação da necessidade da sua redução.

3.3. Identificação de Problemas

O estado da linha de montagem MB02 estava longe do ideal. Os objetivos de produção raramente eram atingidos. Tornou-se então evidente a necessidade de uma análise intensiva à linha, de modo a

identificar alguns dos problemas atualmente existentes, para depois ser implementada a sua possível resolução.

A resolução de problemas não é possível de ser efetuada sem uma compreensão total da situação atual, o que mostra a necessidade de nos deslocarmos para a sua fonte, observando, e profundamente analisando o que de momento é verdade. O verdadeiro sucesso na resolução de problemas provém não da eliminação ou disfarce das suas consequências, mas sim das suas causas. “A chave para o desenvolvimento de medidas efetivas preventivas de erros baseia-se no entendimento de como, ou porquê, o erro ocorreu”. Existem virtualmente infinitos problemas numa organização, e visto que o inverso de um problema é uma oportunidade, existem também virtualmente infinitas oportunidades de melhoria. (Liker & Meier, 2006)

Com base nas metodologias e filosofias identificadas e estudadas na revisão da literatura desta dissertação, nos tópicos seguintes são descritos alguns dos maiores problemas, cuja resolução se encontra ao alcance do autor e o respetivo tema de estágio, observados durante o projeto. A definição dos problemas seguirá os 4 pontos referidos previamente, definindo a *performance* atual, a *performance* desejada, a magnitude do problema, bem como a sua extensão e características. Pela natureza do problema em questão, o primeiro tópico, *Software SAM*, não sofrerá esta análise. Para a sua correta avaliação, de modo a pesar as suas consequências, serão utilizados 3 critérios: a importância, a urgência e a sua tendência.

3.3.1. Software SAM

O SAM (*Système pour d'Amélioration des Moyens*) é um *software* de monitorização de plantas fabris, uma poderosa ferramenta de gestão visual utilizada no grupo Renault que permite saber, a cada instante, o estado atual de cada posto de trabalho em determinada linha de manufatura. Este sistema permite uma maior e melhor rapidez de caracterização das paragens de linha, bem como uma maior precisão nos seus tempos, resultando numa melhor coordenação entre operadores e chefes de linha.

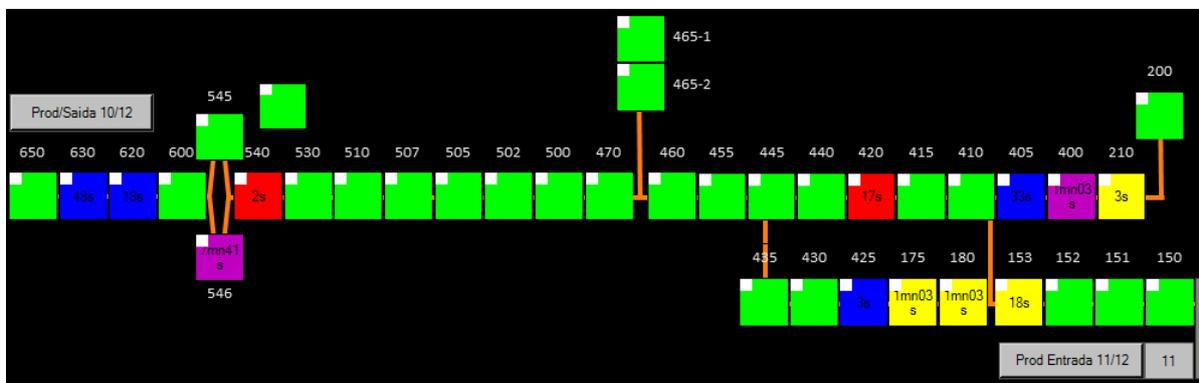


Figura 13 - Representação global da linha de montagem MB02 no SAM

O ecrã inicial do SAM, representado na Figura 13, fornece-nos vários dados valiosos sobre o estado atual da linha de montagem. Cada posto de trabalho, representado por um quadrado colorido e o seu respetivo código identificativo, segue um código de cores representativo cujo significado se descreve da seguinte forma:

- ■ Posto em funcionamento correto;
- ■ Posto em paragem própria ou avaria;
- ■ Posto saturado;
- ■ Posto desativado;
- ■ Posto em falta externa.

Por observação direta, é facilmente realizada uma observação à linha de montagem a partir da Figura 13. Alguns dos dados que podemos retirar a partir desta observação, a título de exemplo, são:

- A OP150 encontra-se em correto funcionamento;
- A OP420 encontra-se parada/avariada nos últimos 17 segundos;
- A OP180 encontra-se saturada no último minuto e 3 segundos, ou seja, possui a sua peça pronta, mas não a consegue enviar para o posto seguinte no fluxo, por sua incapacidade de receção de material;
- A OP405 encontra-se desativada nos últimos 33 segundos, ou seja, não possui peça/material para trabalhar, devido a incapacidade de envio de material pelo posto anterior no fluxo;
- A OP546 encontra-se em falta externa nos últimos 7 minutos e 41 segundos. Apesar de não ser assim na totalidade dos casos, geralmente esta falta externa ocorre devido a um excesso de tempo de ciclo provindo do operador fabril;
- A produção atual (*Prod/Saída*), no referido instante, é de 10 caixas de velocidades. A planificação horária sugere que já deveriam ter sido produzidas 12, estando 2 em atraso.

Todos estes dados de situação atual dos postos de trabalho são relacionáveis entre si, seguindo os conceitos naturais de uma linha de montagem. A OP400, excedendo o seu tempo de ciclo em 1 minuto e 3 segundos, fez com que o posto de trabalho anterior no fluxo, OP180, se encontrasse saturado no mesmo tempo referido. Isto levou também a uma desativação na OP405 de 33 segundos, o que sugere que este posto de trabalho demorou $1m3s - 33s = 30s$ a realizar as suas tarefas necessárias. Após este tempo de execução, despendeu os restantes 33 segundos esperando por material para trabalhar. Será expectável que caso esta falta externa se prolongue, sequencialmente, todos os postos seguintes no fluxo se encontrem desativados, e todos os postos anteriores no fluxo se saturarem. No término desta mesma falta externa, sequencialmente, todos os postos anteriores e postos seguintes entrarão novamente em funcionamento.

O SAM, no entanto, possui muito mais funcionalidades e potencialidades do que as descritas neste ecrã inicial, que permitem extrair com detalhe dados, indicadores e informação sobre todos os postos de trabalho, num determinado período de tempo definido pelo utilizador. As funcionalidades mais relevantes para a construção deste projeto são descritas nos parágrafos seguintes.

O esquema das operações penalizantes, representado na Figura 14, fornece-nos uma representação esquemática comparativa do tempo despendido (em centésimos por peça) em cada categoria de estado do posto de trabalho, para um determinado intervalo de tempo.

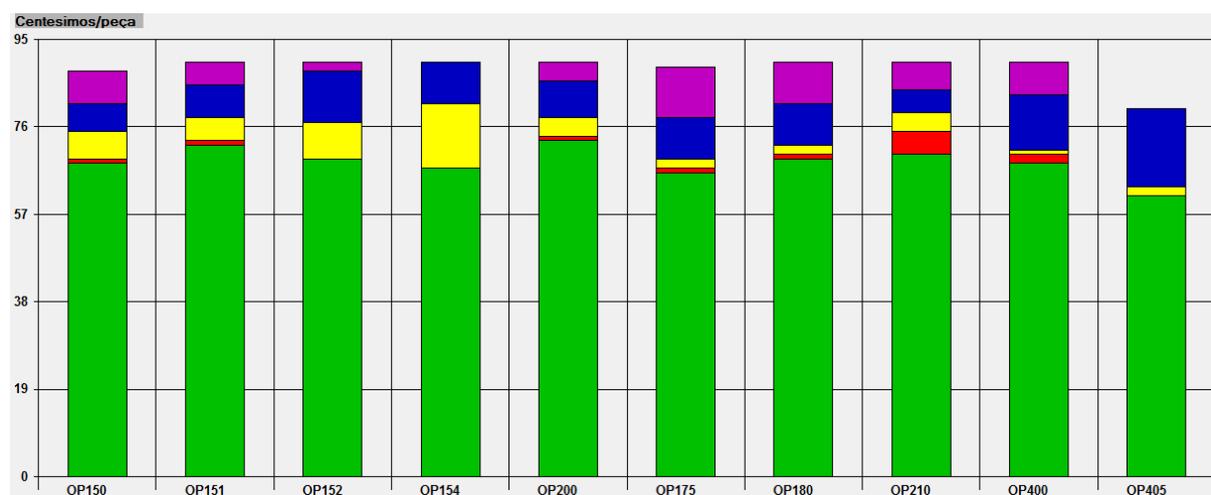


Figura 14 - Esquema das operações penalizantes do SAM

A Figura 15 representa uma descrição mais detalhada das paragens para um determinado posto de trabalho, num determinado intervalo de tempo, enunciando o seu código, família de paragem, número de ocorrências, percentagem de não disponibilidade operacional correspondente e sua duração.

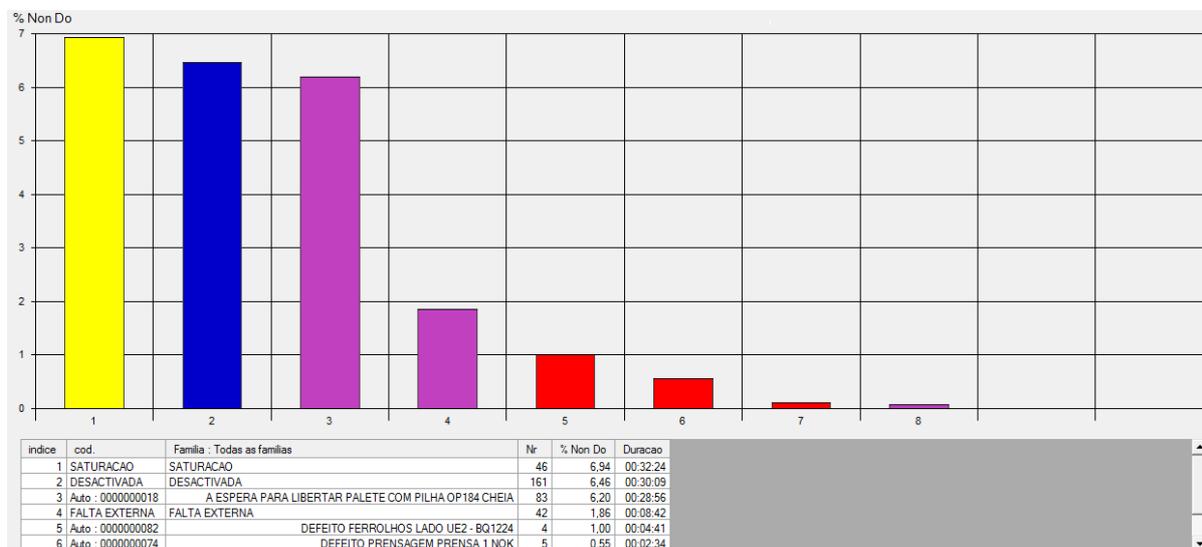


Figura 15 - Paragens por causas de um posto de trabalho no SAM

A Figura 16 apresenta o diário dos eventos, que nos permite obter uma descrição total do estado de funcionamento de um posto, quer em estado de funcionamento correto, quer em estado de paragens próprias ou induzidas, seguindo uma ordem cronológica.

Data	Duracao	Familia	Titulo
03/05/18 06:00:00	00:00:33	FALTA EXTERNA	A ESPERA PARA LIBERTAR PALETE COM PILHA OP184 CHEIA
03/05/18 06:00:33	00:00:06	DESACTIVADA	Parada induzida / /
03/05/18 06:00:39	00:00:27	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 1
03/05/18 06:01:06	00:00:20	FALTA EXTERNA	A ESPERA PARA LIBERTAR PALETE COM PILHA OP184 CHEIA
03/05/18 06:01:26	00:00:05	DESACTIVADA	Parada induzida / /
03/05/18 06:01:31	00:00:46	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 1
03/05/18 06:02:17	00:00:03	FALTA EXTERNA	Parada induzida / /
03/05/18 06:02:20	00:00:06	DESACTIVADA	Parada induzida / /
03/05/18 06:02:26	00:00:31	FUNCIONAMENTO	PEÇAS PRODUZIDAS : 1
03/05/18 06:02:57	00:00:02	FALTA EXTERNA	A ESPERA PARA LIBERTAR PALETE COM PILHA OP184 CHEIA

Figura 16 - Diário dos eventos de um posto de trabalho no SAM

Por último, na Figura 17 apresenta-se o esquema FPM/TAPM, um gráfico que nos permite fazer uma comparação entre determinados postos de trabalho em determinados intervalos de tempo às suas paragens efetuadas, bem como a sua duração. Valores de referência dados pelo grupo Renault, apesar de não rígidos, definem os limites de referência aceitáveis no ponto (TAPM, FPM) = (6, 40)

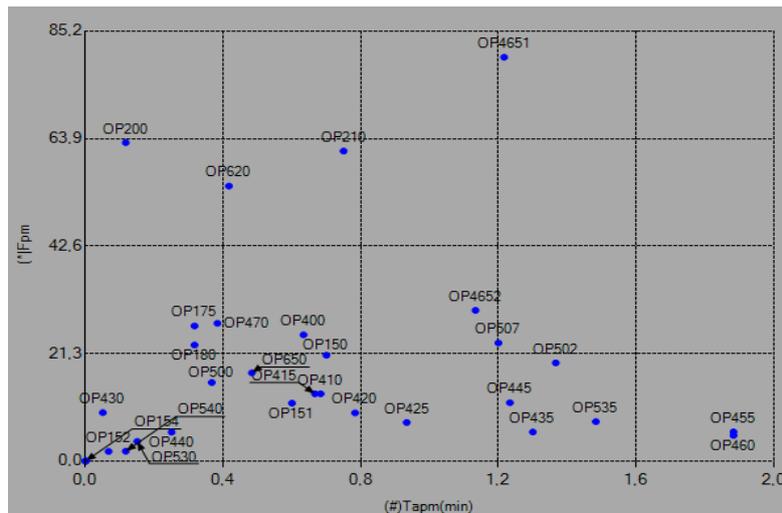


Figura 17 - Esquema FPM/TAPM do SAM

Uma das mais potentes funcionalidades do SAM, a determinação de indicadores, permite-nos obter vários valores que determinam o rendimento da linha de montagem. Os indicadores mais relevantes do *software* para este projeto são:

- **DO** – Disponibilidade operacional
- **DP** – Disponibilidade própria
- **FPM** – Falhas por mil peças
- **TAPM** – Tempos de avaria por mil peças

Apesar de todas estas potentes funcionalidades e métodos de vigília do estado da linha de montagem, remotamente, com relativa elevada precisão, os dados obtidos não eram totalmente verdadeiros e induziam em erro. A não parametrização do SAM às linhas de montagem onde se insere provou-se ser um grande problema pelo potencial desperdiçado. Em casos particulares, esta não parametrização escondia alguns problemas existentes na linha, ao mesmo tempo que apresentava problemas não verídicos.

A avaliação deste problema, de modo a pesar as suas consequências, sujeita aos 3 critérios referidos na revisão da literatura, é a seguinte:

- **Importância** – A parametrização do SAM não tem qualquer efeito direto na satisfação do cliente. A sua importância é baixa;
- **Urgência** – Esta mesma parametrização, apesar de diretamente não afetar o cumprimento de quaisquer prazos produtivos, torna a implementação de melhorias na linha de montagem mais fáceis, eficazes e eficientes. Como tal, podemos definir a sua urgência como média;
- **Tendência** – Devido à sua natureza, este problema não é passível de ser descrito em função de uma tendência.

3.3.2. Fiabilidade de Equipamentos

A fiabilidade dos equipamentos é sem dúvida um dos fatores cruciais para o atingimento (ou não) dos objetivos de produção da linha de montagem. Devido a este facto, torna-se cada vez mais essencial a tentativa de alcance do estado de “zero avarias”.

Para o alcance deste estado, tal como analisado na revisão da literatura, é necessária a implementação de eficazes sistemas de manutenção corretivos, preventivos (autónomos e preditivos), bem como manutenção “*design out*”. Devido à natureza deste projeto, a manutenção corretiva, bem

como a manutenção “*design out*” não foram analisadas. Por sua vez, foram aplicadas melhorias ao sistema de manutenção preventiva existente nesta linha de montagem.

Apesar de existirem alguns sistemas de manutenção preventiva nesta linha, a manutenção autónoma foi descartada nos últimos anos de trabalho, devido a um sistemático aumento de necessidades de produção, o que levou à impossibilidade da utilização de tempo pelos operadores fabris a executar estas tarefas. Quando possível, na não necessidade de manutenção corretiva, as tarefas de manutenção autónoma eram executadas por técnicos de manutenção qualificados, o que se prova ser um enorme custo de oportunidade, bem como pelos operadores fabris em paragens de linha de duração significativa. Este sistema de manutenção preventiva, a manutenção autónoma, não é novidade na Renault Cacia. A quase totalidade das linhas de manufatura têm-na implementada e em execução, estando mais que provados os seus benefícios.

Esta falta de manutenção preventiva eficaz e regular, na opinião do autor, colocava a linha de montagem num ciclo vicioso descrito na Figura 18.

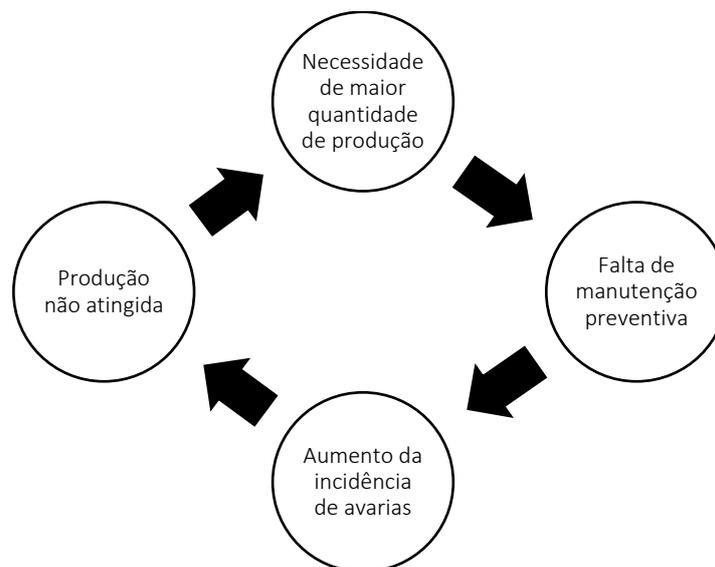


Figura 18 - Ciclo vicioso da falta de manutenção preventiva

Na Renault Cacia, um dos métodos adotados para um dos tipos da manutenção preventiva, a manutenção autónoma, é a implementação de PMAs (Planos de Manutenção Autónoma). Os PMAs são os planos que contêm as tarefas de manutenção autónoma que são realizadas pelos operadores fabris. Neles, estão listadas as operações a serem realizadas por subconjuntos, nos elementos de cada máquina. Cada operação abarca um tempo previsto de realização, o estado produtivo em que a máquina deve estar, ferramentas necessárias para a sua execução e informações sobre elementos de substituição ou aplicação (quando é o caso), como por exemplo, designação, quantidade e códigos de referência utilizados para gestão do *stock* dos elementos de consumo.

Para facilitar a realização das atividades previstas no PMA, as tarefas são organizadas em 3 grupos:

- Limpeza;
- Lubrificação;
- Verificações de segurança.

As operações são organizadas por pontos, de forma a favorecer a identificação da operação a ser realizada e a localização do elemento a ser verificado na máquina. Estes são identificados por pictogramas e pelo número correspondente da operação. Desta forma, os pontos são numerados até serem contemplados todos os elementos. (Laquila, 2016)



Figura 19 - Pictogramas dos PMAs (Laquila, 2016)

Cada ponto do PMA deve conter uma periodicidade de execução, que informa ao operador fabril o que deve fazer, e quando. Esta periodicidade é definida através de códigos descritos nos pontos seguintes:

- 3EQ – Execução por equipa;
- 20J1 – Execução diária;
- 4S01 – Execução semanal;
- S02 – Execução quinzenal;
- S04 – Execução mensal;
- S08 – Execução bimensal;
- S12 – Execução trimestral;
- S24 – Execução semestral;
- A01 – Execução anual.

Estes mesmos pontos devem referir o estado da máquina no momento da intervenção, o que à semelhança das periodicidades é definida através de códigos, descritos nos pontos seguintes:

- PST – Máquina parada e sem tensão;
- PCT – Máquina parada e com tensão;
- MSP – Máquina em marcha e sem produção;
- MEP – Máquina em marcha e em produção.

Um documento de registo das atividades efetuadas encontra-se disponível no verso do PMA, de modo a evitar a repetição de tarefas já previamente executadas, bem como fornecendo um bom método de controlo da execução das operações pelo CUET (Chefe da Unidade Elementar de Trabalho). A título de exemplo encontram-se disponíveis para visualização nos Anexo 2 e Anexo 3 um PMA utilizado na Renault Cacia, bem como a sua respetiva folha de registo.

Devido às referidas necessidades urgentes de elevada produção, e deixando de ser utilizados, os PMAs encontravam-se completamente desatualizados. Ao invés de permitirem uma leitura fácil, correta, facilitando uma intervenção rápida, a sua utilização era um desafio. Em casos extremos, a última atualização existente datava de 2011. Pela natureza desta organização, de alterações (melhorias) frequentes aos seus locais produtivos, a sua não conformidade com a realidade era evidente.

Para uma correta definição deste problema, é necessário analisar a *performance* atual. Esta *performance* pode ser analisada com base em dados retirados do SAM. Apesar de no momento desta retirada de informação o SAM não se encontrar parametrizado, conforme referido no capítulo 3.3.1, os

dados são um bom ponto de partida. Poderão não ser totalmente fiáveis, mas são fiáveis o suficiente para uma extração de dados com um grau de confiança e margens de erro aceitáveis.

Como passo inicial da extração de dados deste software, definiu-se um intervalo temporal, com início em 18/09/2018 (início do estágio curricular do autor) e o final do mesmo ano civil. Acedendo à funcionalidade “Esquema FPM/TAPM” do SAM, retiraram-se os dados apresentados na Figura 20, para o intervalo de tempo definido:

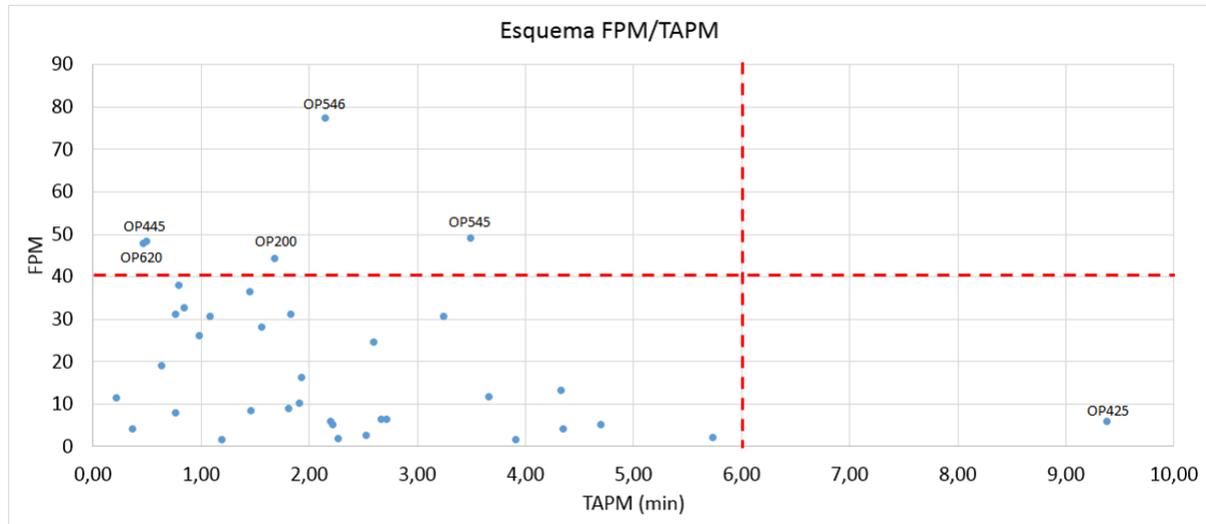


Figura 20 - Performance prévia da fiabilidade de equipamentos

Nesta mesma figura são também representados os limites aceitáveis de fiabilidade de equipamentos (TAPM, FPM) = (6, 40), a tracejado vermelho. Estes limites definem que para mil peças produzidas, o equipamento apenas deve, em média, sofrer 40 paragens, que não devem ultrapassar, em média, os 6 minutos de duração. Apesar da maior parte dos postos de trabalho se encontrar conforme com os limites aceitáveis, é possível observar que existem 6 postos de trabalho que não estão em conformidade com estes mesmos limites:

Tabela 2 - Dados FPM/TAPM dos equipamentos não conformes

Posto	TAPM (min)	FPM
OP200	1,68	44,32
OP425	9,38	5,71
OP445	0,50	48,34
OP545	3,50	48,96
OP546	2,15	77,27
OP620	0,47	47,73

A não conformidade com os limites aceitáveis de fiabilidade pode ser descrita em três categorias:

- Paragens pouco frequentes, mas de longa duração, situação representada na OP425;
- Paragens frequentes, mas de curta duração, situação representada nas OP200, OP445, OP545, OP546 e OP620
- Paragens frequentes e de longa duração, situação não aplicável à linha de montagem no intervalo definido

A *performance* desejada para a fiabilidade de equipamentos, como em qualquer organização, é a perfeição, ou seja, o estado de “zero avarias”. No entanto, este é um objetivo virtualmente impossível de alcançar, especialmente num intervalo de tempo tão grande quanto o definido. Como tal, define-se a *performance* desejada como o cumprimento total dos objetivos de fiabilidade definidos pelo grupo Renault: TAPM inferior a 6 minutos e FPM inferior a 40 ocorrências.

Tendo a *performance* atual e a *performance* desejada definidas, é possível então a definição da magnitude do problema, ou seja, o objetivo de aumento de fiabilidade a alcançar. Estes objetivos encontram-se representados na Tabela 3:

Tabela 3 - Reduções FPM/TAPM a efetuar para cumprimento da fiabilidade requerida

Posto	Limite TAPM (min)	TAPM (min)	Objetivo TAPM (min)	Limite FPM	FPM	Objetivo FPM
OP200	6,00	1,68	-----	40,00	44,32	-4,32
OP425	6,00	9,38	-3,38	40,00	5,71	-----
OP445	6,00	0,50	-----	40,00	48,34	-8,34
OP545	6,00	3,50	-----	40,00	48,96	-8,96
OP546	6,00	2,15	-----	40,00	77,27	-37,27
OP620	6,00	0,47	-----	40,00	47,73	-7,73

Para o alcance dos limites de fiabilidade requerida, assumindo o não agravamento da situação de todas as outras operações dever-se-á então reduzir o tempo de paragens por mil peças, em média, da OP425 em 3,38 minutos, bem como reduzir-se o número de paragens por mil peças, em média, da OP200 em 4,32; da OP445 em 8,34; da OP545 em 8,96; da OP546 em 37,27 e da OP620 em 7,73 ocorrências.

A partir do SAM é possível também analisar a evolução destes dois indicadores, o TAPM e FPM, para cada semana no intervalo de tempo definido. Na Figura 21 apresenta-se a evolução do FPM em função do tempo. Imediatamente abaixo, na Figura 22 apresenta-se uma representação das tendências (calculadas linearmente) dos mesmos valores:

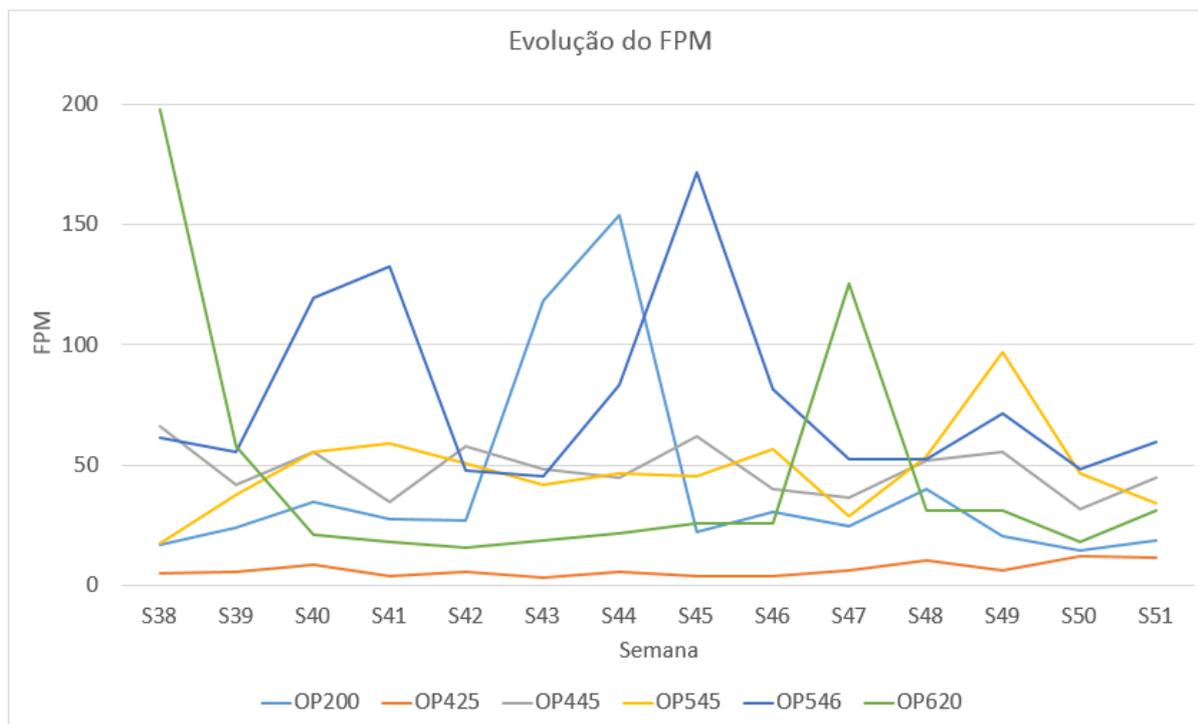


Figura 21 - Evolução do FPM

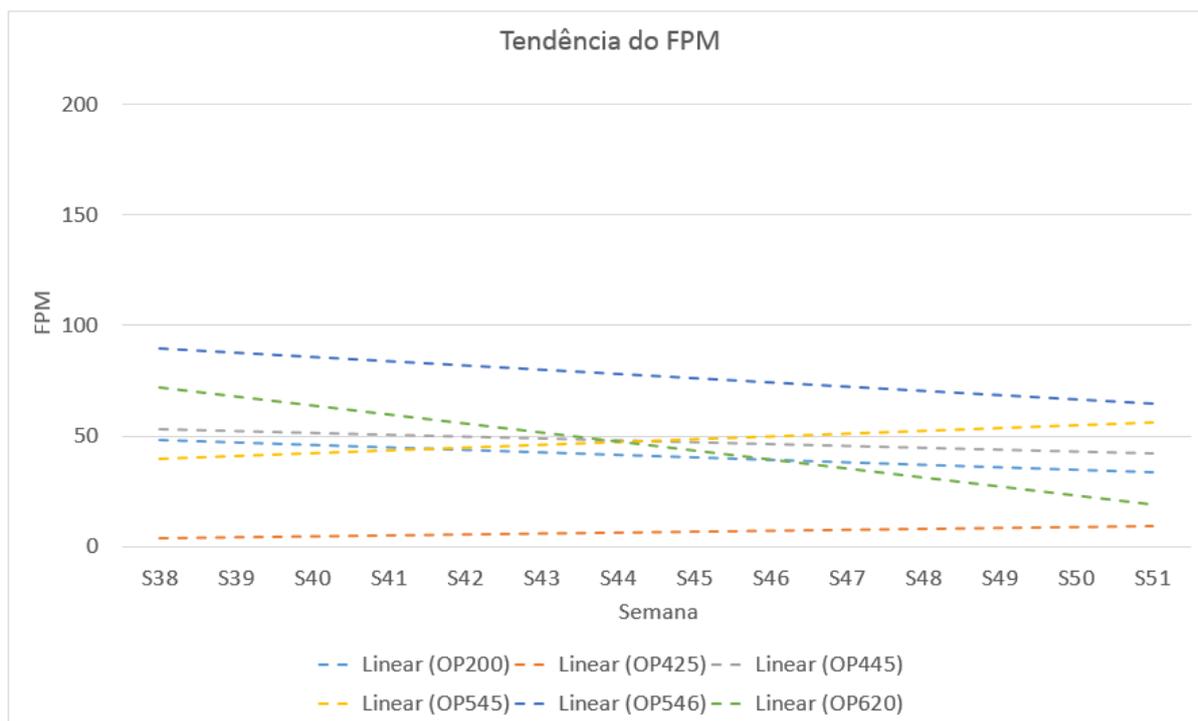


Figura 22 - Tendência do FPM

Os valores FPM, apesar de serem bastante variáveis em algumas das operações de trabalho em análise, apresentam quase na totalidade tendências decrescentes ou de estabilização. A única exceção é a OP545, que apresenta uma tendência crescente de número de ocorrências por mil peças produzidas.

Na Figura 23 apresenta-se a evolução do TAPM em função do tempo. Imediatamente abaixo, na Figura 24 apresenta-se uma representação das tendências (calculadas linearmente) dos mesmos valores:

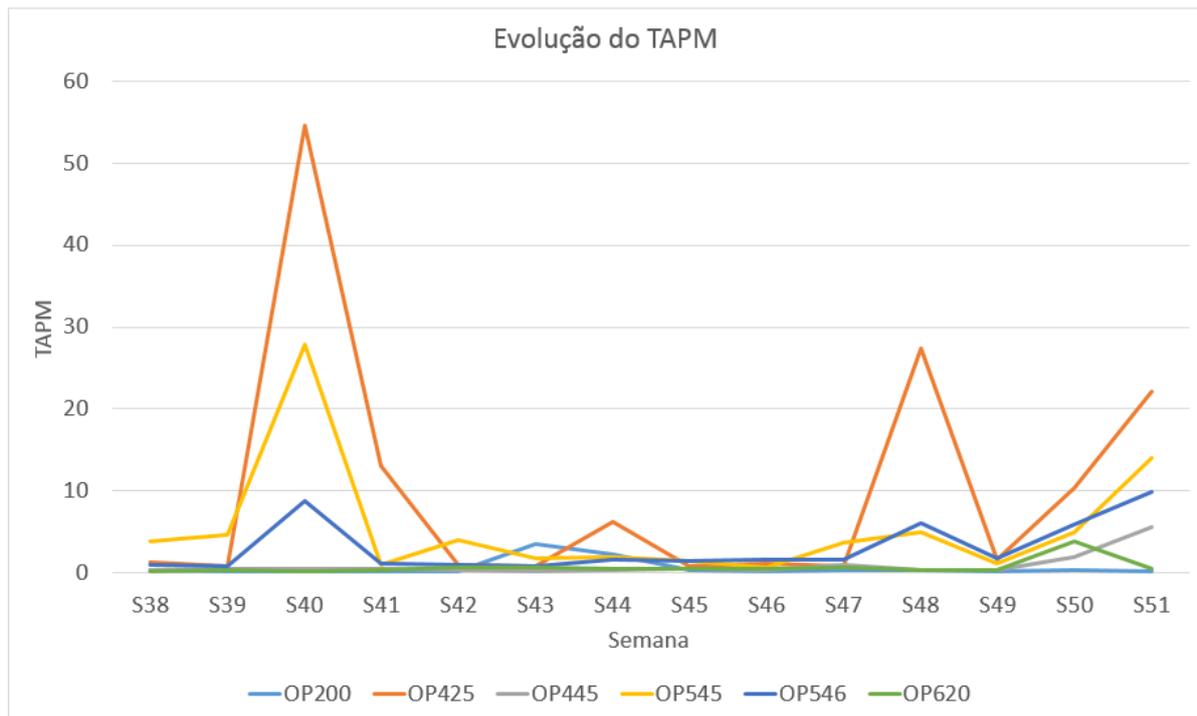


Figura 23 - Evolução do TAPM

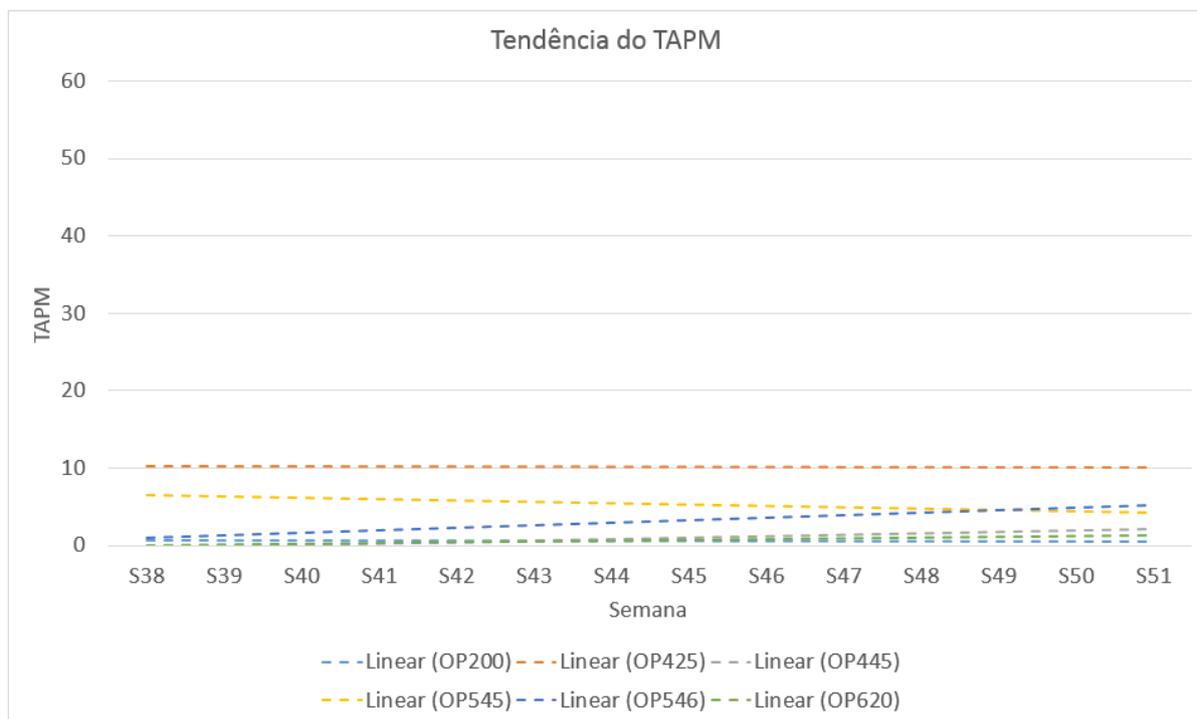


Figura 24 - Tendência do TAPM

Novamente, os valores TAPM, apesar de serem bastante variáveis em algumas das operações de trabalho em análise, apresentam em geral uma tendência de estabilização. Como exceções, a OP545 apresenta uma tendência notável de decrescimento, e a OP546 aponta uma tendência notável de crescimento de tempo de paragem por mil peças produzidas.

A avaliação deste problema, de modo a pesar as suas consequências, sujeita aos 3 critérios referidos na revisão da literatura, é a seguinte:

- **Importância** – A fiabilidade de equipamentos é um problema claramente importante para o alcance dos objetivos de produção propostos. Podemos então definir a sua importância como elevada;
- **Urgência** – Os objetivos de produção raramente são alcançados, o que pode colocar em risco o cumprimento dos requisitos de clientes. Este problema tem, então, uma urgência máxima;
- **Tendência** – Visto o FPM estar em tendência decrescente/estabilização e o TAPM encontrar-se relativamente estável, nos postos considerados mais críticos pelo não cumprimento dos limites estipulados, a tendência geral deste problema considera-se estável. O problema mantém-se com o decorrer do tempo.

3.3.3. Tempos de Ciclo

Com o intuito de verificar se todos os tempos de ciclo produtivos da linha de montagem MB02 eram inferiores ao *takt time*, o que permite o cumprimento dos requisitos do cliente, foi executado um estudo de tempos. Este estudo visa também a análise da realística exequibilidade do atual objetivo produtivo (600 caixas de velocidades por turno para produção exclusiva de JR e 560 caixas de velocidades por turno para produção mútua de JR e ND).

O primeiro passo deste estudo de tempos foi a definição do *takt time*. Este valor, frequência que uma parte ou componente deve ser produzida para cumprir os requisitos do cliente, pode ser calculado a partir da seguinte equação:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{Necessidade produtiva por turno}}$$

Equação 2 - Cálculo do takt time

Como referido na Equação 2, é necessário o cálculo auxiliar de dois valores, o tempo de trabalho disponível por turno, bem como a necessidade produtiva por turno. O tempo de trabalho disponível por turno é calculado a partir da subtração do tempo de intervalo/pausa ao tempo de trabalho total num turno de trabalho:

$$\text{Tempo de trabalho disponível} = \text{Tempo de trabalho} - \text{Tempo de intervalo}$$

Equação 3 - Cálculo do tempo de trabalho disponível

A necessidade produtiva por turno, uma “constante” diferente para os diferentes modelos de caixas de velocidades produzidos na linha (JR e ND) implica a definição de dois *takt times*.

Tabela 4 - Método de cálculo dos takt times

	JR	ND
Minutos de trabalho	480	
Minutos de intervalo	25	
Tempo de trabalho disponível	455	
Necessidade produtiva	600	560
<i>Takt time</i> (min)	0,76	0,81
<i>Takt time</i> (s)	45,5	48,8

Conforme visto na Tabela 4, onde se apresenta o método e passos de cálculo destes valores, o *takt time* da caixa de velocidades JR é de 45,5 segundos e o *takt time* da caixa de velocidades ND é de 48,8 segundos.

O segundo passo do estudo de tempos foi a cronometragem de todos os tempos de ciclo de todos os postos de trabalho. De modo a garantir uma correta e fiável cronometragem, foi verificado o cumprimento das instruções de trabalho e nível de treino dos operadores fabris. Foram evitadas medições em colaboradores em formação ou com pouca experiência e destreza no posto onde se encontravam. Em casos particulares, os operadores não cumpriam as instruções de trabalho pré-definidas nas FOS (Folha de Operação Standard). No entanto, a situação foi analisada, e quando este novo método de trabalho era mais eficaz que o standard, sem comprometer a qualidade do produto final, sugeriu-se uma nova redefinição do mesmo. Apesar disto, os tempos não foram contabilizados, devido à sua não conformidade com os restantes dados. Conforme dito por Liker & Meier (2006), os colaboradores entendem o objetivo da medição de tempos, e como tal, propositadamente alteram métodos de trabalho quando observados, para criar baixos requerimentos que são fáceis de cumprir. Para evitar esta fonte de discrepâncias com a realidade, conversas informais foram fulcrais para uma breve explicação do objetivo deste estudo: o aumento da produtividade da linha de montagem, e não a sobrecarga dos operadores fabris. Salvo raras exceções, a resposta dos operadores foi positiva, e as atividades foram executadas na sua normalidade. Para as exceções, as medições foram efetuadas discretamente, sem o conhecimento dos mesmos.

A execução da cronometragem foi realizada a partir de várias medições ao longo do turno de trabalho, durante vários dias, de modo a garantir ao máximo a normalidade dos dados obtidos. Para uma obtenção de um grau de confiança credível, à semelhança de Rodrigues (2016), foram recolhidos 30 tempos totais de fabricação para cada tipo de caixa em cada posto de trabalho, em situações consideradas de 100% de normalidade. No entanto, ao contrário do mesmo autor referido previamente, em vez de serem recolhidos tempos para um único operador de referência em cada posto, foram recolhidos tempos de 3 operadores, totalizando 90 amostras no total. Isto provou representar melhor a situação real da linha de montagem e a sua variabilidade humana inerente. Postos automatizados, devido à sua natureza, apenas sofreram a medição de 30 tempos. Os tempos foram recolhidos com o auxílio de um cronómetro digital, com precisão de décimas de segundo, e registados imediatamente numa folha de apoio. Existindo, generalizando, dois tipos de postos de trabalho (automatizados e manuais), foram criados dois tipos de folhas de registo. A Figura 25 representa uma folha de registo de posto automatizado.

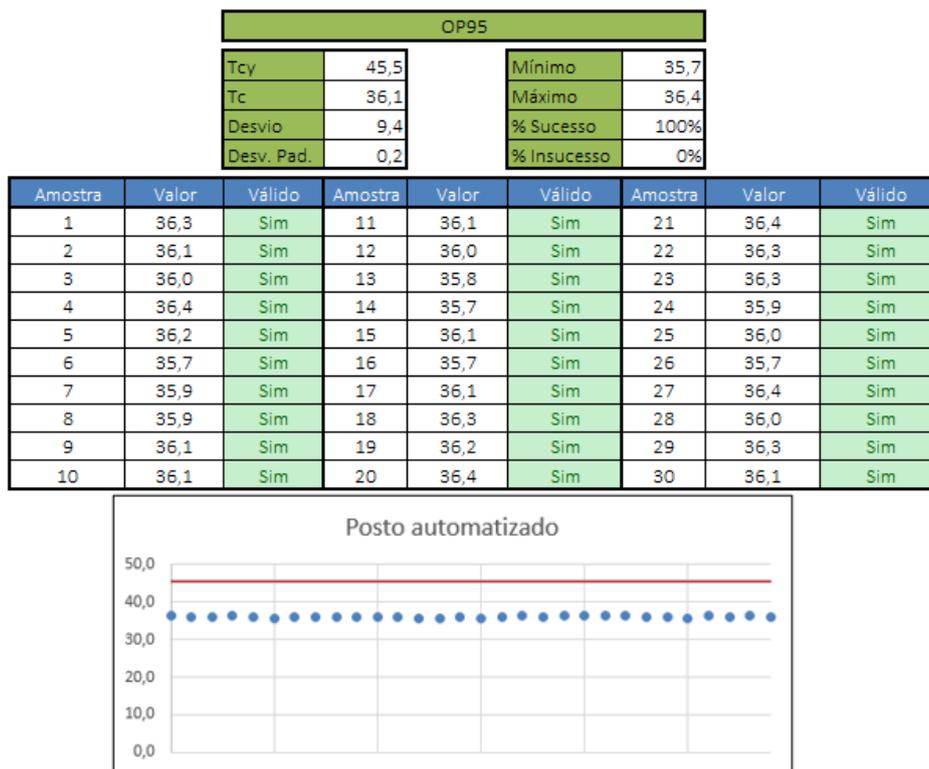


Figura 25 - Folha de registo para postos automatizados

Nesta folha de registo é possível observar as 30 amostras obtidas de tempos de ciclo, bem como a sua validade, ou seja, valor inferior ao *takt time*. O cálculo do tempo de ciclo do posto de trabalho, o tempo base para a execução do mesmo, é calculado a partir da média das 30 amostras obtidas.

$$Tc = \frac{\sum \text{Valores das amostras}}{30}$$

Equação 4 - Cálculo do tempo de ciclo de postos automatizados

Para a obtenção de alguns dados estatísticos sobre o posto foram também calculados alguns indicadores sobre as amostras:

- Desvio
- Desvio padrão
- Valores mínimos e máximos
- Taxa de sucesso e insucesso de cumprimento do *takt time*

$$\text{Desvio} = Tcy - Tc$$

Equação 5 - Cálculo do desvio

$$\text{Desvio padrão} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Valores das amostras} - Tc)^2}{30}}$$

Equação 6 - Cálculo do desvio padrão

Por análise direta desta folha, é possível observar que a máquina analisada possui um tempo de ciclo de 36,1 segundos, 9,4 segundos inferior ao estipulado pelas necessidades produtivas. É

interessante referir o reduzido desvio padrão obtido para tempos de ciclo, pela ausência de intervenção humana e sua correspondente variabilidade. A máquina cumpre na totalidade os *takt times* definidos.

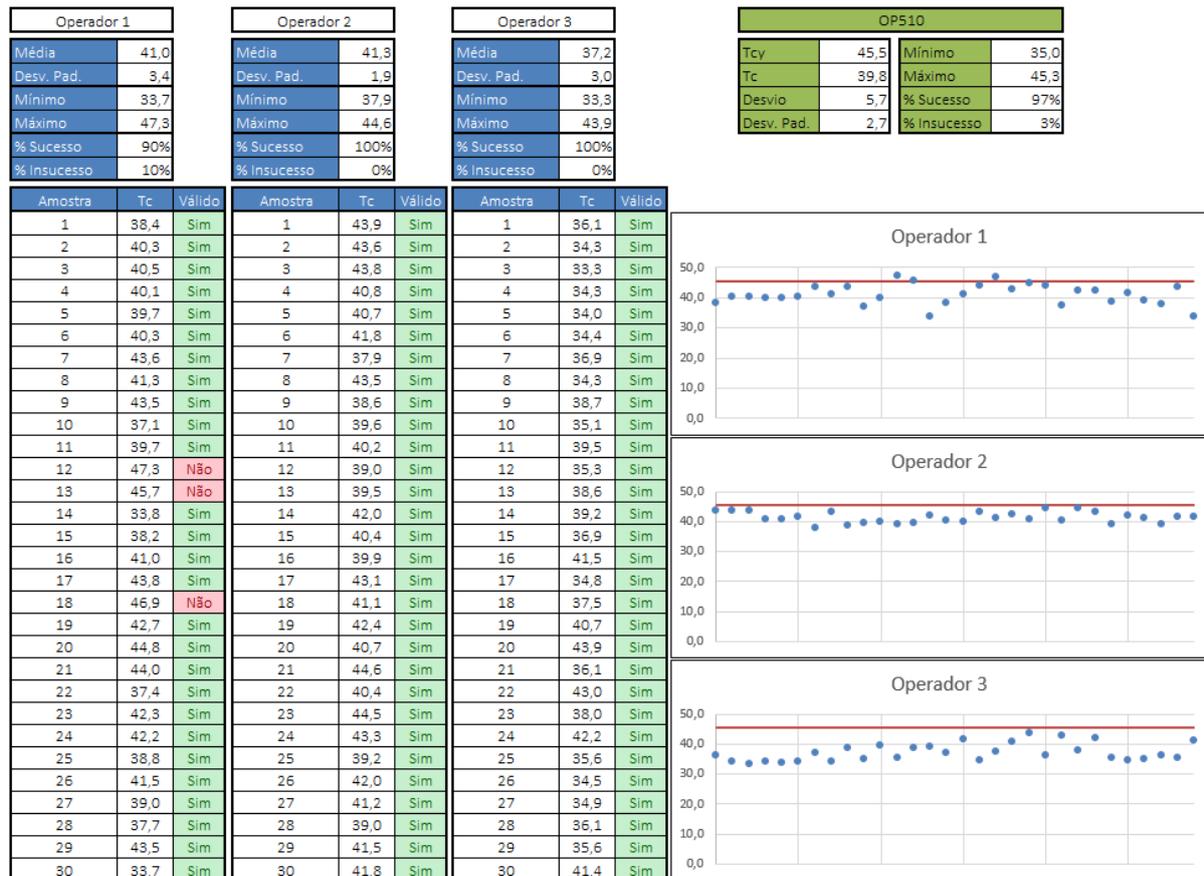


Figura 26 - Folha de registo para postos manuais

A folha de registo para postos manuais (Figura 26), onde se podem observar as 90 amostras obtidas, segue a mesma lógica de análise e cálculo dos postos automatizados. No entanto, todos os indicadores previamente referidos são calculados para cada operador, e no final, para cálculo geral do posto de trabalho, é executada a média de todos eles, permitindo a determinação do tempo mais provável para a execução das tarefas, sem esforço e a um ritmo regular, independentemente do operador.

No caso das operações que possuem postos em paralelo, que executam a mesma função, foram retirados os tempos de cada um, sendo posteriormente divididos por dois. Isto acontece nas operações OP465 (1 e 2), bem como as operações OP545 e OP546. No caso em que um operador executa mais que um posto de trabalho na sua função, ambos os postos são considerados um único posto, e consequentemente, os tempos de ciclo foram considerados iguais para ambos

Por análise direta desta folha, é possível observar que o operador 3 possui o menor tempo de ciclo observado, cumprindo na totalidade das amostras o *takt time*. Ao invés dele, o operador 1, possuindo a maior variabilidade (desvio padrão), apenas obtém uma taxa de sucesso de 90% de cumprimento do *takt time*. O operador 2, apesar de ser o mais lento na execução das suas tarefas, é o mais estável e apresenta a menor variabilidade e fiabilidade de execução. Os gráficos desenhados para cada operador confirmam visualmente estas observações. Obtém-se então um tempo de ciclo do posto de 39,8 segundos, 5,7 segundos inferior ao valor estipulado pelas necessidades produtivas.

O cálculo automático e atualização de todos os referidos valores de ambas as folhas de registo prova ser uma funcionalidade extremamente útil que permite uma rápida análise e comparação de um novo operador em um novo posto, a operadores com destreza e experiência de trabalho nele, bem como a simples atualização de amostras em operadores conhecidos após a aplicação de melhorias ao posto. Uma página dedicada para a parametrização dos valores base, representada na Figura 27,

permite uma rápida e eficaz definição do *takt time* em todas as folhas de registo caso algum dos valores necessários ao seu cálculo seja alterado.

Produção necessária	600
Horas de trabalho	8
Minutos de intervalo	25
Tcy	45,5

Figura 27 - Página de parametrização de valores base

O terceiro e final passo deste estudo de tempos passa pela aglomeração de resultados obtidos para os postos de trabalho, sua análise e identificação de problemas, de modo a definir a *performance* atual de produção. De modo a facilitar esta análise, foram criadas 3 representações dos mesmos resultados, cada uma com as suas vantagens e desvantagens. Encontra-se representado na Tabela 5 uma aglomeração dos tempos de ciclo na produção de JR medidos para cada posto, bem como a sua taxa de cumprimento do *takt time*. Os tempos de ciclo seguem uma codificação colorida, que permite uma rápida identificação dos postos com elevados tempos de ciclo. Os valores abaixo do 10º percentil representam-se a verde, os valores no 50º representam-se a amarelo, e o valor mais alto representa-se a vermelho. Os restantes valores, dentro do seu valor numérico, enquadram-se nesta escala de 3 cores.

Tabela 5 - Tempos de ciclo da produção de JR

Posto de trabalho	Tc	% Sucesso	Posto de trabalho	Tc	% Sucesso
OP95	36,1	✓ 100%	OP460	36,9	✓ 100%
OP100	41,9	✓ 100%	OP465-1	40,3	✓ 100%
OP150	32,3	✓ 100%	OP465-2	37,9	✓ 100%
OP151	39,3	✓ 100%	OP470	37,8	✓ 100%
OP175-410	38,8	⚠ 98%	OP500-505	39,3	✓ 100%
OP195-200	36,4	✓ 100%	OP502	39,4	✓ 100%
OP205	31,2	✓ 100%	OP507	40,4	✓ 100%
OP210	42,0	✓ 100%	OP508	38,1	✓ 100%
OP300	37,9	✓ 100%	OP510	39,8	⚠ 97%
OP320	30,0	✓ 100%	OP530	40,9	✓ 100%
OP400	36,9	✓ 100%	OP535	45,0	✓ 100%
OP420	38,7	✓ 100%	OP540	38,8	✓ 100%
OP425	38,8	✓ 100%	OP545	41,9	✗ 86%
OP430	36,1	✓ 100%	OP546	42,8	✗ 80%
OP435	9,2	✓ 100%	OP600	33,0	✓ 100%
OP440	35,4	✓ 100%	OP620	37,7	✓ 100%
OP445	34,9	✓ 100%	OP640	29,7	✓ 100%
OP455	32,2	✓ 100%	OP650	34,7	✓ 100%

De modo a obter uma representação mais gráfica destes dados, criou-se o gráfico representado na Figura 28, onde nas colunas cinzentas (postos automatizados) e colunas azuis (postos manuais) se representam os tempos de ciclo. A linha vermelha, representante do *takt time*, fornece uma rápida comparação visual entre estes dois valores.

- Apesar de executarem a mesma função, pelas mais variadas razões, os postos paralelos (OP465-1/OP465-2 e OP545/OP546) podem apresentar significativas diferenças entre os seus tempos de ciclo;
- A quase totalidade dos postos de trabalho cumpre quase sempre os tempos de ciclo previstos pelo *takt time*, no entanto, a produção raramente é atingida. Isto indica que uma análise “crua” aos tempos de ciclo de cada posto, em situações de 100% normalidade, poderá não ser o suficiente para resolver este problema de cumprimento de requisitos de cliente.

Uma análise aos 3 “*Mu*” pode também ser efetuada:

- Não existem situações de *Muri*, irracionalidade, quando a carga excede a capacidade. Isto efetivamente indica que, na teoria, é possível cumprir o *takt time* pretendido. No entanto, como os tempos foram todos retirados em situações de 100% de normalidade, o mesmo pode não ser realizável;
- Existem alguns casos de *Mura*, inconsistência, em que por vezes a capacidade excede a carga e a carga às vezes excede a capacidade. Será conveniente uma análise ao porquê destas situações ocorrerem;
- A maior parte dos postos encontra-se em *Muda*, desperdício de capacidade, quando a capacidade excede a carga.

De modo a definir a magnitude do problema, convém definir uma *performance* desejada. Apesar de, obviamente, a *performance* desejada ser o menor de tempo de ciclo possível, limitações orçamentais, de processo e de tempo não tornam este objetivo possível. Para contrariar a situação descrita na OP535, definiu-se um objetivo máximo de tempos de ciclo de 43 segundos, o que por cada peça produzida fornecerá 2 segundos de folga para paragens por avarias e similares.

Posta esta definição de objetivos, consegue-se realizar a identificação do posto não concordante com eles: a OP535. Uma redução do tempo de ciclo deste posto em, no mínimo, 2 segundos, é necessária para uma maior hipótese de sucesso de cumprimento de objetivos. No entanto, alterações a outros postos de trabalho provar-se-ão sempre úteis e bem-vindas. Estas alterações irão fornecer um maior “pulmão” à linha, capacidade para lidar com as dificuldades oriundas das falhas na produção, o que em situação ideal nunca afetarà a disponibilidade operacional dos postos *bottleneck*, tornando-se assim irrelevantes estas falhas para o alcance da produção pretendida.

Tosi, Locke, & Latham (1991) tentaram identificar os objetivos que produzem os níveis de desempenho mais elevados e quais os que estimulam a atenção, o esforço e a persistência dos indivíduos. De acordo com estes autores, os superiores e subordinados devem participar no estabelecimento de objetivos, para que os colaboradores os aceitem mais facilmente. Poderá também utilizar-se a recompensa como auxílio para a aceitação dos mesmos. Contudo é necessário que esses mesmos objetivos sejam desafiantes, mas alcançáveis e que exista um feedback de forma a informar o colaborador do seu progresso.

Estes conceitos, podendo ser aplicados à linha de montagem, sugerem que para os objetivos de produção serem mais eficazes é necessário que os mesmos reúnam características do acrónimo SMART:

- **Specific** – Os objetivos são específicos, deseja-se a produção de 600 caixas de velocidades JR por turno;
- **Measurable** – Os objetivos são mensuráveis, é possível saber a produção atual a cada instante;
- **Agreed** – Os objetivos são alcançáveis, devido à totalidade dos tempos de ciclo ser inferior ao *takt time*;
- **Realistic** – Os objetivos apesar de alcançáveis, não são realistas. Qualquer segundo perdido devido a falhas de produção ou similares na OP535 implicará a perda de um segundo de

produção em toda a linha de montagem. Dados de fiabilidade de equipamentos descritos em capítulos anteriores confirmam esta afirmação;

- **Timed** – Os objetivos devem ser alcançados num período de tempo, neste caso, cada turno.

Este não cumprimento das características do acrónimo SMART justifica o raro atingimento dos objetivos em dias de produção de caixas de velocidades JR. Uma hipótese para a resolução deste problema é a redução do objetivo; no entanto, necessidades de clientes tornam isto impossível, e não é o caminho que a organização deseja percorrer. Como tal, é essencial a aplicação de medidas de melhoria contínua aos postos de trabalho fulcrais, de modo a fornecer um aumento da cadência teórica máxima desta linha de montagem e um aumento da sua produtividade.

À semelhança da produção de JR, a mesma análise descrita nos últimos parágrafos foi efetuada para a produção de ND. As mesmas 3 representações mencionadas anteriormente foram recriadas, sendo inseridos os novos dados. Na Tabela 6 representa-se uma aglomeração dos tempos de ciclo na produção de ND medidos para cada posto, bem como a sua taxa de cumprimento de *takt time*. Devido a um ligeiramente diferente processo produtivo entre estes dois modelos de caixas de velocidades, existem postos de trabalho que só são executados conforme o modelo atual em produção, e como tal, apenas estes se encontram analisados e descritos.

Tabela 6 - Tempos de ciclo da produção de ND

Posto de trabalho	Tc	% Sucesso	Posto de trabalho	Tc	% Sucesso
OP95	33,7	100%	OP455	24,2	100%
OP100	42,9	100%	OP460	22,8	100%
OP150	44,5	97%	OP465-1	39,1	100%
OP151-152	45,4	81%	OP465-2	37,4	100%
OP153-154	44,2	96%	OP470	47,7	100%
OP180-315	48,0	71%	OP500	35,7	100%
OP195-200	48,3	73%	OP508	17,8	100%
OP210	48,6	73%	OP530	39,1	100%
OP400	42,1	93%	OP540	39,5	100%
OP415	39,7	97%	OP545	47,8	74%
OP420	47,6	100%	OP546	49,1	47%
OP425	47,7	100%	OP600	48,5	93%
OP430	42,1	96%	OP620	39,5	100%
OP435	22,1	100%	OP640	35,0	100%
OP440	43,9	100%	OP650	36,0	100%
OP445	43,3	99%			

De modo a obter uma representação mais gráfica destes dados, criou-se o gráfico representado na Figura 30, onde, novamente, as colunas representam os tempos de ciclo e a sua colorização representa o tipo de posto (colunas cinzentas representam postos automatizados e colunas azuis representam postos manuais). A linha vermelha, representante do *takt time*, fornece uma rápida comparação visual entre estes dois valores.

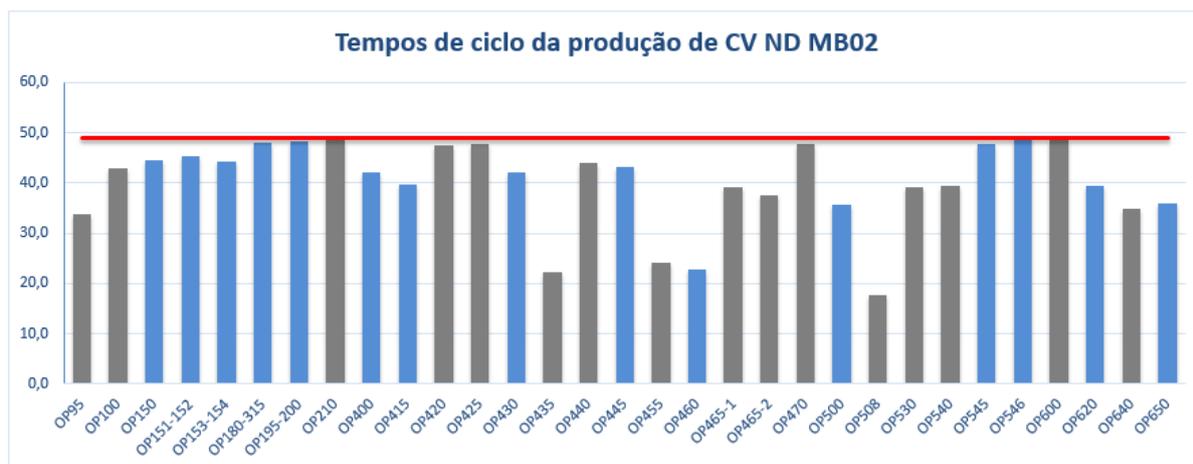


Figura 30 - Representação gráfica dos tempos de ciclo da produção de ND

Apesar da validade e utilidade de ambas estas representações, novamente, uma representação esquemática, apresentada na Figura 31, provou ser a melhor representação, devido à natureza não totalmente linear da linha de montagem. Esta representação esquemática continua a seguir a escala de cores previamente definida.

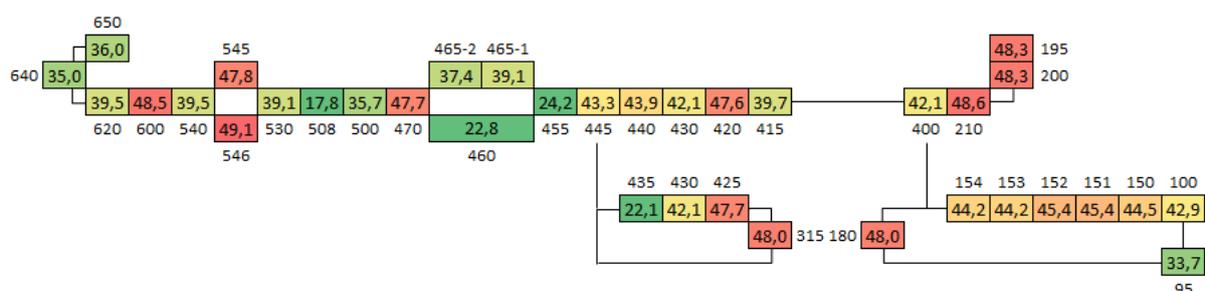


Figura 31 - Representação esquemática dos tempos de ciclo da produção de ND

Uma análise a estas 3 representações dos dados obtidos e amostras recolhidas permite-nos tirar algumas conclusões imediatas:

- O posto OP546, posto que serve como banco de ensaios das caixas de velocidades de produzidas, de modo a verificar o seu funcionamento antes da aplicação de componentes finais e expedição, tendo o seu tempo de ciclo maior que o *takt time*, não consegue atingir a produção desejada, e é o atual *bottleneck* da linha;
- Existem vários outros postos com o seu tempo de ciclo praticamente igual ao *takt time*, por exemplo, os postos OP210 e OP600, não existindo quase nenhuma folga para defeitos de produção, desativação ou saturação do posto. Quase todos os segundos perdidos nestes postos significam segundos perdidos na produção geral da linha;
- À semelhança do observado na análise aos tempos de ciclo da produção de JR, regra geral, os postos manuais trabalham ao ritmo dos postos automatizados circundantes. Aqui, esta situação encontra-se representada, por exemplo, na OP445, que trabalha quase exatamente ao ritmo da OP440, bem como a OP180/315 que trabalha praticamente ao mesmo ritmo da OP425. Isto poderá implicar que uma redução aos tempos de ciclo destes postos automatizados levará a uma redução dos tempos de ciclo dos postos manuais envolventes;
- Apesar de executarem a mesma função, pelas mais variadas razões, novamente, os postos paralelos (OP465-1/OP465-2 e OP545/OP546) apresentam significativas diferenças entre os seus tempos de ciclo. No entanto, estas mesmas diferenças são relativamente proporcionais à diferença observada na produção de JR. Isto indica que a causa será um eventual disfuncionamento dos postos de trabalho ou diferenças no método produtivo;

- Ao invés da produção de JR, existem vários postos que nem sempre cumprem os tempos de ciclo previstos pelo *takt time*, sendo que na pior situação observada, o tempo apenas é cumprido em 47% das amostras. Isto indica que é urgente a aplicação de medidas de melhoria contínua com objetivo da redução da variabilidade e do tempo de ciclo dos postos respetivos.

Uma análise aos 3 “*Mu*” pode também ser efetuada:

- Existe uma situação de *Muri*, irracionalidade, quando a carga excede a capacidade. Isto indica que é impossível cumprir o *takt time* pretendido;
- Existem bastantes casos de *Mura*, inconsistência, em que por vezes a capacidade excede a carga e a carga às vezes excede a capacidade. Uma análise ao porquê destas situações ocorrerem é fulcral;
- Existem bastantes casos de *Muda*, desperdício de capacidade, quando a capacidade excede a carga.

De modo a definir a magnitude do problema, convém definir uma *performance* desejada. Apesar de a *performance* desejada ser o menor tempo de ciclo possível, limitações orçamentais, de processo e de tempo não tornam este objetivo possível. Devido também ao fim da produção esperada de ND para agosto de 2018, grandes alterações que exijam elevados orçamentos não serão realizáveis. O objetivo baseia-se em efetuar alterações aos postos de trabalho para que todos eles consigam cumprir o *takt time*.

Posta esta definição de objetivos, consegue-se realizar a identificação do posto não concordante com eles: a OP546. Uma redução do tempo de ciclo deste posto em, no mínimo, 0,3 segundos é necessária para uma maior hipótese de sucesso de cumprimento de objetivos. A variabilidade inerente às amostras obtidas neste posto de trabalho mostra-se também ser um importante fator a analisar e resolver. No entanto, conforme referido na análise efetuada à caixa de velocidades JR, alterações a outros postos de trabalho provar-se-ão sempre úteis e bem-vindas, visto que irão fornecer um maior “pulmão” à linha, capacidade para lidar com as dificuldades oriundas das falhas na produção.

Uma análise ao cumprimento das características do acrónimo SMART (Tosi et al., 1991) dos objetivos de cadência de produção pode também ser realizada para a caixa de velocidades ND:

- **Specific** – Os objetivos são específicos, deseja-se a produção de 560 caixas de velocidades ND por turno;
- **Measurable** – Os objetivos são mensuráveis, é possível saber a produção atual a cada instante;
- **Agreed** – Os objetivos não são alcançáveis, devido à presença de um tempo de ciclo superior ao *takt time*;
- **Realistic** – Os objetivos não sendo alcançáveis também não são realistas.
- **Timed** – Os objetivos devem ser alcançados num período de tempo, neste caso, cada turno.

Este não cumprimento das características do acrónimo SMART justifica o não atingimento dos objetivos em dias de produção de caixas de velocidades ND e indica a necessidade da aplicação de melhorias aos postos de trabalhos inerentes.

A avaliação deste problema, de modo a pesar as suas consequências, sujeita aos 3 critérios referidos na revisão da literatura, é a seguinte:

- **Importância** – Os tempos de ciclo da linha MB02 não possuem influência direta na satisfação do cliente, no entanto, a sua redução facilita o alcance dos objetivos de produção propostos. Define-se a sua importância como média;
- **Urgência** – Os objetivos de produção raramente são alcançados, o que pode colocar em risco o cumprimento dos requisitos de clientes. Este problema tem, então, uma urgência máxima;

- **Tendência** – Os tempos de ciclo dos postos manuais poderão apresentar uma tendência decrescente devido ao aumento da destreza dos operadores fabris conforme a sua experiência, no entanto, se levarmos em conta o fator idade, quanto maior a idade, menor destreza é esperada, e conseqüentemente, os tempos irão apresentar tendência crescente. Ao invés dos postos manuais, os postos automatizados apresentam tempos de ciclo quase constantes. Este problema, então, apresenta uma tendência estável. O problema mantém-se com o decorrer do tempo.

3.3.4. Cárteres de Mecanismo

Apesar da identificação de 3 grandes problemas existentes nesta linha de montagem, tal como descrito nestas últimas 3 secções, que prejudicavam sua a produtividade, e várias implementações práticas terem sido efetuadas, os resultados que se pretendem não são atingidos. A produção diária sofreu um ligeiro aumento, o que indica o sucesso destas implementações, mas mesmo assim, os objetivos diários continuam raramente a ser alcançados.

Conforme descrito na revisão da literatura, para a resolução de problemas e implementação de melhorias é necessário entender na totalidade a situação atual, o que significa ir ao local observar e analisar profundamente o que se está a passar. A disciplina de cuidadosamente observar o processo atual sem diretamente saltar para preconcepções, com uma mente “vazia”, começa com o processo de verdadeiramente entender o problema. Isto leva a uma explicação detalhada do que está a acontecer e quais os seus efeitos na área, na equipa, no cliente ou na empresa, e revela o porquê de o problema merecer atenção. (Liker & Meier, 2006)

O consenso do porquê desta falta de sucesso de cumprimento de objetivos na produção das caixas de velocidades JR nunca era alcançado e as responsabilidades eram distribuídas por todo o tipo de zonas de atividade de colaboradores. De modo a tentar atingir este consenso, ou a maior taxa de concordância possível entre quem analisa a linha de montagem, seguindo os métodos descritos na revisão da literatura, realizou-se uma análise dos “5 Porquês”, com o objetivo de encontrar a causa raiz do problema, representada na Figura 32.

Descrição do Problema		Objetivos de produção raramente cumpridos			
Causas potenciais	Porquê? (1)	As caixas de velocidades não "fluem" em localizações intermédias da MB02, nomeadamente, na OP430			
	Porquê? (2)	OP430 encontra-se frequentemente desativada	OP430 encontra-se em frequente falta externa		
	Porquê? (3)	Operações OP420 e OP425 não estão sincronizadas		Operador ultrapassa tempo de ciclo	
	Porquê? (4)	OP425 encontra-se frequentemente desativada	Posto não se encontra otimizado	Operador necessita de executar tarefas não cíclicas	
	Porquê? (5)	OP300 ultrapassa o tempo de ciclo	Elevado tempo de transporte	Necessidade produtiva de dois modelos de CV	Necessário o abastecimento de postos circundantes

Figura 32 - Análise dos "5 Porquês"

De modo a entender na totalidade a situação atual, a observação de dados retirados do SAM claramente não era suficiente, tanto pela sua falta de parametrização, como a nunca total representação detalhada dos problemas de uma linha de montagem. Com uma mente “vazia”, o autor despendeu vários dias, pertencentes a várias semanas, observando cuidadosamente a linha, analisando ao detalhe todos os pormenores encontrados, questionando os operadores fabris sobre tudo o que desconhecia, visto que, sem dúvida, são eles quem mais conhecimento prático possuem dos postos de trabalho. A elevada variabilidade observada em tempos de ciclo, bem como a rotatividade horária dos

operadores, dificultaram este processo, pois as condições base nunca eram as mesmas. Como foi observado várias vezes, o que é um problema hoje, amanhã pode não ser.

No entanto, um problema era constante e apenas em situações particulares não existia. As caixas de velocidades não “fluíam” em localizações intermédias da MBO2. Os postos iniciais da linha encontravam-se geralmente saturados, enquanto os postos finais da linha encontravam-se maioritariamente desativados. Esta situação, destacada com retângulos pretos, encontra-se representada na Figura 33, um esquema das operações penalizantes para um certo intervalo temporal.

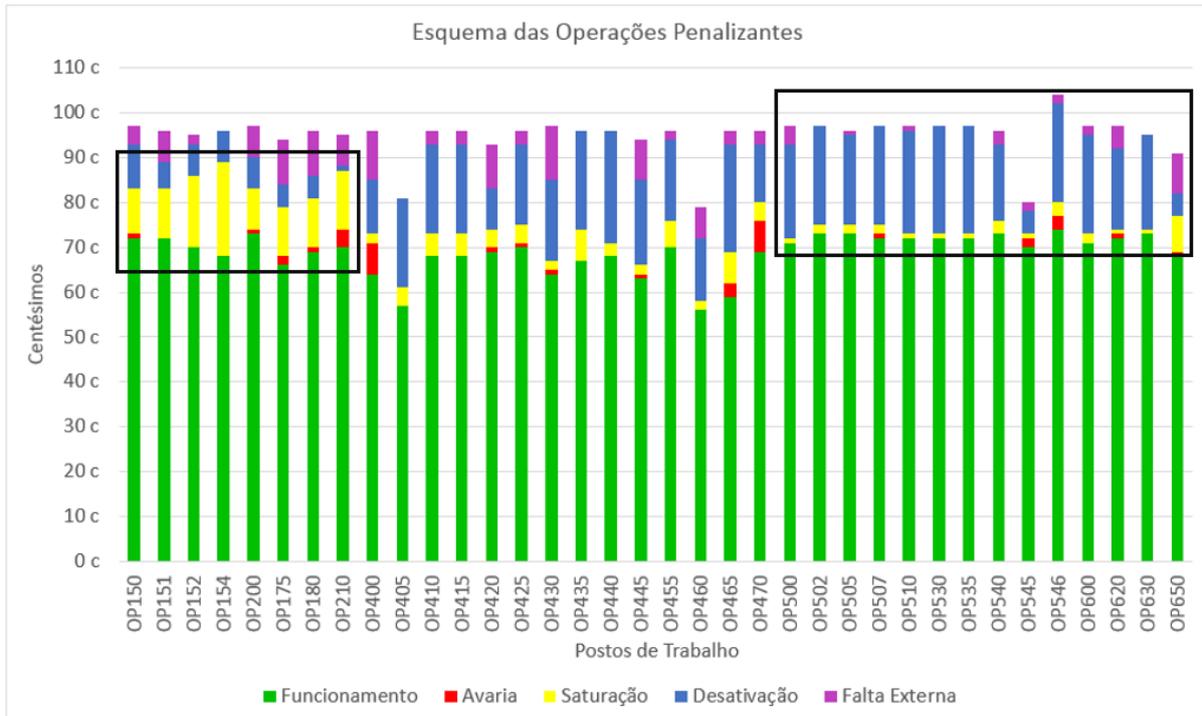


Figura 33 - Representação geral da operacionalidade dos postos de trabalho

Estando o posto *bottleneck* localizado na zona final da linha de montagem, a sua desativação é um fator crítico para o cumprimento dos requisitos dos clientes. O próprio conceito de um posto *bottleneck* indica que uma paragem nele representa uma paragem produtiva total na linha. Tal como representado na Figura 34, causas de paragem deste posto num certo intervalo temporal, uma taxa de não disponibilidade operacional por desativação de aproximadamente 19% indica que este posto não está a trabalhar em 19% da sua capacidade produtiva devido à falta de peças, explicando os fracos resultados produtivos obtidos diariamente.

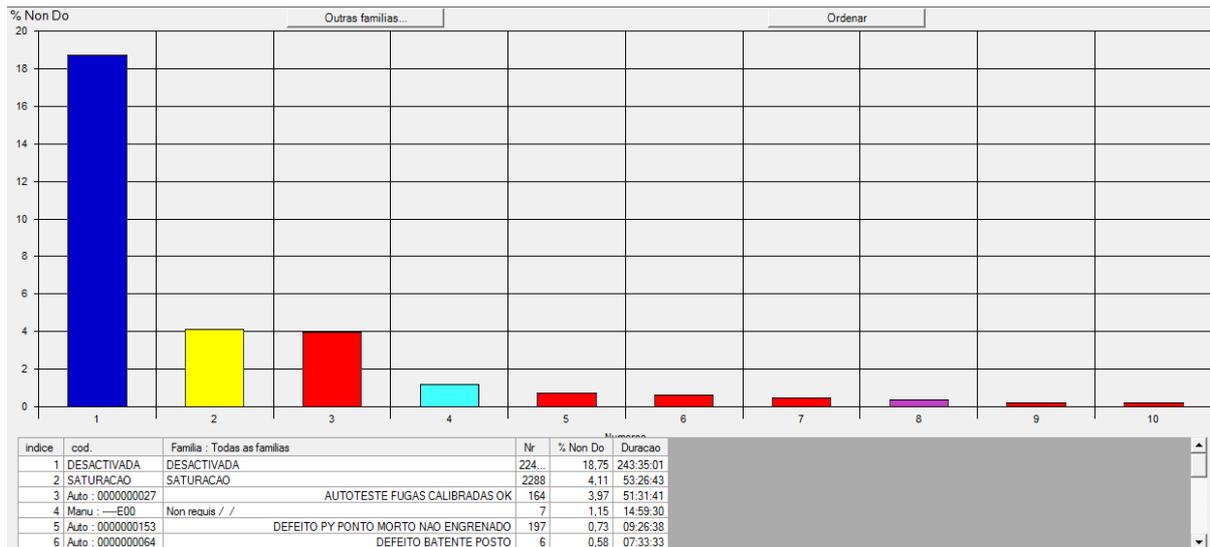


Figura 34 - Causas de paragem da OP535

Uma observação mais cuidada durante este tempo de análise indicou que nos postos intermédios desta linha de montagem, o maior culpado para este não fluxo de peças era a OP430, o posto com a maior taxa de faltas externas entre todos os equipamentos existentes, tal como visto na Figura 35.

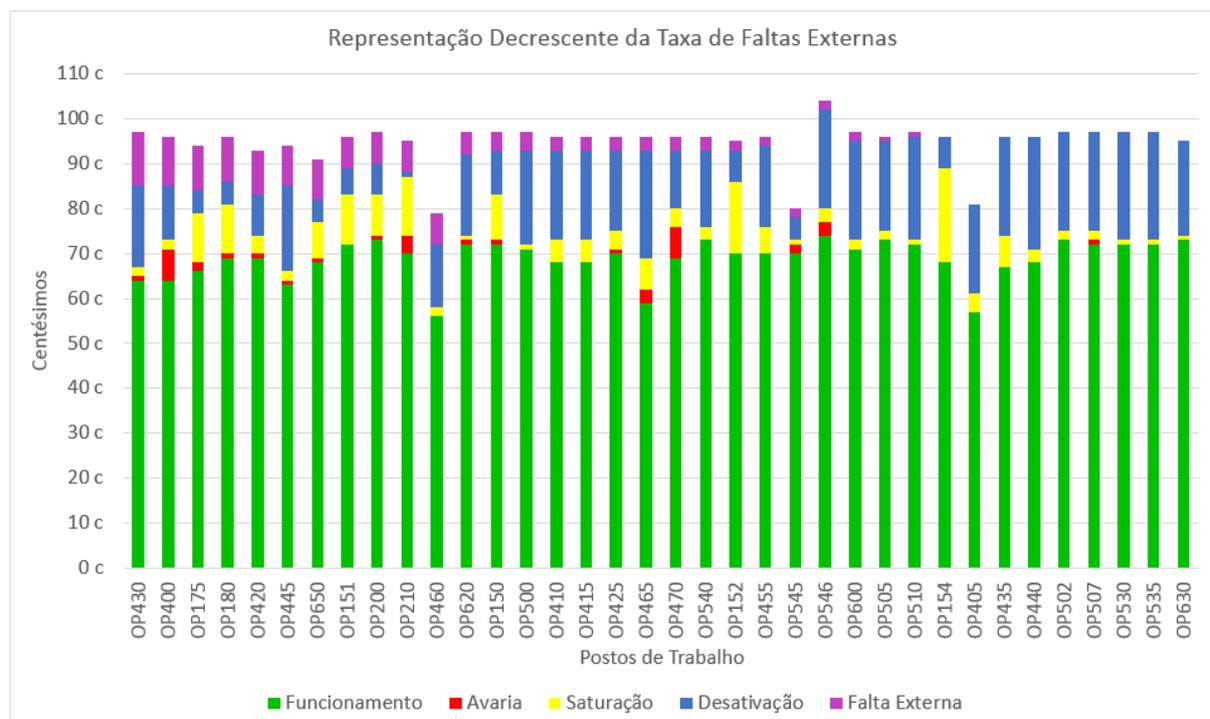


Figura 35 - Representação decrescente da taxa de faltas externas

Esta prévia afirmação prova-se ser completamente contraintuitiva, visto, tal como referido no capítulo 3.3.3, este ser um dos postos de trabalho com menor tempo de ciclo da linha, e a principal causa das faltas externas num posto de trabalho é o excesso de tempo de ciclo.

Tal como referido na segunda iteração de questionamento da análise dos “5 Porquês” (Figura 32), as principais duas razões para este não fluxo de peças são a grande desativação e taxa de falta externa deste posto de trabalho, a OP430. Novamente, utilizando dados do SAM, esta afirmação pode ser comprovada e representada na Figura 36. A principal causa de paragem deste posto é a sua desativação, representando 10,57% da não disponibilidade operacional. No entanto, apesar de não tão

“intensas” individualmente, a aglomeração de todas as causas pertencentes à família das faltas externas representa 17,08% da não disponibilidade operacional.

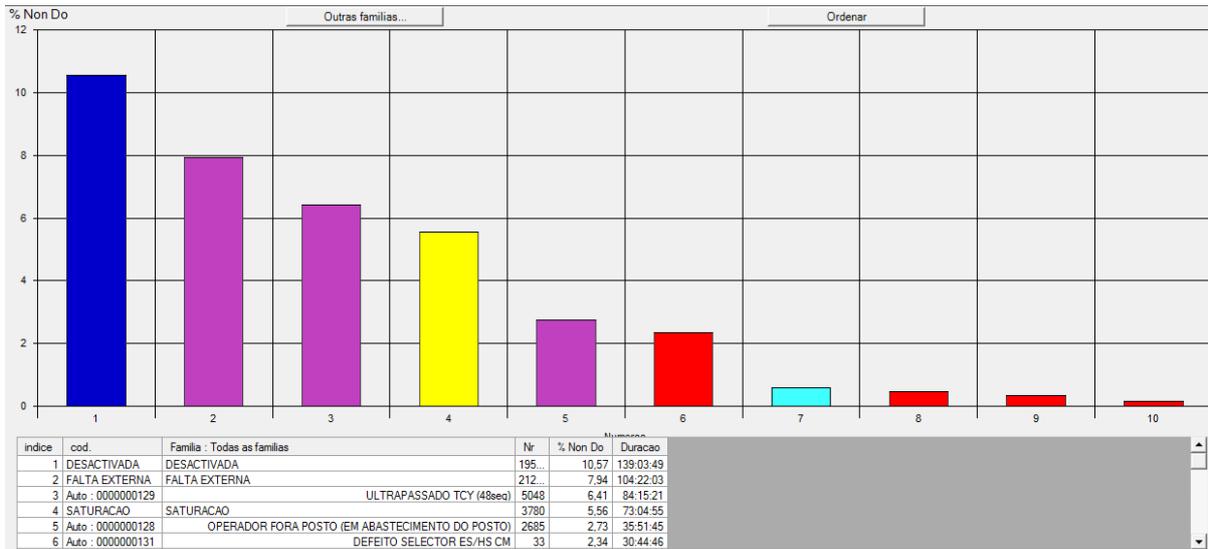


Figura 36 - Causas de paragem da OP430

A principal causa de uma taxa de desativação tão grande por este posto de trabalho provém, conforme descrito na terceira iteração de questionamento da análise dos “5 Porquês”, do não sincronismo entre as operações OP420 e OP425. De modo a entender o que este sincronismo significa, descreve-se de seguida o funcionamento desta zona de linha de montagem (Figura 37).

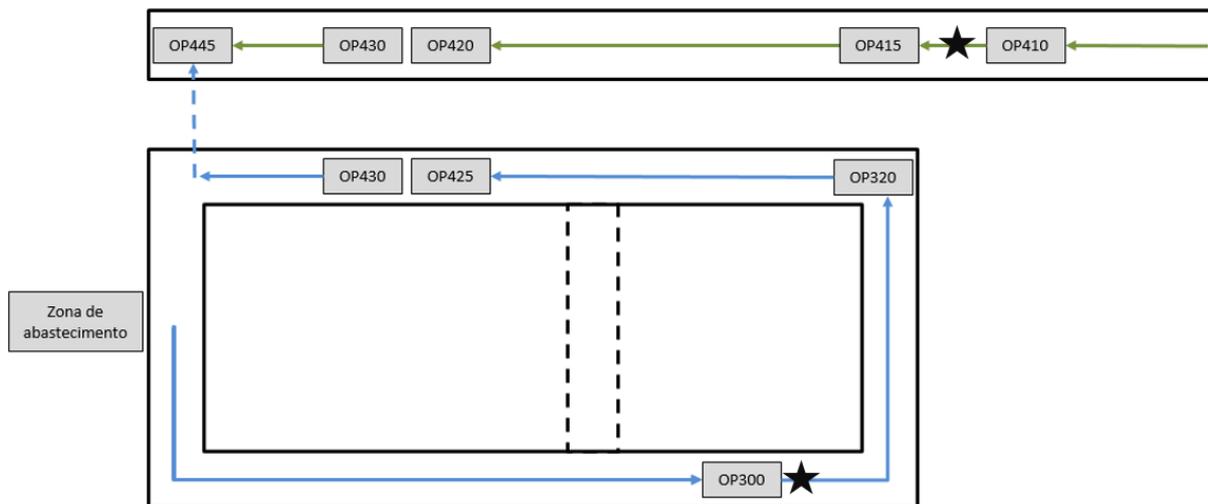


Figura 37 - Zona da linha de montagem MB02 referente aos cárteres de mecanismo

Representado com setas verdes está o percurso dos cárteres de embraiagem, transportados em tapetes rolantes. Os cárteres são transportados até à OP410. Após a OP410 terminar o seu trabalho, é enviado um **signal** à OP300 que indica que ela pode começar a sua operação. De seguida, os cárteres são transportados até à OP420, passando, mas não sendo trabalhados, na OP415, visto esta operação apenas se encontrar em funcionamento na produção de ND. Representado com setas azuis está o percurso dos cárteres de mecanismo, que são transportados em tapetes rolantes com um formato “circular”. Os cárteres são abastecidos pelo operador da OP430 na zona de abastecimento. De seguida, são transportados até à OP300 onde, após receberem o **signal** de avanço, são trabalhados, de modo a os pré-preparar para a OP320, onde sofrem um aperto automatizado do módulo de comando. Após este aperto, são transportados até à OP425. No momento em que ambas estas operações, OP420 e OP425, possuem uma peça para trabalhar, começam a sua atividade. A OP420 apenas trabalha

juntamente com a OP425, e vice-versa. Nasce daqui então o sincronismo referido previamente. Após a execução destas operações automatizadas, ambos os cárteres são transportados para a OP430, onde novamente, o sincronismo é existente. Um operador fabril executa tarefas em ambos os tapetes rolantes, e apenas quando ambos os lados estão preparados, o material segue em frente. De seguida, em operações não relevantes para esta análise, continuam a ser trabalhados. Finalmente, na OP445, um operador fabril pega no cárter de mecanismo e junta ao cárter de embraiagem, fechando a caixa de velocidades.

Tornam-se, então, imediatamente aparentes duas causas para esta falta de sincronização. A primeira hipótese é um possível excesso de tempo de ciclo da OP300, hipótese esta completamente descartada. A OP300 além de possuir um tempo de ciclo bastante reduzido, não é executada na totalidade após receber o sinal. Devido à natureza do posto, a maior parte das atividades pode ser realizada antes de o receber. Como tal, o tempo de ciclo médio necessário para a execução das restantes tarefas é de 10 segundos, 4,5 vezes menor que o *takt time*. A segunda hipótese refere-se ao elevado tempo de transporte existente entre a OP300 e a OP425, bem como entre a OP410 e a OP420. Apesar de a Figura 37 não se encontrar à escala e ser uma simplificação da situação real da linha de montagem, salta à vista o muito maior percurso a efetuar pelo material entre a OP300 e a OP425 comparado ao percurso entre a OP410 e OP420.

De modo a apresentar resultados mais objetivos e precisos, não argumentando tendo como base uma figura simplificada, procedeu-se à execução de um pequeno estudo de tempos, onde foram contabilizados todos os tempos constituintes do percurso efetuado por ambos os tipos de cárteres, nos seus respetivos tapetes rolantes, após ser recebido o **sinal**.

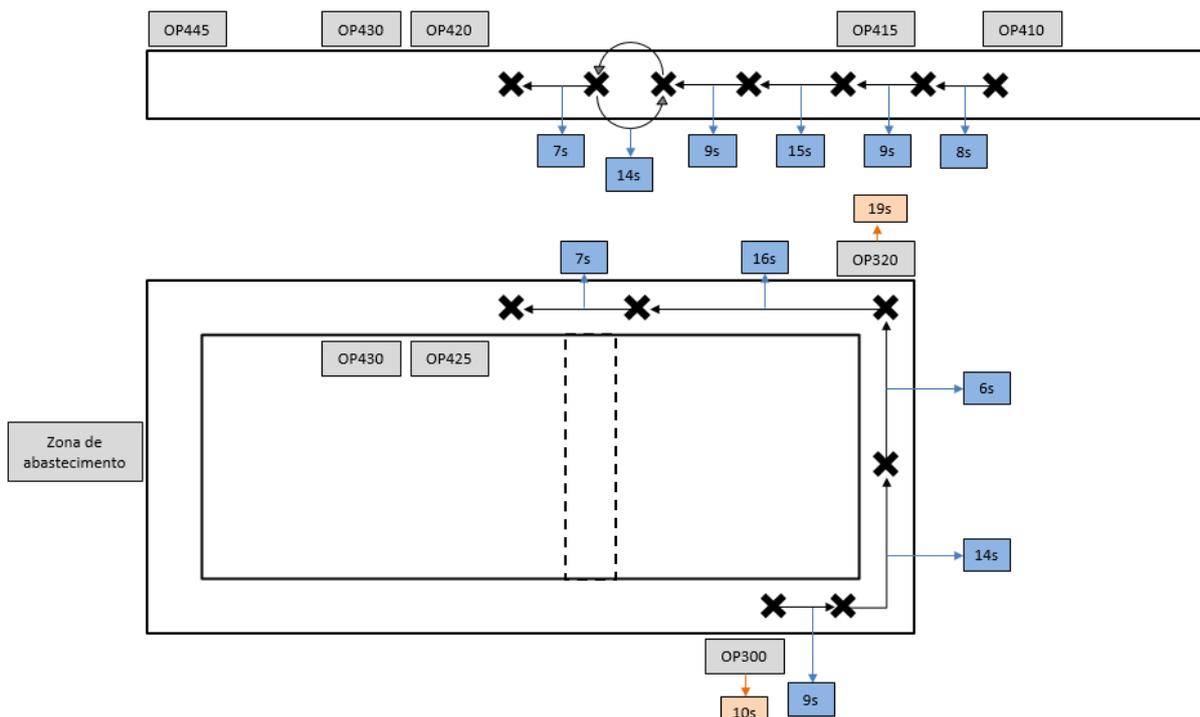


Figura 38 - Temporizações para o sincronismo das OP420 e OP425

Este estudo de tempos, representado na Figura 38, segue a mesma notação utilizada previamente na descrição desta zona de montagem, no entanto, novos elementos foram adicionados. Com uma cruz preta, representam-se batentes (peças dos tapetes rolantes), peças cuja função é parar o material no seu percurso, com vista a ser trabalhado em alguma operação, ser analisado em algum *poka-yoke*, ou fornecer uma entrada única de material em certas zonas do tapete. Retângulos laranjas representam o tempo necessário para a execução do respetivo posto de trabalho, enquanto retângulos azuis representam o tempo necessário para o transporte no respetivo tapete. Setas circulares assinalam a

presença de um tapete rotativo, cuja função é inverter a direção do cárter de embraiagem, de modo a facilitar o posterior trabalho no mesmo em operações seguintes.

Pode-se concluir, então, que após o envio do sinal, os cárteres de embraiagem demoram aproximadamente uma média de 62 segundos a atingir o início da OP420. Pelo mesmo método, os cárteres de mecanismo demoram aproximadamente uma média de 81 segundos a atingir o início da OP425. Esta grande diferença de tempos de 19 segundos é a principal fonte da não sincronização das OP420 e OP425. Para um aumento da relevância deste problema, existe uma “fila de espera” (WIP) de cárteres de embraiagem. No entanto, apenas um cárter de mecanismo é trabalhado de cada vez conforme a receção do respetivo sinal. O resultado é um tapete repleto de cárteres de embraiagem (CED) e um tapete sem qualquer cárter de mecanismo (CM), tal como esquematizado na Figura 39.

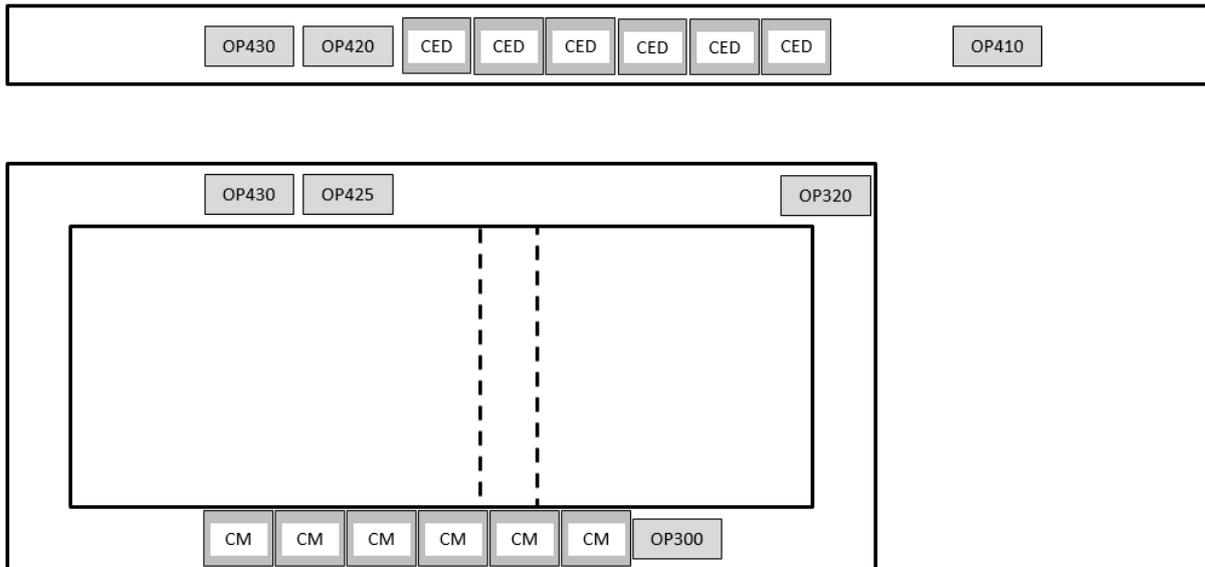


Figura 39 - Filas de espera (WIP) na MB02

Dados retirados do SAM comprovam a veracidade destas afirmações. Tal como visto na Figura 40, uma grande parte da não disponibilidade operacional da OP420 provém de “ESPERA PALETE COM CM”, ou seja, espera de paletes com cárteres de mecanismo.

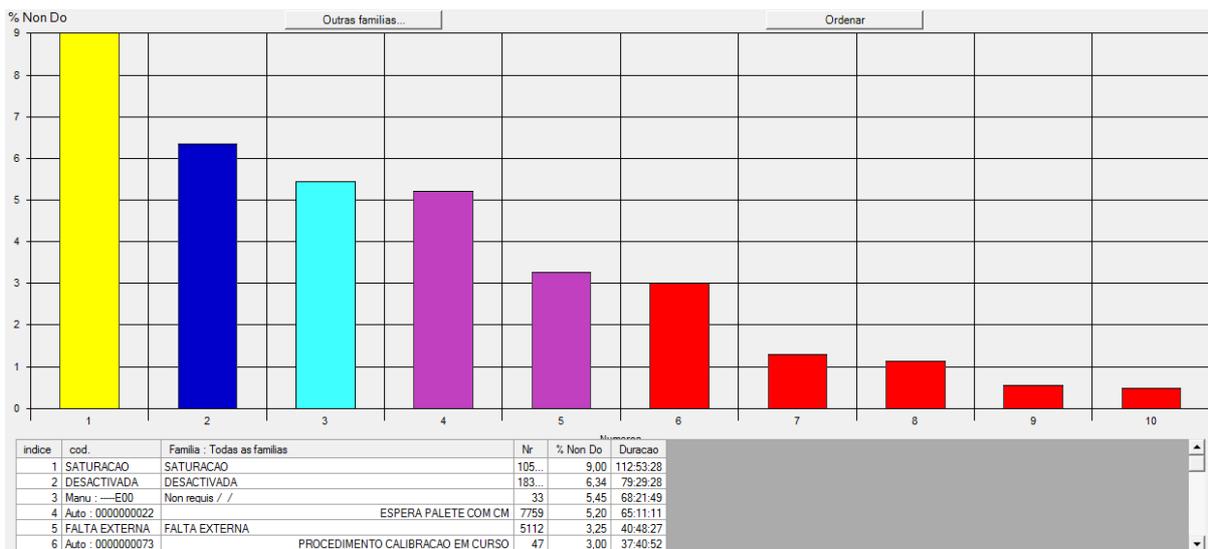


Figura 40 - Causas de paragem da OP420

Representada na Figura 41 está a maior causa de paragem da OP425, a desativação, ou seja, a falta de cárteres de mecanismo para trabalhar.

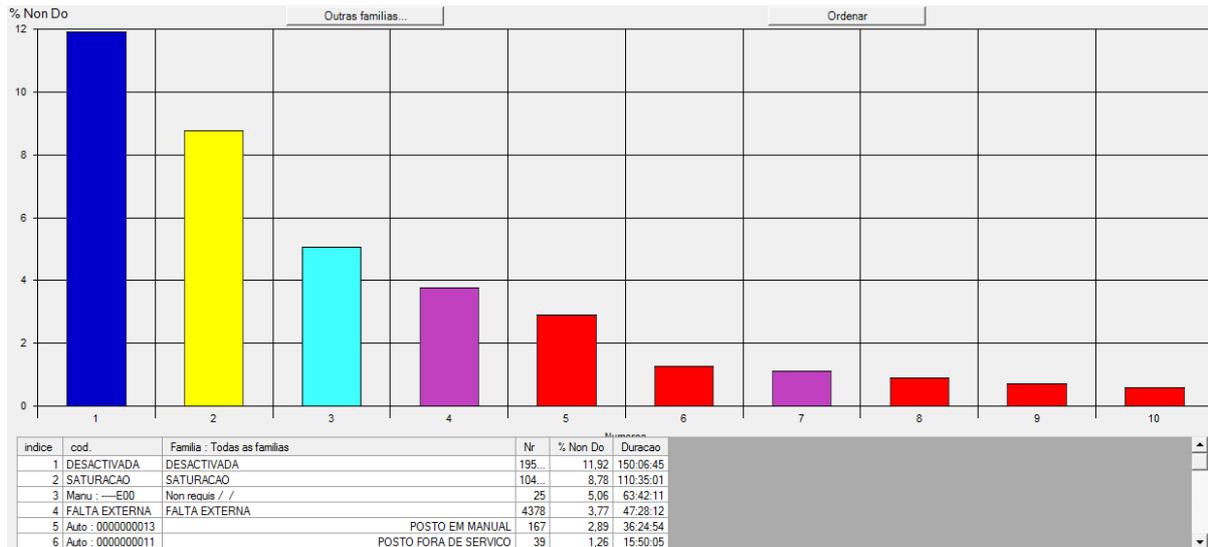


Figura 41 - Causas de paragem da OP425

A conjugação de todos estes fatores, que resultam da não sincronização entre as OP420 e OP425 levam então, conseqüentemente, aos previamente referidos 10,57% da desativação do posto OP430. Tal como descrito na segunda iteração de questionamentos da análise dos “5 Porquês”, esta não é a única causa da não fluidez. Uma grande percentagem da não disponibilidade operacional provém de faltas externas, tal como referido previamente na Figura 36.

Estes 17,08% de não disponibilidade operacional encontram-se descritos em 3 grandes categorias:

- Falta externa geral, composta por atrasos em abastecimento de peças no posto, bem como causas similares;
- Excesso de tempo de ciclo, ultrapassando o *takt time*;
- Abastecimento de postos circundantes pelo operador fabril.

Apesar de, estas faltas externas se encontrarem divididas em 3 grandes categorias, a segunda e terceira categoria representam praticamente a mesma situação. Salvo raras exceções, o *takt time* é apenas quebrado em abastecimento de postos circundantes. A razão de não serem categorizadas como apenas uma única categoria geral é a necessidade de o operador clicar num botão da *Magelis*, máquina que controla o posto de trabalho, sempre que efetua abastecimentos. Caso o operador se esqueça de pressionar este botão, ou não tiver tempo para o fazer, ou desconheça a sua necessidade, irá ser categorizado como excesso de tempo de ciclo.

Observações e medidas diretas indicaram que em média, o tempo de ciclo era ultrapassado 25% das vezes, uma vez a cada quatro caixas de velocidades produzidas. Isto acontecia devido à necessidade do abastecimento de cárteres de mecanismo na sua respetiva zona pelo operador da OP430, uma tarefa não cíclica cujo tempo de execução não foi contabilizado em prévios estudos de tempos. Além desta tarefa, que apesar de quebrar o *takt time*, o faz apenas por cerca de 10 segundos, existe também uma outra tarefa não cíclica cujo impacto é muito maior, mas mais raramente executada, o abastecimento de *threebound* na OP440. Além destes abastecimentos, este operador é também responsabilizado pelo abastecimento do seu próprio posto.

Existem duas formas de colocar em conformidade estas tarefas não cíclicas: a redução do tempo de ciclo base do posto, ou a não necessidade de execução destas tarefas. A redução do tempo de ciclo do posto prova-se não ser prioritária. Além de este ser um dos menores tempos de ciclo em toda a linha, devido à necessidade produtiva de dois modelos de caixas de velocidades, melhorias a este posto não são de fácil implementação e requerem elevados investimentos monetários. A não execução das tarefas não cíclicas, devido ao mesmo facto de este ser um dos menores tempos de ciclo da linha,

prova-se também não ser relevante, visto ser este o operador fabril com maior “folga” para execução de tarefas extra na MB02. Mesmo existindo operadores com “folga” ligeiramente menor, mas suficiente na mesma, estão localizados a uma grande distância desta zona de abastecimento, o que impossibilita a sua realização. Outra grande razão para a não implementação desta solução é o facto de na MB03 ser este o operador responsável pelos abastecimentos e muito raramente ultrapassar o *takt time*. Devido à produção única de JR (de momento) na MB03, este posto foi otimizado de tal forma a que mesmo executando estes abastecimentos não cíclicos, o *takt time* é cumprido.

Posto isto, apesar de a mais intensa razão da não fluidez encontrada na OP430 ser a elevada taxa de faltas externas neste posto, devido à relativa inviabilidade de redução das mesmas, considerando as situações atuais (o fim da produção de ND possibilitará a fácil melhoria deste posto de trabalho), o correto será a redução da segunda mais intensa razão para a não fluidez, a desativação deste posto.

Para uma finalização correta da definição deste problema é necessária a definição da *performance* atual com dados históricos. Esta *performance* encontra-se representada na Figura 40, onde é possível ver que 5,20% da não disponibilidade operacional deste posto, a OP420, e consequentemente a OP425, é constituída pela espera da presença de cárteres de mecanismo a trabalhar.

Sendo a OP430 a operação imediatamente a jusante destas duas operações sincronizadas, intuitivamente é possível constatar que uma eliminação total desta falta de cárteres de mecanismo iria representar a eliminação de 5,20% de não disponibilidade operacional nos postos sincronizados, e consequentemente, uma eliminação da mesma magnitude na OP430. Isto permitiria colocar a sua taxa de não disponibilidade operacional devido a desativação em aproximadamente 5,37%, cuja alteração representaria um decréscimo da taxa de desativação em quase 51%.

A avaliação deste problema, de modo a pesar as suas consequências, sujeita aos 3 critérios referidos na revisão da literatura, é a seguinte:

- **Importância** – A fluidez desta zona da MB02 não possui influência direta na satisfação do cliente, no entanto, a sua melhoria facilita o alcance dos objetivos de produção propostos. Define-se a sua importância como média;
- **Urgência** – Os objetivos de produção raramente são alcançados, o que pode colocar em risco o cumprimento dos requisitos de clientes. Este problema tem, então, uma urgência máxima;
- **Tendência** – Este problema, apresentando uma tendência estável, mantém-se com o decorrer do tempo.

3.4. Implementações Práticas

Utilizando os conhecimentos recém-adquiridos na revisão da literatura, suas metodologias e filosofias, bem como uma intensa análise e estudo da linha de montagem, o autor, durante o seu projeto de dissertação, sugeriu e implementou melhorias com vista a resolver os problemas previamente descritos.

3.4.1. Parametrização do SAM

Como primeiro passo das implementações práticas, e servindo como uma rampa de lançamento do projeto, criando uma fonte segura para obtenção de dados e indicadores da linha de montagem, realizou-se uma parametrização do SAM. Esta parametrização, apesar de no momento de redação deste documento não estar ainda completa devido a limitações temporais do projeto, forneceu já várias melhorias aos dados retirados deste *software*, tornando-os cada vez mais fiáveis e credíveis.

De modo a iniciar o processo de parametrização, mostrou-se ser necessário programar a calendarização da produção. Com o SAM, é possível programar as pausas das equipas, bem como os seus tempos de inatividade (Figura 42). “A programação destes tempos é de extrema e vital importância, com vista a não falsear os indicadores de produtividade”. (Renault Cacia, 2018a) Esta correta definição, nomeadamente dos intervalos, é também importantíssima devido ao facto do

software não contabilizar o estado dos postos durante os respetivos tempos de intervalo. A ausência desta correta definição leva à obtenção de dados que, por exemplo, poderão demonstrar excessos de tempo de ciclo não existentes.

TR semana : 112h30 TNR semana : 55h30 Producao realizavel : 8438

	Segunda	Terca	Quarta	Quinta	Sexta	Sabado	Domingo
Manha							
Tarde							
Noite							

Equipa sem pausa
 Equipa com pausa(s)
 Equipa em repouso

Horario de : Segunda

Posto	Inicio	Descanso	Pausa 1		Pausa 2		Pausa 3		Pausa 4		Pausa 5	
			Inicio	Fim	Inicio	Fim	Inicio	Fim	Inicio	Fim	Inicio	Fim
Manha	06h00	<input type="checkbox"/>	06h01	06h06	09h45	10h00	12h30	12h40	_h_	_h_	_h_	_h_
Tarde	14h00	<input type="checkbox"/>	14h01	14h06	16h10	16h20	18h45	19h00	_h_	_h_	_h_	_h_
Noite	22h00	<input type="checkbox"/>	22h01	22h06	01h30	01h45	04h00	04h10	_h_	_h_	_h_	_h_

Figura 42 - Definição da calendarização

O segundo passo desta parametrização consiste na definição dos corretos níveis de produção esperada, para cada dia. No entanto, limitações do software impediram a completa e correta realização deste mesmo passo. O SAM apenas se encontra preparado para linhas de manufatura cuja produção é de uma única gama de peças. Devido à flexibilidade produtiva da MB02 existem em situações normais dois objetivos de produção: 560 unidades em dias de produção de ND e JR; 600 unidades em dias de produção exclusiva de JR. De modo a tentar alcançar o melhor de dois mundos, foi escolhido um objetivo de produção médio de 570 unidades.

Esta mesma limitação tornou impossível também a correta definição dos limiares de cadência de produção dos postos de trabalho, o terceiro passo da parametrização. Neste caso em específico provou-se ser mais correta não a definição de um valor médio, mas sim a definição do menor valor. Foi admitida como cadência limiar de produção o valor de 75 peças/hora (Figura 43). Este valor foi obtido a partir da divisão do tempo disponível de trabalho por hora, pelo tempo de ciclo da produção de ND, a caixa de velocidades com o maior tempo de ciclo, e conseqüentemente, a menor cadência limite de produção. Estes valores de cálculo são definidos e descritos com mais detalhe no capítulo 3.3.3 deste documento.

Nome da maquina	Matricula	Cadencia (peças/hora)	Entrada AP (minutos)	Entrada AI (minutos)
OP150	200150	75	0	0
OP151	200151	75	0	0
OP152	200152	75	0	0
OP154	200153	75	0	0
OP200	200200	75	0	0
OP175	200175	75	0	0
OP180	200180	75	0	0
OP210	200210	75	0	0
OP400	200400	75	0	0
OP405	200405	75	0	0
OP300	200300	75	0	0

Figura 43 - Definição de cadências de produção

Como quarto e último passo procedeu-se à atualização, correção e inserção de novos códigos automáticos e sua legendagem para cada posto de trabalho da linha de montagem. O autómato

industrial referente a cada posto encontra-se programado para o envio de códigos automáticos conforme a sua situação atual. Cabe ao parametrizante do SAM definir em linguagem convencional o seu significado, bem como a família a que pertence. Conforme mostra a Figura 44, quando o autômato envia o código “10”, o SAM reconhece que existiu um “defeito de corte de barreiras”, cuja atribuição temporal e representação é inserida na família das faltas externas. Este posto estaria então representado pela cor roxa, como referido previamente na secção 3.3.1.

Lista dos codigos		
Codigo Auto	Causa	Familia
1	DEFEITO BUS ASI	AVARIA MAQUINA
2	DEFEITO FIPWAY	AVARIA MAQUINA
4	DEFEITO PLC	AVARIA MAQUINA
5	DEFEITO PILHA PLC	MANUTENCAO PERIODICA
6	DEFEITO PILHA CARTA MEMORIA	MANUTENCAO PERIODICA
8	DEFEITO BOTONEIRAS PARAGEM EMERGENCIA	AVARIA MAQUINA
10	DEFEITO CORTE BARREIRA	FALTA EXTERNA
11	POSTO FORA DE SERVICO	AVARIA MAQUINA
12	DEFEITO FALTA DE AR	AVARIA MAQUINA
13	POSTO EM MANUAL	AVARIA MAQUINA
15	DEFEITO UNITELMAX	AVARIA MAQUINA

Figura 44 - Definição de codificações automáticas

A incorreta atribuição de famílias de erros provava-se ser um problema grave de análise de dados, visto existirem casos particulares, por exemplo, onde avarias de máquinas se encontravam categorizadas como faltas externas, levando a uma ideia errada da *performance* do operador fabril. A resolução deste problema baseia-se na observação crítica dos postos de trabalho e confirmando se os dados referidos pelo SAM correspondem à realidade.

Utilizando estes novos dados fornecidos pelo SAM, nomeadamente no diário de eventos, são afixados num quadro presente na linha de montagem, dados sobre os postos de trabalho mais críticos para o alcance da produção desejada. Estes dados, cujo exemplo se encontra no Anexo 4, são uma aglomeração por famílias de estados para cada hora do turno efetuado. Neste relatório é possível observar vários gráficos circulares onde facilmente obtemos uma representação visual da percentagem de tempo em que o posto esteve em correto funcionamento, parado, desativado, saturado ou em falta externa. Para uma representação mais quantitativa e analítica, são também apresentados dados sobre a duração de cada uma destas famílias de eventos. A obtenção destes dados permite realizar uma possível análise ao desempenho de operadores fabris, visto existir uma rotatividade hora a hora dos operadores em cada posto.

Esta afixação tenta envolver mais os colaboradores fabris no alcance da produtividade desejada, bem como aumentar a sua motivação intrínseca, visto alguns operadores se encontrarem “presos” ao seu posto de trabalho durante o seu turno, desconhecendo por completo o estado da linha de montagem em locais distantes de si. Tal como dito por Bassett-Jones & Lloyd (2005) e Khan, Khan, & Saeed (2011) a motivação tem sido um dos aspetos mais importantes e estudados, tendo em conta que dela depende, necessariamente, a produtividade de uma determinada empresa ou organização. Isto é, a um grau mais ou menos elevado de motivação do trabalhador, vai corresponder a uma maior ou menor produtividade dentro da entidade.

3.4.2. Melhoria da Fiabilidade de Equipamentos

Para o aumento da fiabilidade dos equipamentos e postos de trabalho da MB02 foi desenvolvido um sistema de manutenção preventiva, a manutenção autónoma, a partir da atualização de PMAs para todos os postos de trabalho da linha de montagem, bem como equipamentos automatizados. Em casos particulares, pôs-se a necessidade da criação do PMA, visto o posto de trabalho ser recente ou não possuir qualquer relevância de utilização devido à sua fraca qualidade. Também em casos particulares PMAs foram destruídos, pela não existência do posto de trabalho (excluído por completo ou movido para outra zona da fábrica).

O primeiro passo da resolução deste problema foi a aglomeração conjunta de todos os PMAs existentes da linha de montagem, com vista a identificar qual PMA pertence a qual posto de trabalho, quais postos não possuem um PMA, e quais PMA já não possuem posto. A partir deste passo, facilitou-se a tarefa da definição de quais planos é necessário criar, atualizar ou destruir.

Como segundo passo, procedendo-se à atualização dos PMAs, foram alterados os pontos de limpeza, lubrificação e verificações de segurança a serem executados. Conforme visto na Figura 45:

- Existe uma fraca definição dos subconjuntos e elementos em cada ponto. Isto torna a identificação do local de ação não intuitivo e demorado. Dez dos dezasseis pontos neste PMA referem-se a “posto de trabalho”. É quase uma premissa que todos os pontos se referem ao posto de trabalho. A diferença encontra-se na zona de atuação;
- A legenda da operação a efetuar é comprida, dificultando a sua rápida leitura e interpretação;
- O tempo previsto para a execução das tarefas é uniforme entre todas elas, o que claramente não se aplica à realidade;
- A periodicidade de execução, à semelhança dos tempos previstos, é uniforme entre todas elas (quinzenal), o que não se aplica à realidade, levando à execução de tarefas sem ser necessário, e a não execução de tarefas fulcrais com periodicidades menores;
- O estado da máquina no momento de intervenção não é correto em todos os pontos, por vezes, em casos particulares, levando a um risco de segurança por parte do operador fabril;
- A ferramenta utilizada para a limpeza, “pano+chenchen”, na maior parte dos pontos aqui representados, não é permitida, visto o “chenchen” ser um produto químico ambientalmente nocivo que atualmente não está em conformidade com as normas ecológicas adotadas.

Grupo	SubConjunto	Elemento	Operação a Efectuar	Tempo Previsto (ht:mm:ss)	Periodicidade	Estado Máquin.	Valores Limites	Ferramenta	Substituição Peças			
									FOS/Gama (S/N)	Quantidade e Designação / Ref. Prov.	N.º MABEC	
Limpeza	(1.01) armário eléctrico	armário eléctrico	(1.01) limpar exterior OP620/630	0:02:00	S02	MEP	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.02) armário eléctrico	armário eléctrico	(1.02) limpar exterior OP650	0:02:00	S02	MEP	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.03) posto trabalho	posto trabalho	(1.03) limpar e aspirar óleo op620	0:02:00	S02	PCT	limpo	aspirador	N	S	1 panos	P935852472
	(1.04) posto trabalho	posto trabalho	(1.04) limpar e aspirar óleo op630	0:02:00	S02	PCT	limpo	aspirador	N	S	1 panos	P935852472
	(1.05) posto trabalho	posto trabalho	(1.05) limpar e aspirar óleo op650	0:02:00	S02	PCT	limpo	aspirador	N	S	1 panos	P935852472
	(1.06) posto trabalho	transportadores	(1.06) limpar detectores, espelhos e células fotoeléctricas op620	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.07) posto trabalho	transportadores	(1.07) limpar detectores, espelhos e células fotoeléctricas op630	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.08) posto trabalho	transportadores	(1.08) limpar detectores, espelhos e células fotoeléctricas op650	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.09) posto trabalho	magéls	(1.09) limpar teclado e armário op620/630	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.10) posto trabalho	magéls	(1.10) limpar teclado e armário op650	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.11) posto trabalho	aparafusadoras	(1.11) limpar armários e aparafusadoras op620	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.12) posto trabalho	aparafusadoras	(1.12) limpar armários e aparafusadoras op630	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.13) posto trabalho	aparafusadoras	(1.13) limpar armários e aparafusadoras op650	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.14) móvel logística	móvel logística	(1.14) limpar op630	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chenchen	N	S	1 panos	P935852472
	(1.15) armário eléctrico	recip condens a/c	(1.15) vaziar recipiente op620/630	0:02:00	S02	MEP	vazio		N	S		
	(1.16) armário eléctrico	recip condens a/c	(1.16) vaziar recipiente op650	0:02:00	S02	MEP	vazio		N	S		

Figura 45 - Pontos de limpeza na versão prévia

Para a correção destes pontos, e como representado na Figura 46, foram executadas as seguintes ações e melhorias:

- A definição dos subconjuntos e elementos foi tornada mais clara, facilitando a identificação do local de atuação. A quantidade de locais semelhantes a atuar é também descrita, colocando a sua qualidade entre parêntesis, no final do subconjunto;
- A legenda da operação a efetuar foi reduzida, facilitando a sua rápida leitura e interpretação;
- O tempo previsto para a execução das tarefas deixou de ser uniforme, fornecendo uma representação muito mais clara e credível sobre o tempo estimado necessário. Esta alteração também serve como guia do tempo que deve ser despendido em cada um destes pontos;
- A periodicidade de execução, à semelhança dos tempos previstos, deixou de ser uniforme, e representa agora a verdadeira periodicidade de execução necessária. As tarefas que necessitam de frequente atuação, bem como as tarefas que apenas necessitam de intervenção ocasional, estão agora definidas;

- O estado da máquina no momento de intervenção foi corrigido para todos os pontos, eliminando definitivamente os possíveis riscos de segurança provenientes da mesma;
- A ferramenta utilizada para a limpeza foi corrigida, substituindo o “chenchen” pela sua melhor alternativa, cumpridora das normas ecológicas.

Grupo	Subconjunto	Elemento	Operação a Efectuar	Tempo Previsto (hh:mm:ss)	Periodicidade	Estado Máquina	Valores Limites	Ferramenta	FOS/Gama(SA) Site. Condi.	Substituição Peças	
										Quantidade e Designação / Ref. Prov.	N.º MABEC
Limpeza	(1.01) Aparafusadora	Aparafusadora	(1.01) Limpar / inspecionar	0:02:00	S02	PCT		Manual/Visual	N S	Trapos-ThickSolver	P935852470-R100703002
	(1.02) Armários elétricos (2)	Armários elétricos	(1.02) Limpar / inspecionar	0:01:00	S04	MEP		Manual/Visual	N S	Trapos-ThickSolver	P935852470-R100703002
	(1.03) Ar condicionado (2)	Filtro AC	(1.03) Substituir manta filtro	0:05:00	S04	MEP		Manual/Visual	N S	Manta filtro	R100101338
	(1.04) Ar condicionado (2)	Recipiente condensados	(1.04) Vazar	0:00:30	S02	MEP		Manual/Visual	N S		
	(1.05) Circuito pneumático	Garrafa de purga	(1.05) Purgar	0:00:30	S04	MEP		Manual/Visual	N S		
	(1.06) Cofret aparafusadora	Cofret aparafusadora	(1.06) Limpar / inspecionar	0:01:00	S04	PCT		Manual/Visual	N S	Trapos-ThickSolver	P935852470-R100703002
	(1.07) Impressoras de etiquetas	Impressoras de etiquetas	(1.07) Limpar / inspecionar	0:02:00	4S01	MEP		Manual/Visual	N S	Trapos-ThickSolver	P935852470-R100703002
	(1.08) Magelis	Painel + botoneiras	(1.08) Limpar / inspecionar	0:01:00	4S01	PCT		Manual/Visual	N S	Trapos-ThickSolver	P935852470-R100703002
	(1.09) Motor elétrico	Tampa	(1.09) Remover a tampa e limpar	0:01:00	S24	PST		Manual/Visual	N S	Trapos-ThickSolver	P935852470-R100703002
	(1.10) Posto de trabalho	Zona OP 620/630	(1.10) Limpar / inspecionar	0:05:00	4S01	PCT		Manual/Visual	N S	Trapos-ThickSolver	P935852470-R100703002
	(1.11) Prateleira logística	Prateleira logística	(1.11) Limpar / inspecionar	0:05:00	S04	MEP		Manual/Visual	N S	Trapos-ThickSolver	P935852470-R100703002
	(1.12) Proteções/piso	Proteções/piso	(1.12) Aspirar óleo e limpar	0:15:00	S02	PCT		Manual/Visual	N S	Trapos-ThickSolver	P935852470-R100703002
	(1.13) Transportadores e aparadores	Transportadores	(1.13) Limpar / inspecionar	0:01:00	4S01	PCT		Manual/Visual	N S	Trapos	P935852470

Figura 46 - Pontos de limpeza na versão posterior

Como terceiro passo, procedendo-se à continuação da atualização dos PMAs, foram alteradas as representações fotográficas dos postos de trabalho presentes nos mesmos. Conforme se mostra na Figura 47, esta representação ficava claramente aquém do expectável e levava a grandes perdas de tempo na sua compreensão:

- A representação fotográfica era formada por fotografias pequenas, não facilitando a sua “leitura”;
- A maior parte das fotografias não possuem qualquer legenda, o que complica ainda mais a descodificação do seu significado;
- A identificação do local de atuação de cada ponto (retângulos coloridos com o número identificativo) não era correta para todos eles, ou era inexistente.

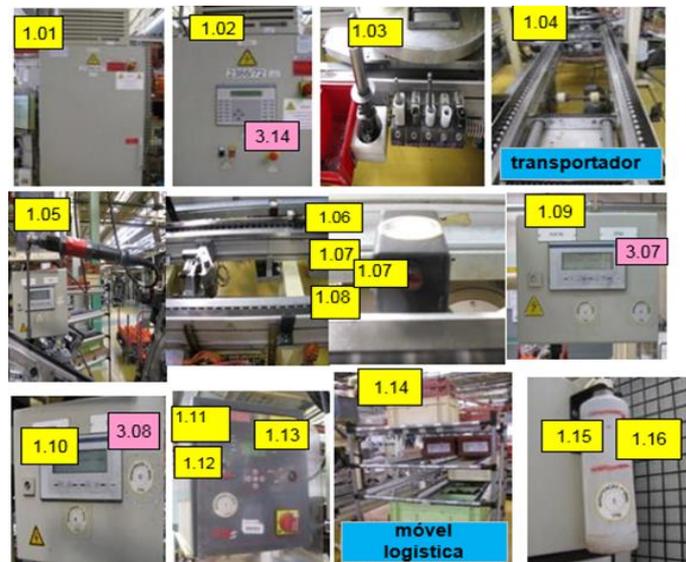


Figura 47 - Representação fotográfica prévia

Posteriormente, conforme representado na Figura 48, com vista a otimizar a representação fotográfica de cada posto de trabalho nos PMAs, foram executadas as seguintes ações e melhorias:

- A representação fotográfica passou a ser constituída, na sua maioria, por fotografias amplas, que permitem uma fácil identificação do que representam;
- Para cada uma das fotografias, uma legenda é aplicada, removendo eventuais dúvidas sobre a mesma;
- A identificação do local de atuação de cada ponto foi corrigida para todos os casos.

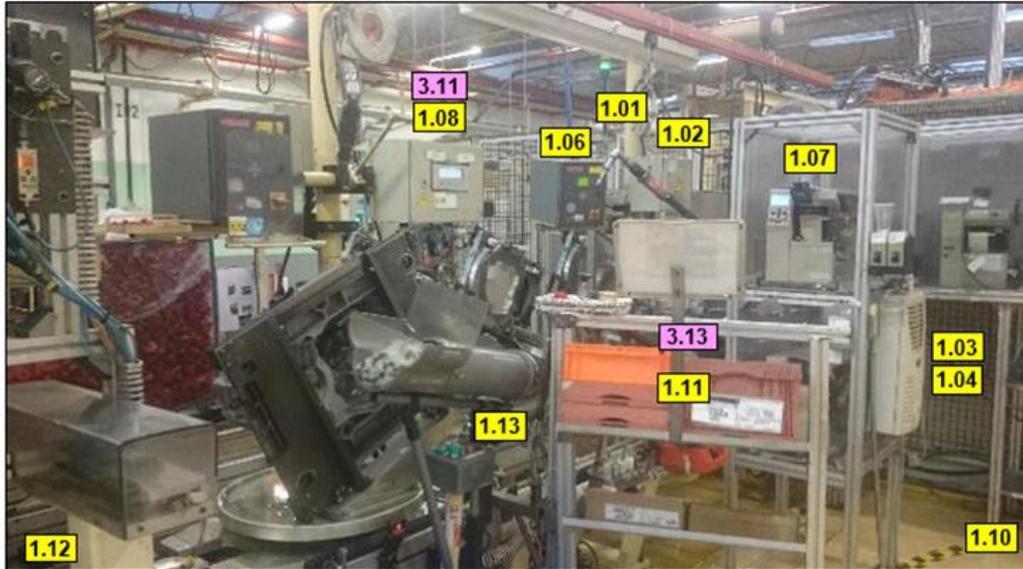


Figura 48 - Representação fotográfica posterior

Como quarto e último passo deste processo, procedendo-se à continuação da atualização dos PMAs, foram alteradas as representações esquemáticas dos postos de trabalho presentes nos mesmos. Conforme visto na Figura 49, esta representação não é de todo intuitiva nem facilita a sua compreensão, pelas seguintes razões:

- A veracidade e precisão topológica são o foco desta representação;
- A representação é a preto e branco, sem qualquer identificação do que cada linha, símbolo ou forma representa;
- As etiquetas dos pontos a executar, contrariamente às normas de um correto PMA na Renault Cacia, não indicam de forma alguma a periodicidade da sua execução, apenas a categoria a que pertencem.

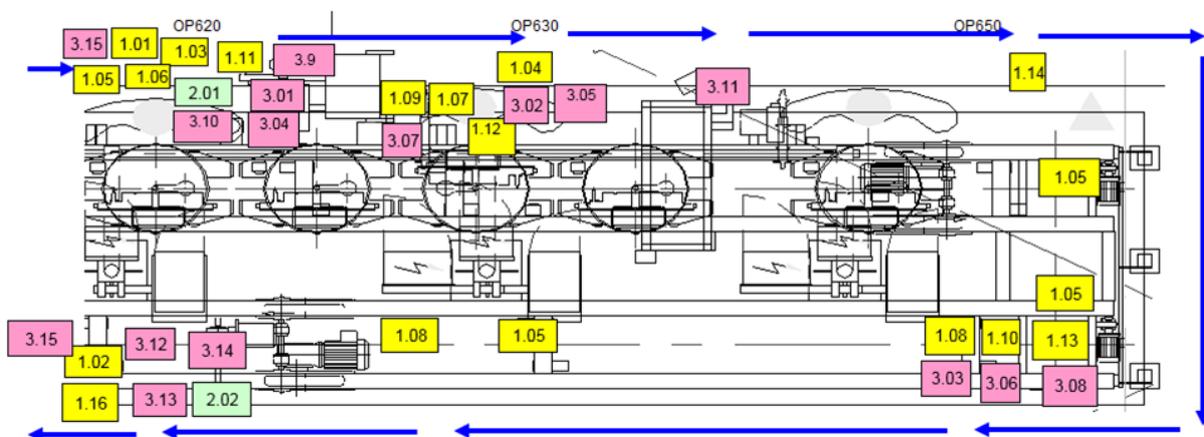


Figura 49 - Representação esquemática prévia

Posteriormente, conforme representado na Figura 50, com vista à otimização da representação esquemática de cada posto de trabalho nos PMAs, foram executadas as seguintes ações e melhorias:

- A veracidade e precisão topológica não são o foco desta representação, mas sim a fácil e correta percepção do posto de trabalho em vista;
- A representação é colorida e todas as formas presentes representam com relativa acurácia o objeto presente no posto. Esta medida, por si só, leva à não necessidade da identificação ou legendagem do que cada forma simboliza;
- As etiquetas dos pontos a executar, conforme a cor do seu preenchimento e contorno, indicam a periodicidade da sua execução.

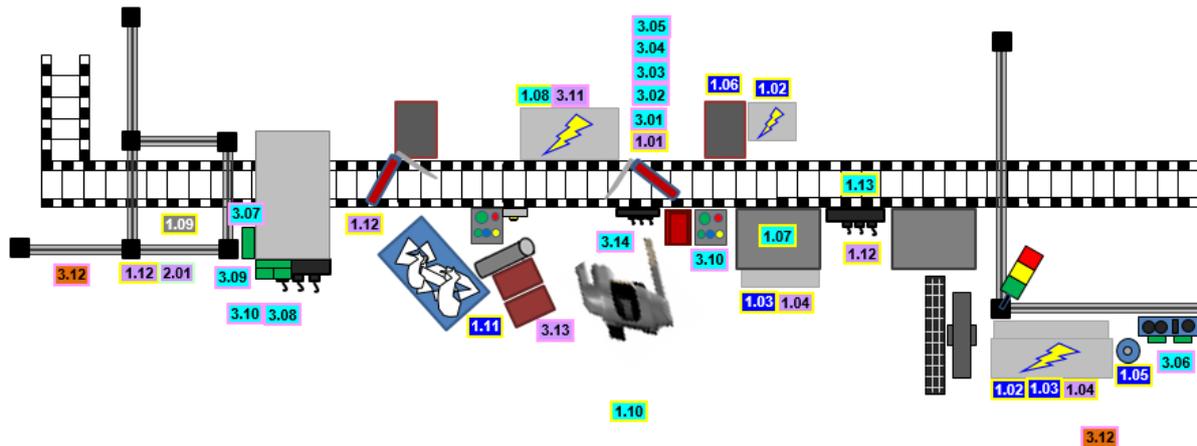


Figura 50 - Representação esquemática posterior

No momento de escrita deste documento, este sistema de manutenção autónoma ainda não se encontra em funcionamento formalizado. Isto deve-se ao facto de antes da implementação formal ser necessária uma revisão dos PMAs por colaboradores com competências e formação para esta execução. Como primeiro passo, é necessária uma revisão pelo condutor de linha, o operador fabril com o maior conhecimento do seu funcionamento, de modo a verificar a veracidade e aplicabilidade de execução do plano. De seguida, deverá ser feita uma revisão extra pelo CUET, que naturalmente devido ao seu cargo na organização, consegue observar estes planos por um outro ponto de vista que poderá não ser conseguido pelo condutor de linha. Para finalizar a revisão, os PMAs necessitarão da aprovação do responsável máximo do departamento da manutenção industrial, que verifica a sua conformidade com a norma utilizada.

Apesar da implementação formal ainda não ter sido realizada, os PMAs já se encontram informalmente implementados em algumas zonas da linha de montagem.

Para um direto aumento da fiabilidade de equipamentos, além da manutenção preventiva foram também implementadas algumas ações com vista a reduzir o número de defeitos existentes em alguns dos postos de trabalho críticos identificados anteriormente. Em vários outros postos foram aplicadas melhorias também, no entanto, devido à sua conformidade com os limites máximos estipulados pelo grupo, não irão ser descritos neste documento. As medidas encontram-se descritas nos pontos seguintes:

- **OP445** – Fecho da caixa de velocidades - Na OP445, posto manual onde a caixa de velocidades é fechada, colocando o cárter de mecanismo no cárter de embraiagem, existiam defeitos constantes no *poka-yoke* que verifica a presença do íman na caixa de velocidades, foi efetuada uma correção ao programa do autómato. Devido a defeitos no *poka-yoke* da forquilha, que verifica a sua presença com o auxílio de detetores laser, os seus respetivos espelhos de reflexão foram alinhados, fornecendo uma verificação mais fiável.
- **OP620** – Colocação de componentes finais – Na OP620, posto manual onde são colocados na caixa de velocidades os componentes finais antes da sua respetiva expedição, existia uma

dificuldade em alinhar o laser dos códigos de barras nas várias impressoras presentes no posto. Para a resolução deste problema, foram uniformizados os suportes laser dos códigos de barras.

3.4.3. Reduções a Tempos de Ciclo

Após a realização do estudo de tempos a todos os postos de trabalho da linha de montagem MB02 foram identificados pontos-chave a atacar para o cumprimento dos requisitos fornecidos pelo cliente, para ambas as caixas de velocidade atualmente produzidas, JR e ND. Como explicado anteriormente, na secção 3.2.1, devido ao fim esperado de produção da caixa de velocidades ND, as implementações para as reduções de tempos de ciclo não eram prioritárias, e a serem feitas, teriam de ter aplicadas com baixo orçamento, não esquecendo uma fácil e rápida aplicabilidade. Posta esta informação, foram sugeridas algumas medidas para estas implementações, no entanto, a maior parte não foi executada pelas razões previamente referidas. O foco destas implementações é então a caixa de velocidades JR, a caixa do futuro para esta linha.

As reduções efetuadas aos tempos de ciclo na produção da caixa de velocidades JR descrevem-se nos seguintes pontos:

- **OP210 – Prensagem de casquilhos**

A OP210 é um posto automatizado onde são prensados no cárter de embraiagem alguns componentes, entre os quais, casquilhos. A colocação dos componentes na prensa é efetuada por dois robôs. Um robô coloca o cárter de embraiagem em posição, enquanto o outro coloca os componentes na prensa.

Devido a um tempo de ciclo relativamente elevado de 42 segundos, relativamente aos postos circundantes, o posto OP210 podia ser considerado como uma operação penalizante nesta zona da linha de montagem.

Após intensa observação e análise desta operação de trabalho, foi observado que uma otimização dos movimentos da prensa, bem como dos robôs, não era só necessária, como relativamente fácil de ser implementada. Esta reprogramação das trajetórias e passos que são executados por estes dois elementos forneceu uma redução do tempo de ciclo da operação em 3,7 segundos, resultando num tempo de ciclo final de 38,3 segundos.

O antes e o depois desta implementação e redução de tempo de ciclo encontra-se representada na Figura 51.

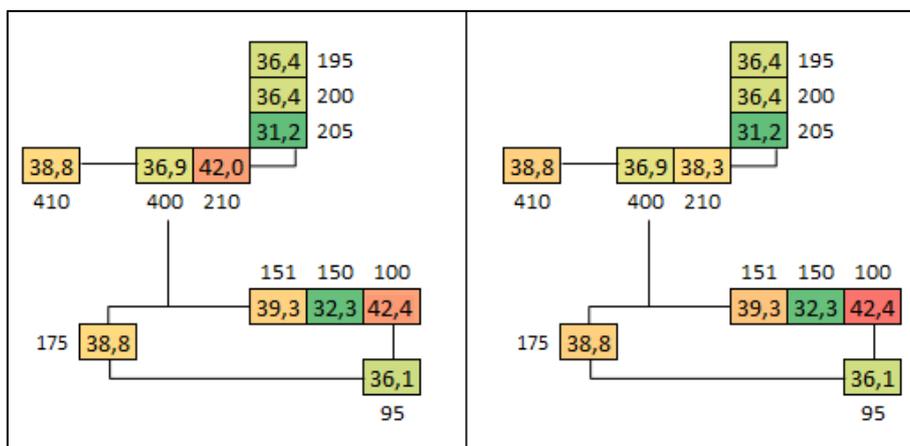


Figura 51 - Alteração ao tempo de ciclo da OP210

- **OP470 – Montagem de vedantes**

A OP470 é um posto automatizado onde são prensados na caixa de velocidades os vedantes necessários para o seu funcionamento. A colocação destes componentes na prensa é efetuada por um único robô.

O tempo de ciclo desta operação, 37,8 segundos, não se provava ser crítico para o correto e eficaz funcionamento desta linha de montagem. No entanto, conforme será descrito mais abaixo neste documento, estas alterações foram relevantes e necessárias para a produção de ND.

Para a redução deste tempo de ciclo realizou-se uma otimização das temporizações dos batentes, elementos que controlam a entrada e saída de material no posto, de modo a fazer sair a caixa trabalhada durante o recuo do robô, ao contrário de a fazer sair apenas após total recuo do mesmo. Esta implementação forneceu uma redução do tempo de ciclo da operação em 3,3 segundos, resultando num tempo de ciclo final de 34,5 segundos.

O antes e o depois desta implementação e redução de tempo de ciclo encontra-se representada na Figura 52.

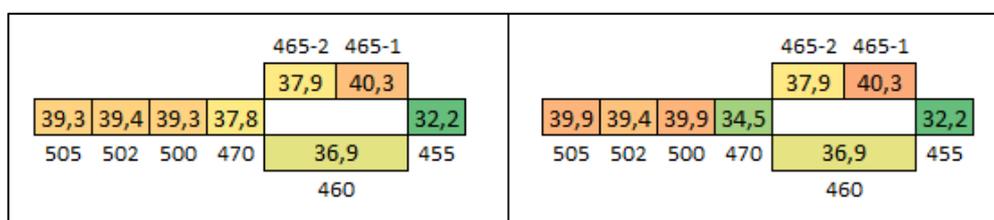


Figura 52 - Alteração ao tempo de ciclo da OP470

- **OP530 e OP535 – Estanquidades**

A OP530 e a OP535, também postos automatizados, testam a estanquidade das caixas de velocidades, enchendo-as de ar e realizando vários testes. Uma caixa que não tenha qualquer fuga de ar, logicamente, devido à maior densidade e viscosidade de óleos lubrificantes automóveis, também não terá quaisquer fugas de óleo. A principal razão para a existência de duas operações que realizam a mesma operação é a produção de várias referências de caixas de velocidades JR, cuja altura de cárteres não é igual entre todas. Para isto, conforme a altura do respetivo cárter, a estanquidade é verificada ou na OP530 ou na OP535. No entanto, qualquer que seja o cárter, a operação é sempre “trabalhada” na OP535, onde existe um *poka-yoke* que verifica a correta montagem e engrenagem do módulo de comando, confirmando a correta preparação para inserção no banco de ensaios.

Os tempos de ciclo destas operações são, respetivamente, 45 segundos e 40,9 segundos. Sendo a OP535 o *bottleneck* da linha de montagem, qualquer melhoria necessária é mais que justificada. Devido à quase total similaridade das operações, salvo algumas exceções, uma melhoria aplicada a uma destas operações poderá ser aplicada na outra. Posto isto, devido à não necessidade de mais análise, investigação ou investimento monetário, alterações à OP530 são também justificadas e aplicáveis.

Para a redução dos tempos de ciclo destas operações, o passo inicial foi uma correção da programação do autómato, de forma a otimizar o recuo dos movimentos da máquina, aplicada em ambas operações. De seguida, foi executada uma otimização dos movimentos e gestão do *poka-yoke* relativo ao módulo de comando. Devido à presença do *poka-yoke* apenas na OP535, esta alteração não é refletida na OP530. O terceiro passo destas implementações baseou-se numa otimização dos movimentos e escrita das etiquetas (elemento de rastreabilidade aplicado em cada palete que transporta uma caixa de velocidades), em ambas operações.

O passo final destas implementações, e o mais relevante, tendo em conta a sua elevada redução de tempo de ciclo na OP535, foi a otimização dos ciclos de estanquidade. Estes ciclos de estanquidade são compostos por várias fases, sendo uma delas a estabilização. Nesta fase, executada após o enchimento, a pressão de ar dentro da caixa de velocidades é mantida a uma determinada pressão durante um certo intervalo de tempo pré-definido pelo departamento de Engenharia da fábrica.

Conforme observado pelo autor, a fase de estabilização da OP535 era significativamente maior que a estabilização da OP530. Na linha de montagem MB03, onde estão presentes também operações funcionalmente iguais a estas, ambos os tempos das fases de estabilização eram iguais à OP530 da linha MB02. Posto isto, tudo indicou que este maior tempo não era necessário. Para a aprovação da redução deste tempo de estabilização pelo departamento de Engenharia, aproveitando uma reunião geral executada na fábrica, que forneceu o tempo necessário, a máquina foi calibrada e foram aplicados vários testes de fuga, confirmando que este novo tempo fornece resultados corretos e reais sobre a existência (ou não) de fugas. Não existindo qualquer penalização nos resultados, a máquina foi reprogramada definitivamente com a sua nova temporização de fases.

Estas implementações forneceram uma redução do tempo de ciclo de 2 segundos na OP530 e de 8 segundos na OP535. O antes e o depois destas implementações e reduções de tempos de ciclo encontra-se representado na Figura 53.

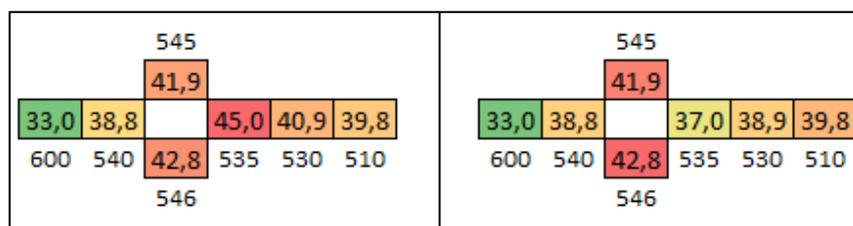


Figura 53 - Alteração aos tempos de ciclo das OP530 e OP535

Conforme referido na fase de identificação de problemas, foi observada uma diferença bastante significativa entre os tempos de ciclo dos postos paralelos (OP465-1/OP465-2 e OP545/546). Esta diferença, teoricamente, não deveria existir, devido à execução das mesmas funções e tarefas por estes postos.

A diferença de tempos de ciclo observada entre as OP465-1 e OP465-2 provou-se ser normal, ou provinda de uma não exatidão das mesmas condições iniciais na altura da medição. Estes postos, cuja função é o aperto automatizado dos parafusos da costura de caixa de velocidades, que juntam definitivamente o cárter de mecanismo ao cárter de embraiagem, recebem o seu material provindo da OP460. Esta operação, uma operação manual, tem a função de colocar os parafusos na sua posição correta e fornecer-lhes um pré-aperto, de modo a evitar a sua queda durante o transporte, bem como reduzir o tempo de ciclo das operações automatizadas seguintes. A diferença dos tempos de ciclo encontrada pode então ser explicada por diferentes níveis de pré-aperto terem sido efetuados por diferentes operadores, visto o standard não fornecer qualquer indicação sobre ele. Em situações práticas, conforme o estado atual da linha de montagem, um pré-aperto mais intensivo irá “folgar” as operações paralelas, permitindo o envio de mais material a trabalhar, ativando os postos a jusante, ou então, um pré-aperto menos intensivo irá “folgar” mais a operação manual, permitindo a receção de mais material para trabalhar, o que libertará as operações a montante.

A diferença de tempos de ciclo observada entre as OP545 e OP546, no entanto, não se provou ser normal. Estes postos, bancos de ensaios de caixas de velocidades, têm a função de verificar o correto funcionamento do material a partir de vários testes manuais e automatizados. Para isto, a caixa de velocidades é inserida numa máquina especial que simula o funcionamento de um carro. A execução destes testes começa então pela ligação mecânica da caixa de velocidades à máquina, a chamada “indexação”. Em particular, na OP546, a indexação da árvore primária mostrou apresentar problemas. Devido a um relativamente desgaste da ferramenta automatizada que efetua esta indexação, conforme a posição da árvore primária e da ferramenta, esta tarefa de ligação mecânica pode ser instantânea ou demorar até cerca de 5 segundos, explicando a elevada variabilidade encontrada que não deveria existir. Na OP545, o mesmo problema existe, no entanto, a sua severidade é muito menor.

Para a resolução deste problema foi sugerida a substituição destas ferramentas de indexação, no entanto, devido ao elevado custo monetário desta implementação, bem como a não urgência da mesma, na produção de JR, esta medida não foi ainda efetuada. Esta não urgência é justificada por

dados calculados a partir do SAM. Conforme visto na Figura 54, onde é apresentada a repartição da indisponibilidade da OP546 nos primeiros meses de 2018, cerca de 11% da não disponibilidade operacional desta operação é constituída pela desativação do posto.

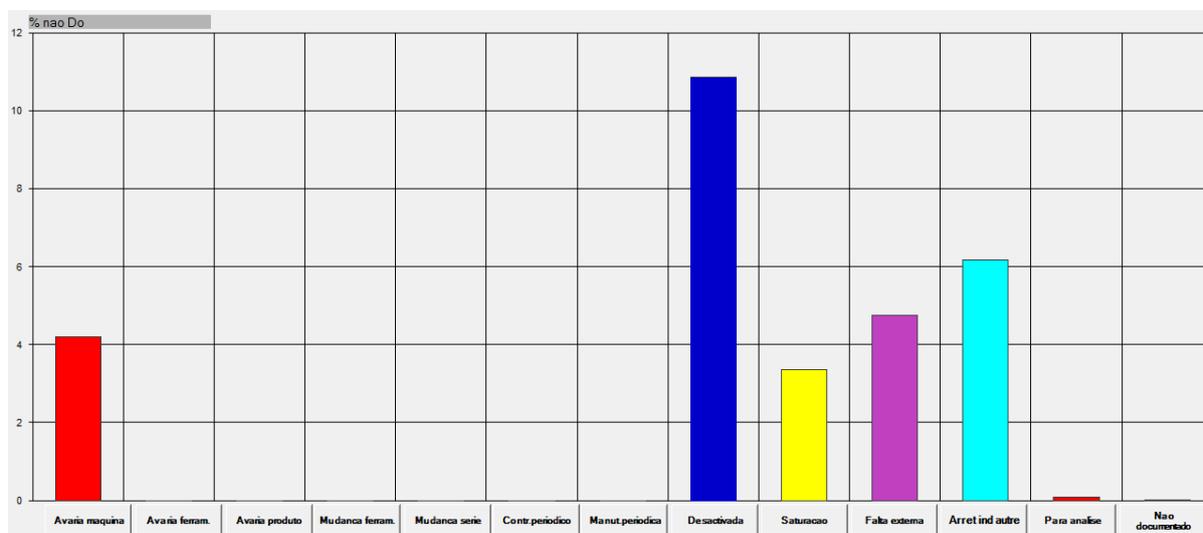


Figura 54 - Repartição da indisponibilidade da OP546

Na OP545 a mesma situação ocorre. Apesar de não tão elevada, a taxa de desativação continua a ser relativamente elevada, representando cerca de 5% da não disponibilidade operacional nos primeiros meses de 2018, conforme mostra a Figura 55.

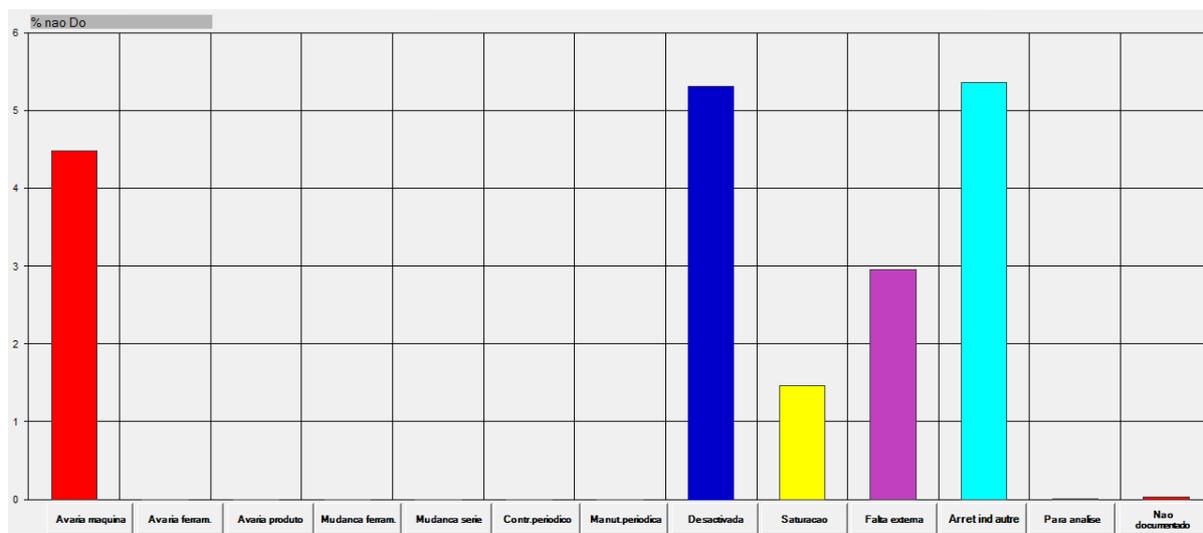


Figura 55 - Repartição da indisponibilidade da OP545

Conclui-se então que apesar de os tempos de ciclo atualmente, devido a disfuncionamentos, serem mais elevados do que deveriam, de momento, para a produção de JR, não têm qualquer relevante implicação no cumprimento dos objetivos requeridos. No entanto, para a produção de ND, caso esta implementação seja futuramente efetuada, a OP546 deixará de ser o *bottleneck* da linha de montagem.

Conforme referido anteriormente, a caixa de velocidades JR, devido ao fim esperado de produção da caixa de velocidades ND, é a caixa do futuro desta linha e o foco de análises, esforços e implementações foi dedicado a ela. No entanto, devido a um risco de qualidade, foram implementadas alterações a um posto, que não só resolvendo este problema, permitiu uma redução do tempo de ciclo da operação.

A redução efetuada ao tempo de ciclo na produção da caixa de velocidades ND descreve-se no ponto seguinte:

- **OP440 – Colocação do *threebound***

A OP440 é um posto automatizado onde é colocado o *threebound*, uma substância similar a cola aplicada no cárter de embraiagem, que após a aplicação e consequente aperto dos parafusos da costura pelas OP465-1 e OP465-2, serve como um isolamento e impede fugas de óleo entre o cárter de embraiagem e o cárter de mecanismo.

O tempo de ciclo desta operação, 43,9 segundos, era relativamente crítico para a evolução desta produção, no entanto o foco essencial foi a resolução do seguinte problema de qualidade. A colocação do *threebound* é efetuada por um robô que seguindo uma trajetória pré-definida, garante uma colocação quase perfeita da substância. No entanto, o robô não controla o fluxo da “cola” nas tubagens respetivas, e por vezes, sendo a quase totalidade das situações presentes no início do ciclo, devido a fugas de ar ou problemas similares, a substância não era dispensada corretamente, levando a uma falta de *threebound* no início do percurso. Este provava-se ser um problema bastante grave, pois obrigava o posto manual seguinte (OP445) a uma verificação mais intensiva da correta colocação da substância, bem como a sua posterior colocação manual em caso de defeito, aumentando o seu tempo de ciclo. Caso esta verificação, devido a erro humano, não fosse realizada, a caixa de velocidades iria acusar defeito nas operações de estanquidade (OP530 e OP535) devido a fugas de ar na zona inicial da trajetória, levando a uma paragem de linha e remoção da caixa de velocidades para posterior análise, reciclagem, remontagem e nova inserção na linha.

Para a resolução deste problema, o robô foi reprogramado de forma a despende alguns segundos extra através da redução da sua velocidade de percurso da trajetória, na zona inicial onde era frequente a falta de “cola”. O problema, apesar de tecnicamente não ter sido resolvido, foi “ocultado”. Esta resolução temporária forneceu precioso tempo à equipa de manutenção para resolução definitiva do problema. Para compensação destes segundos extras despendidos no início da trajetória, a velocidade geral do robô foi aumentada, após verificação que a mesma não influenciava o correto funcionamento da colocação de *threebound*, o que forneceu numa redução do tempo de ciclo da operação em 5 segundos, resultando num tempo de ciclo final de 38,9 segundos.

O antes e o depois desta implementação e redução de tempo de ciclo encontra-se representada na Figura 56.

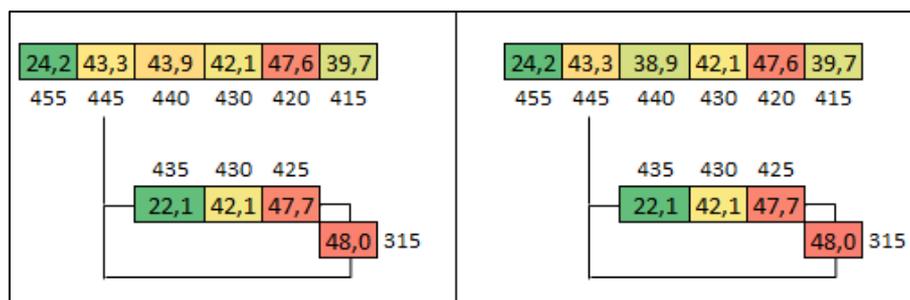


Figura 56 - Alteração ao tempo de ciclo da OP440

3.4.4. Otimização dos Cárters de Mecanismo

3.4.4.1. Linha de Montagem

De modo a facilitar a fluidez de caixas de velocidades nas zonas intermédias da linha de montagem MB02, e tendo por base a análise dos “5 Porquês” efetuada na identificação deste problema, tal como descrito na secção 3.3.4 deste documento, a OP430 foi definida como a operação alvo.

As duas maiores causas identificadas para a não fluidez deste posto de trabalho são a elevada taxa de faltas externas e a sua desativação, que afetam negativamente a disponibilidade operacional deste equipamento. Apesar de as faltas externas representarem a maior parte desta contrariedade,

implicações práticas não são de momento viáveis ou prioritárias. Como tal, o alvo destas implementações foi a redução da taxa de desativação.

Uma das causas desta frequente desativação do posto de trabalho é a desativação dos postos sincronizados a montante, as OP420 e OP425, cuja causa de desativação é a falta de cárteres de mecanismo a serem trabalhados na OP425, representando 5,20% de não disponibilidade operacional na OP420. A eliminação da causa desta elevada percentagem levará à redução de quase 51% da desativação da OP430.

No momento de redação deste documento, as implementações práticas definidas para a otimização dos cárteres de mecanismo ainda não foram aplicadas. Como tal, serão apenas descritas as sugestões efetuadas para este propósito. Devido à **total ausência de orçamento para este projeto**, procuravam-se sugestões cujos custos fossem aproximadamente nulos sempre que possível, ou que estes mesmos custos fossem imputados a outros departamentos fabris.

A maior causa identificada para a não sincronização destes dois postos é sem dúvida alguma, como demonstrado anteriormente, o elevado contraste existente entre os tempos de transporte de ambos os tapetes rolantes, de 19 segundos. Uma primeira sugestão baseava-se na melhoria do tapete rolante dos cárteres de mecanismo, aumentando a sua velocidade de movimento, ou substituindo por completo o tapete por um mais eficaz. O aumento da velocidade provou-se ser impossível. Apesar de alguns tapetes rolantes da linha de montagem se encontrarem propositadamente abrandados, este tapete já se encontra a 100% da sua capacidade de movimento. A sua substituição por um tapete mais eficaz, devido ao seu elevadíssimo investimento monetário, foi também descartada. A troca deste tapete também se provaria ser extremamente difícil de ser executada sem interferir na produção, visto a sua implementação dificilmente ser conseguida em apenas 48h de trabalho (fim de semana).

Colocadas de parte ambas estas possíveis implementações, um estudo e análise mais aprofundados era necessário. Visto esta zona da linha de montagem MB03 ter um funcionamento quase ideal, uma observação ao estado atual foi efetuada e representada na Figura 57.

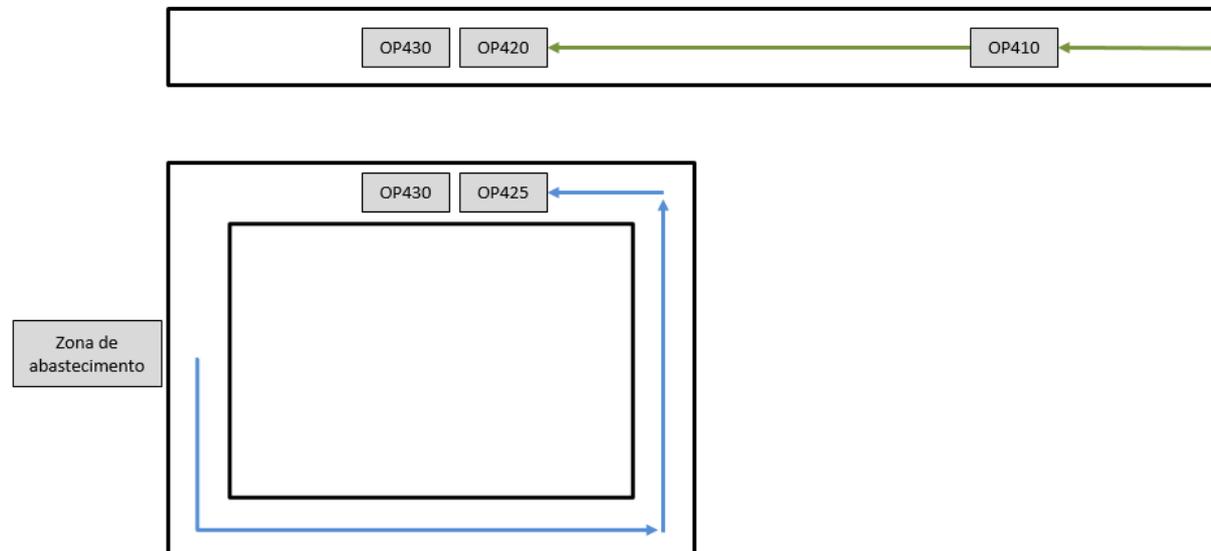


Figura 57 - Zona da linha de montagem MB03 referente aos cárteres de mecanismo

O funcionamento desta zona da linha de montagem MB03 é bastante semelhante, como observado na última figura, ao da linha MB02, no entanto existem algumas diferenças cruciais. A diferença mais aparente é o muito mais reduzido tamanho do tapete rolante “circular”. Como esta linha só produz um tipo de caixas de velocidades, a JR, o tamanho extra de tapete não é necessário. Na MB02 este comprimento extra é necessário para albergar uma operação única à produção de ND, a OP315. A segunda diferença mais significativa é que o sinal que fornece a ordem de trabalho à OP300 é inexistente. A OP300 e a OP320, tal como visto na figura, não “existem”. Estas operações foram movidas para uma outra zona da fábrica, o polo de preparações, cuja descrição irá ser efetuada na secção

3.4.4.2. Além de ter reduzido um importantíssimo indicador desta linha, o DSTR, esta alteração eliminou na prática a quase totalidade do tempo despendido em transporte de cárteres de mecanismo até à OP425.

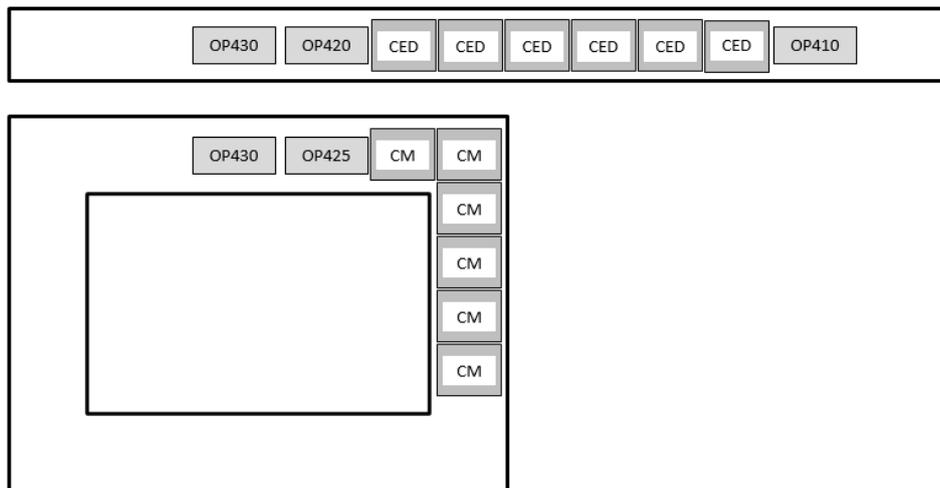


Figura 58 - Filas de espera (WIP) na MB03

A não necessidade deste sinal resulta na virtualmente sempre existência de um cárter de mecanismo na OP425. No limite, esta operação apenas tem de aguardar que um cárter de embraiagem se coloque na OP420, tal como visto na Figura 58.

Após estudada e verificada a correta operacionalidade desta solução na MB03, foi sugerida uma implementação semelhante a esta, inserida na MB03, ou seja, deslocar as OP300 e OP320 para o polo de preparações, reduzindo o DSTR e eliminando a necessidade do sinal, fazendo os cárteres de mecanismo atravessar o tapete rolante central, como visto na Figura 59. Este tapete rolante central, usado de momento para armazenamento de equipamentos padrão, utilizados na calibração de algumas operações automatizadas circundantes, poderia ser utilizado como um “atalho” no transporte dos cárteres de mecanismo.

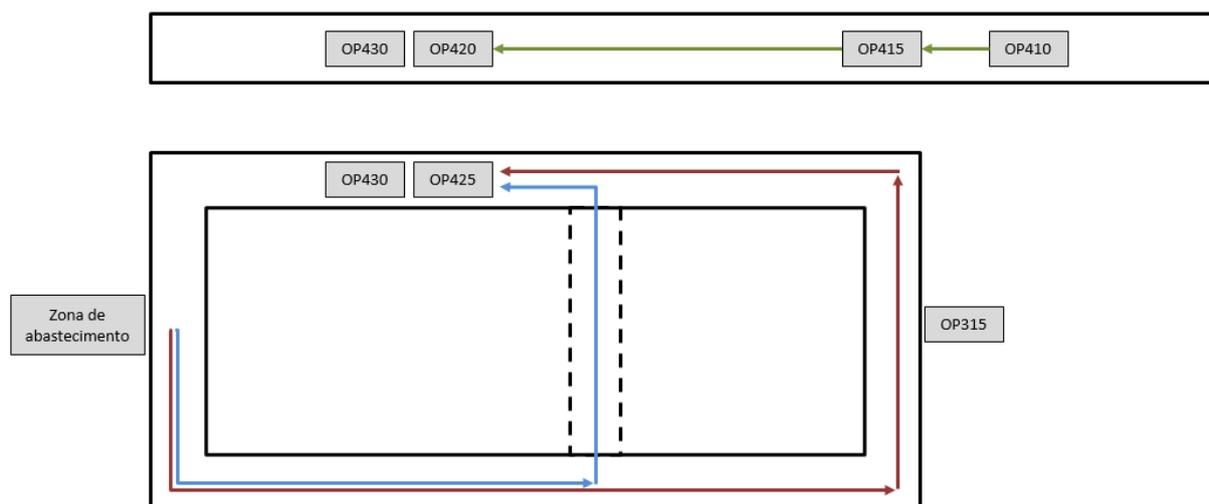


Figura 59 - Sugestão inicial de otimização

Representado a verde encontra-se o percurso dos cárteres de embraiagem que não sofreu qualquer alteração. A azul representa-se o percurso dos cárteres de mecanismo na produção de JR. Pressupondo a realocação das OP300 e OP320, não existe qualquer necessidade de as peças executarem a volta completa. Visto o tapete rolante central apenas ser usado para armazenamento de equipamentos padrão, facilmente, e com muito baixo investimento monetário, se efetuavam estas

modificações. Com a cor vermelha esquematiza-se o percurso dos cárteres de mecanismo, na produção de ND, que não sofreria qualquer modificação. Futuramente, com a eliminação da necessidade da produção de ND, o percurso extra poderia ser removido definitivamente.

Esta sugestão de implementação resolve quase na perfeição todos os problemas demonstrados de sincronização das operações OP420 e OP425, reduzindo ao mesmo tempo o indicador DSTR e eliminando a necessidade da existência de um sinal na OP410. O grande inconveniente é o **grande investimento monetário necessário, estimado em 60.000€**. Este investimento seria utilizado para a realocação da OP320, consistente de várias aparafusadoras automáticas cuja função é o aperto do módulo de comando. Esta solução, apesar de praticamente ideal, devido ao elevado investimento, foi descartada.

Visto o grande investimento monetário necessário na realocação da OP320, e sendo o objetivo a criação de uma implementação cujo investimento seja virtualmente nulo, esta realocação não será possível, e como tal, será necessária a criação de uma sugestão que não a envolva. Uma nova sugestão foi então criada, tendo em conta tanto os objetivos como a ausência de orçamento neste projeto, que se encontra representada na Figura 60.

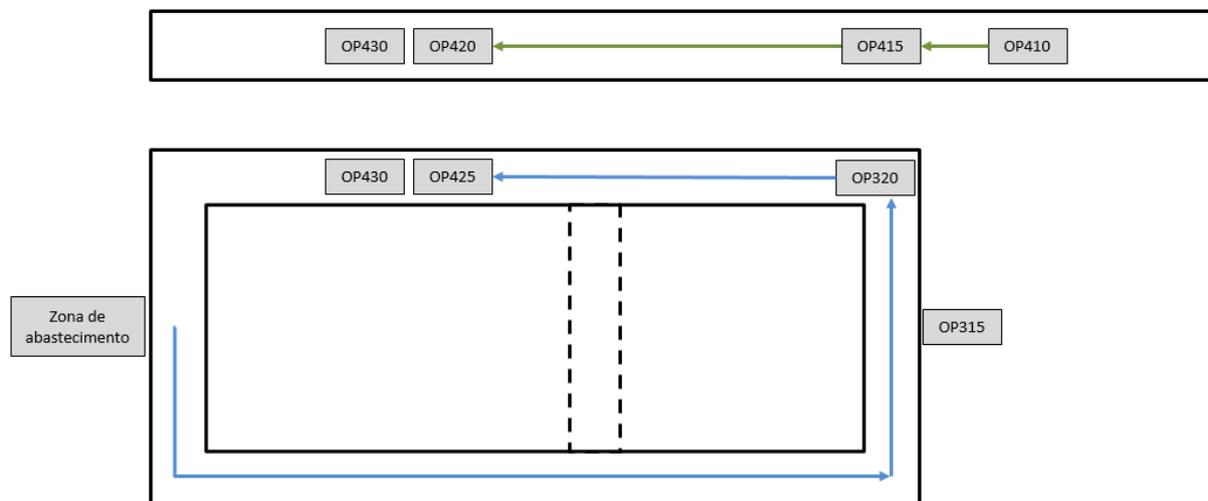


Figura 60 - Sugestão final de otimização, a custo zero

Nesta figura, à semelhança de figuras anteriores, representa-se a verde o percurso dos cárteres de embraiagem, e a azul representa-se o percurso dos cárteres de mecanismo na produção de JR. Posto o elevado investimento necessário para a realocação da OP320, torna-se evidente que a mesma terá de ser mantida na sua localização atual. No entanto, a OP300, não tem relevantes custos associados à sua deslocação. Podendo ser criada uma situação semelhante à linha MBO3 (Figura 57), o ponto principal desta sugestão encontra-se na realocação da OP300 para o polo de preparações. O sinal necessário para a ordem de envio de um cárter de mecanismo é ainda presente neste sistema, no entanto, o mesmo foi deslocado mais para a frente no processo, estando agora localizado antes da OP320. Sempre que é recebido um sinal, um cárter de mecanismo apenas tem de sofrer o seu aperto de módulo de comando e ser transportado num muito mais reduzido percurso de tapete rolante, criando assim as filas de espera produtivas representadas na Figura 61. Para a produção de ND, nada é alterado com esta implementação.

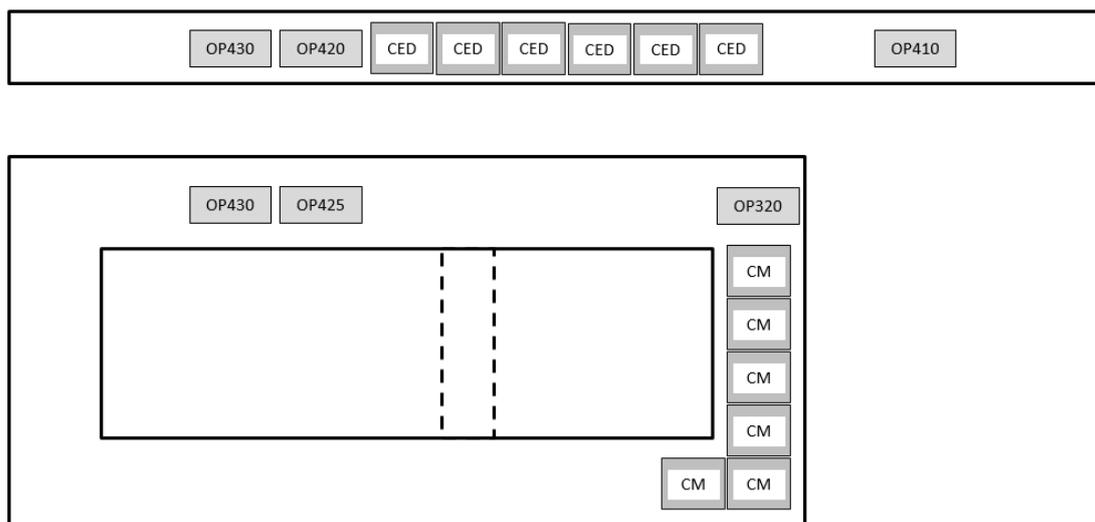


Figura 61 - Filas de espera da sugestão final de otimização a custo zero

Esta solução não é perfeita, visto não resolver todos os problemas demonstrados de sincronização das operações OP420 e OP425. No entanto, além de permitir a redução do indicador DSTR, bem como a deslocação do sinal mais a jusante do processo, o seu grande “trunfo” é a **total ausência de investimento monetário necessário**. À parte de custos residuais provenientes da necessidade de mão-de-obra para a deslocação da OP300, bem como a sua implementação física o polo de preparações, os custos são nulos. O seu tempo necessário para implementação é também um fator a destacar, previsões apontando a necessidade de apenas, no máximo, 48h de trabalho (fim de semana). Posto este fator, a implementação pode ser realizada sem interferir com a produção fabril. Apesar de não ser ideal, a total ausência de investimento, bem como a quase instantânea possível implementação, tornou-a na sugestão final.

A sugestão foi bem recebida, tanto pelos superiores hierárquicos, bem como os operadores fabris, ambos os elementos concordando na sua validade, bem como na importância de definição de soluções temporárias a curto prazo para problemas que serão definitivamente resolvidos a longo prazo.

3.4.4.2. Polo de Preparações

Para a implementação da sugestão a custo zero definida na secção anterior, 3.4.4.1, é necessária a realocação da OP300 da MB02 para o polo de preparações, zona da área fabril pertencente ao departamento da Logística, ao invés das linhas de montagem, que pertencem ao departamento da Produção. O atual layout fabril deste polo encontra-se representado, na sua versão simplificada, na Figura 62.

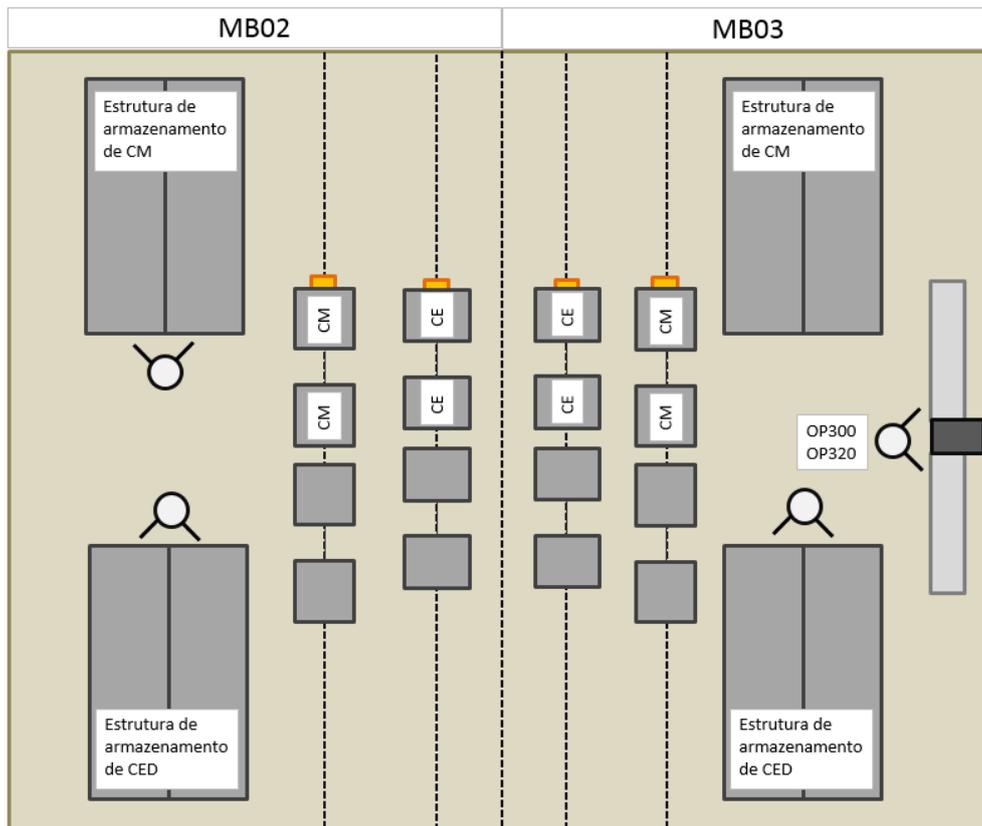


Figura 62 - Layout fabril atual do polo de preparações

Neste polo de preparações, dividido em duas grandes zonas (MB02 e MB03) é efetuada a pré-preparação dos cárteres de mecanismo e cárteres de embraiagem, de modo a se encontrarem preparados para montagem nas linhas de montagem do AT5. Contentores com 48 cárteres de mecanismo/embraiagem são depositados numa estrutura de armazenamento inclinada (Figura 63) por empilhadores. Os contentores, então, “deslizam” pela estrutura, sendo depositados perto de um operador fabril. Aquando da utilização total dos cárteres presentes no contentor, o contentor é deslocado para a esquerda, onde, devido à inclinação contrária, “desliza” novamente para a zona de empilhadores, onde é recolhido e transportado para o local necessário ao seu reabastecimento.



Figura 63 - Estrutura de armazenamento de contentores de cárteres

Para a total pré-preparação dos cárteres de mecanismo para a linha MB02, operadores fabris colocam os cárteres do contentor em bases de transporte próprias, com vista a serem transportadas por AGVs (Automatic Guided Vehicle), veículos automatizados de transporte de mercadorias em ambientes fabris, representados com um retângulo laranja no *layout* fabril.



Figura 64 - Bases de transporte de cárteres para AGVs

Devido ao fraco *layout fabril* atual, os operadores fabris são obrigados a transportar as bases para AGVs para perto de si, visto a estrutura de armazenamento ser fixa, tal como visto na Figura 65. Após as bases estarem carregadas, são colocadas de novo no seu lugar inicial. Esta tarefa, além de demorar uma quantidade significativa de tempo, é de total NVA, e representa algo a eliminar. A não necessidade de execução desta tarefa poderia significar a não necessidade da presença de 4 operadores fabris neste polo. Por rápida observação direta, é possível observar que 3 destes operadores se encontram bastante subcarregados, sendo a sua única função o transporte manual dos cárteres das estruturas para as bases. O último operador encontra-se completamente sobrecarregado, estando encarregue da execução das OP300 e OP320, bem como as mesmas tarefas dos restantes colegas.

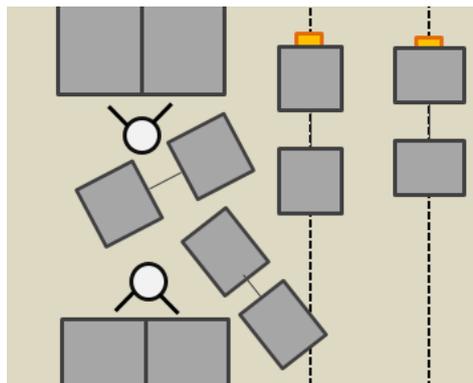


Figura 65 - Deslocamento das bases de transporte

Este método de trabalho, além dos problemas já descritos, é um enorme risco de segurança para o operador fabril. Por várias vezes, devido a anomalias na estrutura, o contentor após depositado pelos empilhadores, não parou no local devido, caindo no chão, perto dos pés do colaborador. O seu grande peso quando cheio (cerca de 500kg) torna este problema de máxima urgência e criticidade, visto a segurança ser a prioridade número um da Renault Cacia.

Visto a já referida necessidade de realocização da OP300, devido aos problemas descritos na linha de montagem MB02, bem como o enorme problema de segurança nesta zona, surge a oportunidade da redefinição de um novo *layout* fabril, que permita a otimização de ambos os elementos da fábrica.

De acordo com os futuros planos da Renault Cacia, a remoção total de empilhadores em chão de fábrica, bem como o grande perigo de segurança iminente devido à fraca estrutura de armazenamento, o novo *layout* fabril deverá ser construído de forma a evitar a necessidade destes elementos. Apesar de este novo *layout* poder ser implementado de forma semelhante na zona referente à MB03, pela natureza deste documento, apenas será descrita a zona referente à MB02.

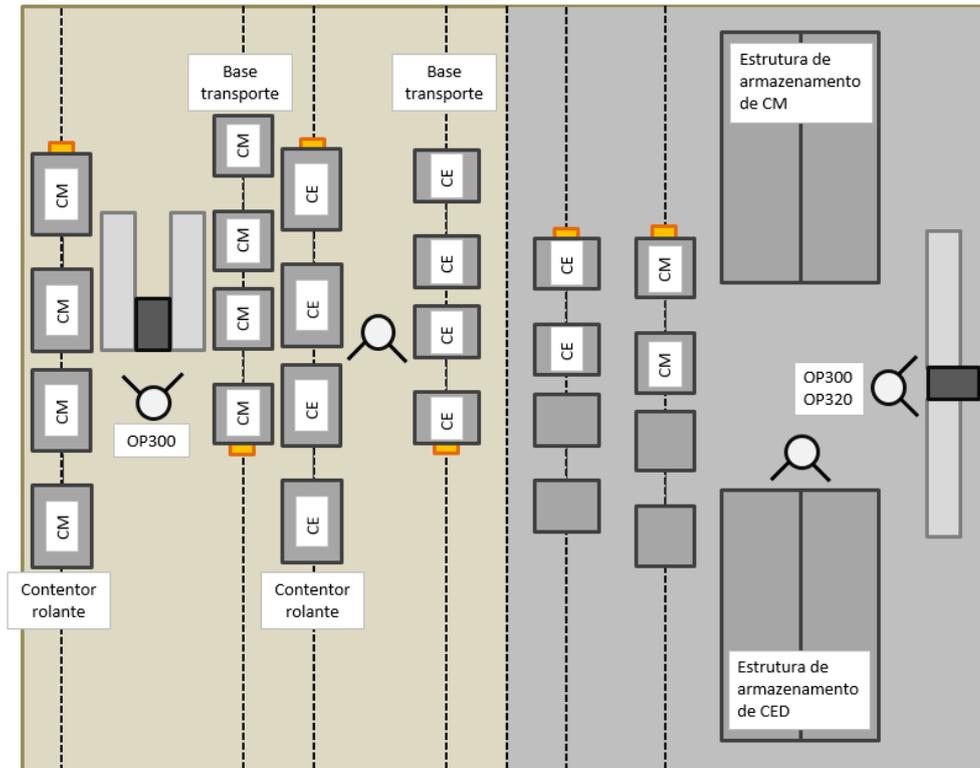


Figura 66 - Sugestão de novo layout fabril do polo de preparações

Tal como visto na Figura 66, onde se representa a sugestão para o novo *layout* fabril do polo de preparações, as bases transportadas por AGVs, foram mantidas. No entanto, foram reposicionadas, de modo a otimizar a necessidade de movimentos por parte dos operadores. Este facto, juntamente com a substituição da estrutura de armazenamento dos cárteres de mecanismo por contentores rolantes também transportados para os AGVs, eliminou totalmente a necessidade de reposicionamento de qualquer tipo de material, estando tudo ao alcance do operador.

A implementação desta sugestão implica a compra de 16 contentores rolantes. Devido às exigentes normas de segurança a cumprir na organização, bem como a não simplicidade de construção da mesma, **esta implementação implica o investimento de 60.000€**. No entanto, devido ao polo de preparações não pertencer ao departamento da Produção, mas sim ao departamento da Logística, os custos serão imputados ao mesmo, resultando em **total ausência de investimento monetário para o departamento da Produção**, e conseqüentemente, o AT5. Visto o departamento de Logística ter recebido com bastante otimismo esta sugestão, a sua implementação está iminente, visto que a simplicidade (de implementação física) da mesma a permite ser executada durante o fim-de-semana, não exigindo qualquer intervenção na produção.

3.5. Resultados

De modo a fornecer uma medida do sucesso deste projeto, a partir de dados objetivos e analíticos, bem como alguns dados subjetivos e qualitativos, é interessante definir os resultados obtidos neste projeto de dissertação. Estando a identificação de problemas encontrados na linha de montagem MBO2, bem como as suas implementações práticas divididos em 4 secções, a apresentação de resultados pode ser dividida também em 4 tópicos, bem como um tópico geral final:

- **Parametrização do SAM**

Antes das implementações práticas referidas em capítulos anteriores deste documento, os dados obtidos a partir deste *software* não eram verdadeiros, não representavam de qualquer modo a realidade da linha de montagem e induziam em erro os seus analistas. Apesar de esta parametrização, na data da redação deste documento, não estar ainda completa, as implementações efetuadas até agora já ajudaram a criar uma fonte segura para obtenção de dados e indicadores, tornando-os mais realistas e realmente úteis para análise e discussão.

Devido à natureza abstrata e qualitativa destas implementações, não é fácil a apresentação de resultados analíticos sobre as mesmas. No entanto são apresentados nas seguintes figuras (Figura 67 e Figura 68) dados retirados para o mesmo posto de trabalho, em diferentes períodos temporais: pré-parametrização e pós-parametrização. Vários outros postos de trabalho sofreram, e continuam a sofrer alterações com intenção de melhoria, no entanto, a título exemplificativo, apenas um posto foi selecionado para descrição neste documento.

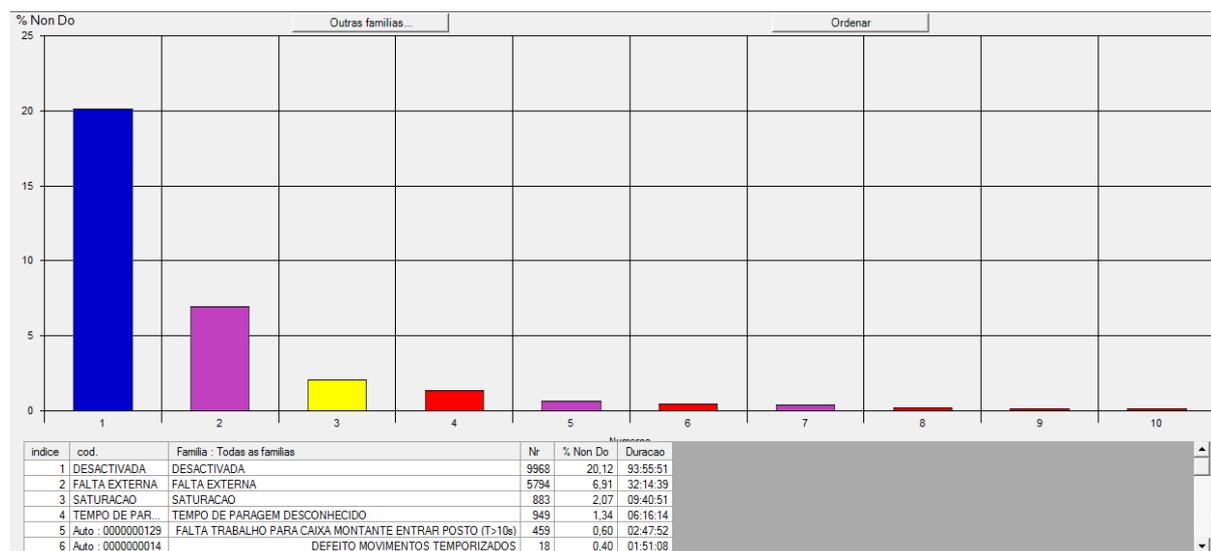


Figura 67 - Dados pré-parametrização do SAM

Conforme representado nesta figura, onde são apresentados dados pré-parametrização deste *software*, a quarta maior causa de não disponibilidade operacional deste posto de trabalho é “tempo de paragem desconhecido”. Tal e qual como o seu nome diz, não é conhecida a razão desta paragem, no entanto, ela é categorizada como pertencente à família das avarias /paragens próprias. Isto leva a que os dados da não fiabilidade deste equipamento se encontrem inflacionados, não representando a verdadeira situação presente, bem como deturpando por completo os indicadores deste posto de trabalho. Tendo esta ocorrência acontecido 949 vezes no período temporal definido, é evidente a necessidade do seu total entendimento, para posterior análise e resolução.

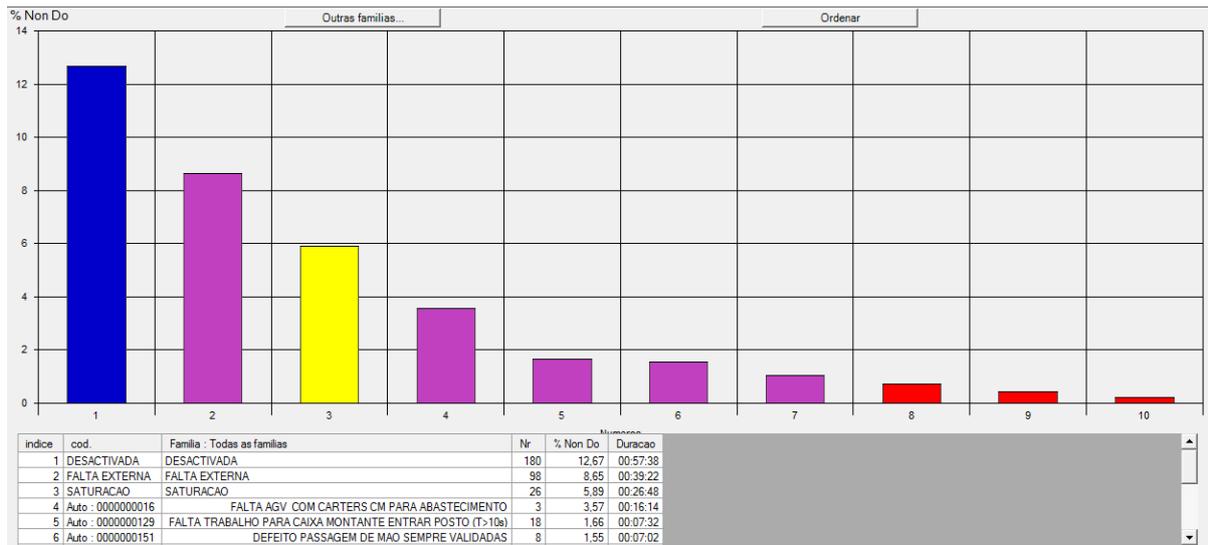


Figura 68 - Dados pós-parametrização do SAM

Os dados pós-parametrização, representados na Figura 68, possuem já descritas ao pormenor as paragens sofridas pelo posto. Por observação direta é possível observar, por exemplo, que para o intervalo de tempo previamente definido, 12,67% da não disponibilidade operacional do posto foi constituída pela desativação do mesmo (falta de material para trabalhar), representando no total 57 minutos e 38 segundos de não operacionalidade. Também podemos observar que 3,57% da não disponibilidade é constituída pela falta de AGVs com cárteres de mecanismo para abastecimento do posto, representando no total 16 minutos e 14 segundos de não operacionalidade. Isto indicará a necessidade de otimização dos métodos de abastecimento deste posto em particular. Ao invés da situação pré-parametrização, a causa “tempo de paragem desconhecido” já não existe. As paragens encontram-se agora definidas ao detalhe, permitindo rápidas, eficazes e corretas decisões de ataque aos problemas.

Esta parametrização tornou os dados obtidos mais realistas e fiáveis. Como tal, situações em que a culpa era incorretamente atribuída aos operadores fabris são cada vez menos comuns, fornecendo ao detalhe melhores informações sobre o porquê de dificuldades. Nestes casos de incorreta atribuição de culpas e responsabilidades por entidades superiores, era óbvia a revolta e diminuição da motivação dos operadores, situação que era urgente contrariar. Com estes novos dados, os colaboradores sabendo que têm um *software* a vigiar o seu posto e a recolher dados realistas sobre o mesmo encontram-se mais motivados no cumprimento das suas tarefas, o que sem dúvida leva a um aumento da produtividade desta linha de montagem. Conforme a máxima popular, “*trabalhador motivado trabalha por dois*”.

- **Melhoria da Fiabilidade de Equipamentos**

A fiabilidade de equipamentos, tal como referido várias vezes ao longo desta dissertação, é um fator crucial para atingir os objetivos produtivos de uma linha de montagem. Com objetivo de tentar terminar o ciclo vicioso da falta de manutenção preventiva previamente descrito na Figura 18, foram criados PMAs para todos os postos de trabalho da linha de montagem em análise.

Apesar de ainda não formalmente implementados, um grande envolvimento com os operadores fabris na sua criação e atualização levou a uma alteração de métodos de trabalho, valorização da manutenção preventiva, melhora do *commitment*, maior responsabilidade própria e motivação de cada trabalhador. Sempre que possível, em paragens de linha ou na ausência de material a trabalhar (posto desativado), os operadores, por vontade própria, entendendo o impacto da execução dos PMAs, aplicam informalmente o plano de manutenção autónoma ao seu posto de trabalho.

Para a obtenção de novos e atuais dados sobre a atual fiabilidade de equipamentos da linha, utilizou-se o software SAM, na sua funcionalidade “Esquema FPM/TAPM”, entre o início do presente

ano civil e alguns meses depois, após terem sido efetuadas várias melhorias a praticamente todos os postos. Estes dados, para o intervalo de tempo definido, apresentam-se na Figura 69.

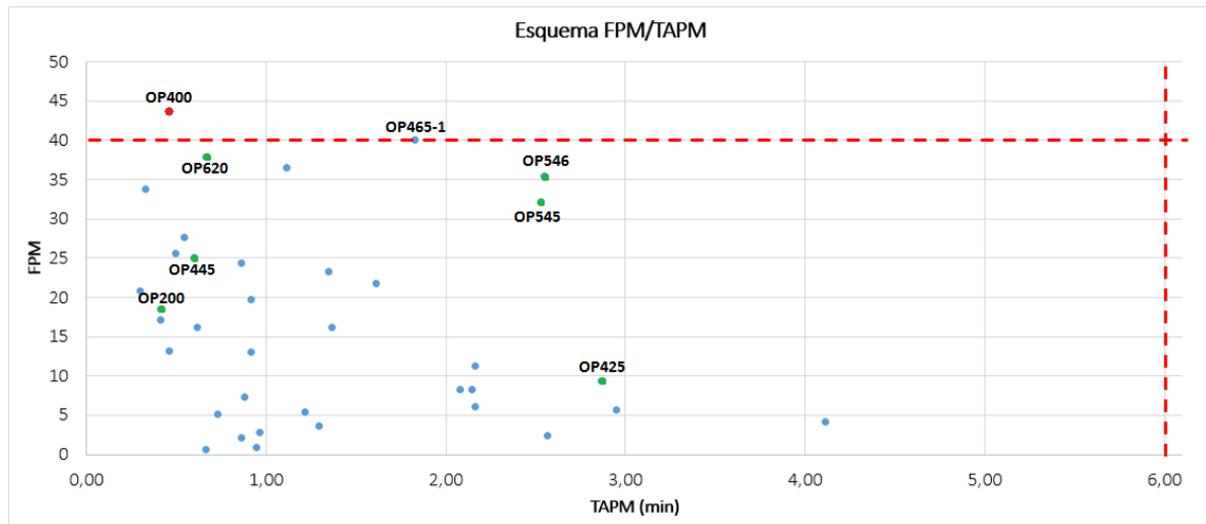


Figura 69 - Performance atual da fiabilidade de equipamentos

Por observação direta é possível constatar que praticamente todos os postos de trabalho, incluindo os equipamentos previamente não conformes (assinalados a verde), se encontram agora dentro dos limites aceitáveis de fiabilidade em número de paragens, bem como da sua duração. A única exceção à regra é o posto OP400 (assinalado a vermelho) que ultrapassa agora o limite FPM de fiabilidade. É também importante destacar que o FPM da OP465-1 se encontra perigosamente perto deste limite, tendo um FPM de 39,93 ocorrências.

A não conformidade com os limites aceitáveis de fiabilidade, presente na OP400, é identificada por paragens frequentes, mas de curta duração. As paragens pouco frequentes, mas de longa duração foram eliminadas. As paragens frequentes e de longa duração continuam a não ser identificáveis nesta linha de montagem, para o intervalo temporal definido.

A performance desejada, como referido previamente, como em qualquer organização, é o estado de “zero avarias”, mas visto este objetivo ser virtualmente impossível de alcançar num intervalo de tempo tão grande quanto o definido, o objetivo a cumprir foi o cumprimento total dos objetivos de fiabilidade definidos pelo grupo Renault. Este objetivo foi praticamente atingido na perfeição, cuja exceção, bem como os dados quantitativos da melhoria/pioria dos indicadores FPM e TAPM para cada posto encontram-se representados na Tabela 7.

Tabela 7 - Variação dos indicadores FPM/TAPM

Posto	TAPM Antigo (min)	TAPM Atual (min)	Δ TAPM (min)	FPM Antigo	FPM Recente	Δ FPM
OP200	1,68	0,42	-1,26	44,32	18,38	-25,94
OP400	0,80	0,47	-0,33	37,98	43,64	+5,66
OP425	9,38	2,87	-6,51	5,71	9,31	+3,60
OP445	0,50	0,60	+0,10	48,34	25,03	-23,31
OP545	3,50	2,53	-0,97	48,96	32,14	-16,82
OP546	2,15	2,55	+0,40	77,27	35,4	-41,87
OP620	0,47	0,67	+0,20	47,73	37,79	-9,94

Relativamente ao TAPM, a maior parte das operações sofreu um decréscimo deste indicador, sendo as exceções as OP445 e OP546, com uma respetiva variação de +0,10 e +0,40 minutos. No entanto, esta variação, além de relativamente pequena, não tira estes equipamentos dos limites de fiabilidade. Relativamente ao FPM, a maior parte das operações também sofreu um decréscimo deste indicador. Destaca-se a OP546, cuja redução foi enorme, com um decréscimo de 41,87 ocorrências por mil peças produzidas. As exceções foram as OP425 e OP400, com uma respetiva variação de +3,60 e +5,66 minutos. A variação obtida para o posto OP400 coloca-o agora fora dos limites de fiabilidade, o que sugere a necessidade de continuação de melhoria neste posto, bem como a identificação das causas que levaram a esta não vantajosa alteração do indicador. O mesmo não acontece na OP425, que apesar de sofrer um acréscimo, ainda se encontra nos limites válidos.

As alterações diretas efetuadas, entre outras, às OP445 e OP620, provaram ser um sucesso, reduzindo os indicadores TAPM e FPM de ambas as operações, com exceção do TAPM da OP445, que sofreu um ligeiro acréscimo de 0,10 minutos.

Torna-se também interessante a análise à tendência do FPM da OP400, operação esta que agora se encontra fora dos limites de fiabilidade. Conforme visto na Figura 70, o FPM da OP400 está a seguir uma tendência crescente. Este facto torna ainda mais relevante a análise a este posto, especialmente na semana 21, onde este equipamento apresenta uma média de quase 140 paragens por cada 1000 peças produzidas, um valor quase 4 vezes maior que o tolerável. Apesar de não ser usual este número de ocorrências no período temporal definido, este pico anormal de paragens indica que algo fora do comum definitivamente aconteceu.

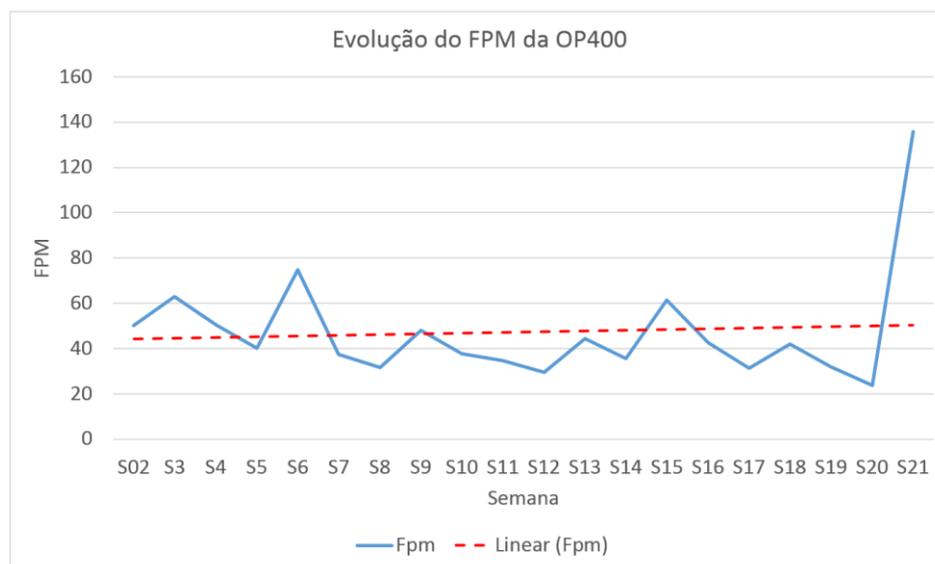


Figura 70 - Evolução do FPM da OP400

Posto isto, ainda que informal, a criação dos PMAs, bem como algumas implementações diretas nos postos de trabalho, aparenta ter fornecido resultados positivos. A expectativa aquando da sua implementação formal e execução rotineira é de diminuições ainda maiores destes indicadores, colocando a fiabilidade de equipamentos em níveis cada vez mais altos, fornecendo um aumento da produtividade desta linha de montagem e facilitando o cumprimento dos objetivos de produção.

- **Reduções a Tempos de Ciclo**

O estudo de tempos efetuado, cujo objetivo era a análise da realística exequibilidade dos atuais objetivos produtivos, permitiu a implementações de medidas que reduziram os tempos de ciclo de alguns postos de trabalho chave. Em alguns casos, os tempos de ciclo destes postos eram ou iguais ou maiores que o *takt time*, o que se mostrava ser incomportável. Em situações que o posto *bottleneck* tem um tempo de ciclo igual ao *takt time*, a capacidade produtiva máxima é a necessidade produtiva

necessária. Apesar de o cumprimento dos objetivos ser possível, é altamente improvável, pois qualquer tipo de paragem de linha existente, por mais curta que seja, independentemente das suas razões, irá levar a um atraso na produção. Nas situações em que o posto *bottleneck* tem um tempo de ciclo igual ao *takt time*, a capacidade produtiva máxima é inferior à necessidade produtiva necessária. O cumprimento dos objetivos é impossível.

Tendo em vista o objetivo definido para os dias de produção exclusiva de JR, a colocação de todos os tempos de ciclo abaixo do limite dos 43 segundos, 2 segundos abaixo do *takt time*, após as implementações práticas efetuadas nas OP210, OP470, bem como as OP530 e OP535 podemos analisar se o objetivo foi efetivamente cumprido.

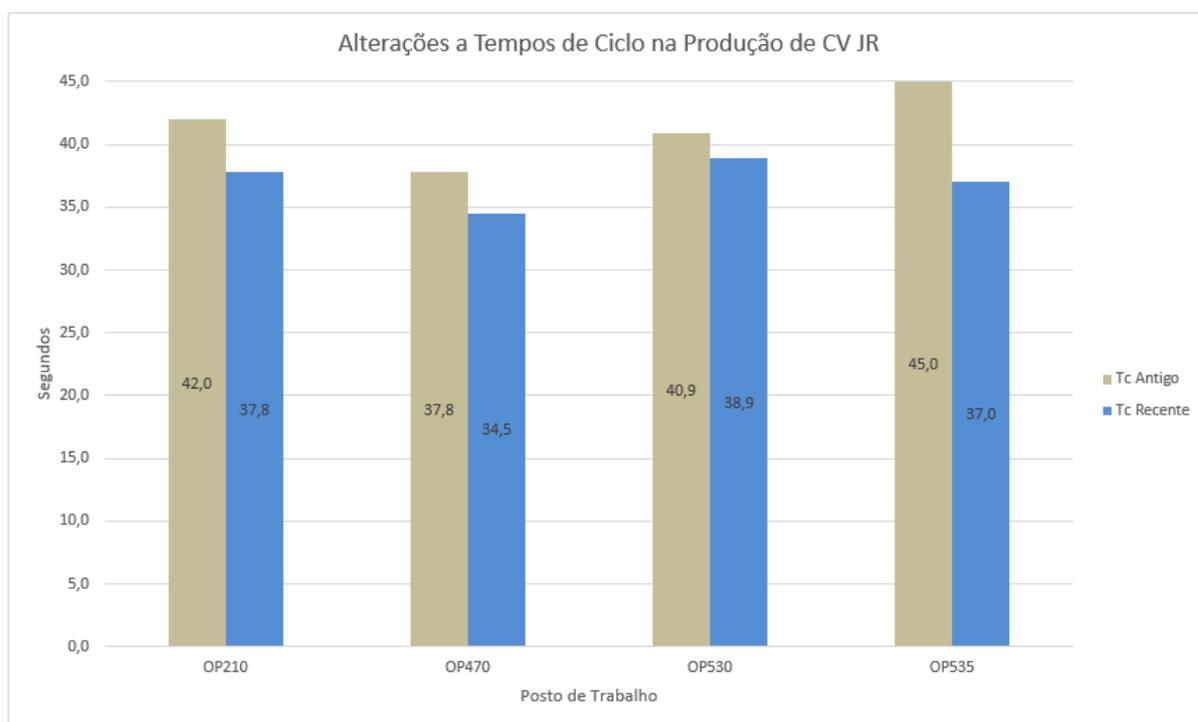


Figura 71 - Alterações a tempos de ciclo na produção de JR

Como visto na Figura 71, onde são descritos os valores quantitativos das alterações a tempos de ciclo efetuadas na produção das caixas de velocidades JR, bem como uma representação gráfica dos mesmos, uma das operações cujo tempo de ciclo era superior ao objetivo (OP535) sofreu uma redução de 8 segundos, o que agora a coloca 8,5 segundos abaixo do *takt time* e 6,5 segundos abaixo do objetivo. As outras operações descritas, apesar de não interferirem no objetivo, sofreram também grandes reduções, o que sem dúvida irá ajudar no fornecimento de “pulmão” à linha, capacidade para lidar com paragens de produção não afetando o cumprimento dos objetivos produtivos.

A Figura 72, uma representação gráfica dos novos tempos de ciclo obtidos para a produção de JR, confirma a total conformidade dos tempos de ciclo atuais aos objetivos definidos.

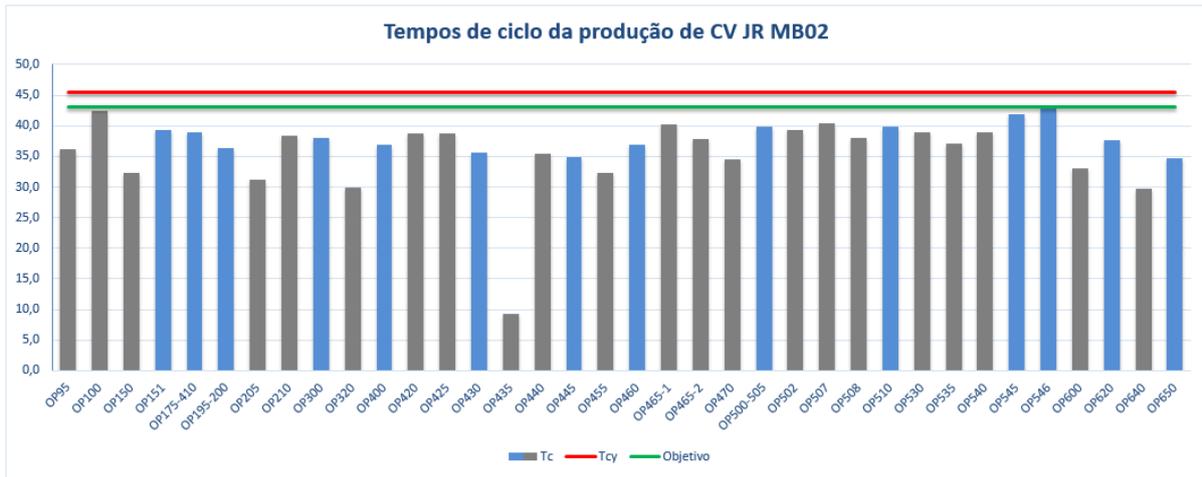


Figura 72 - Representação gráfica dos novos tempos de ciclo da produção de JR

A Figura 73, uma representação esquemática dos novos tempos de ciclo obtidos para a produção de JR, confirma novamente a afirmação anterior.

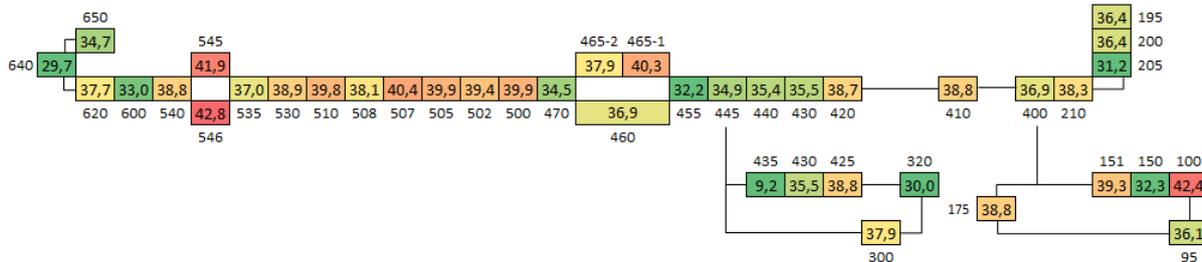


Figura 73 - Representação esquemática dos novos tempos de ciclo da produção de JR

Ambas estas figuras representam o total cumprimento dos objetivos definidos e permitem também a identificação dos próximos postos chave a atacar, postos estes com tempo de ciclo perigosamente perto dos objetivos definidos: OP545 e OP546, bem como a OP100. O facto de um dos maiores tempos de ciclos atuais na linha estar presente imediatamente no seu início é bastante perigoso. A linha de montagem encontra-se “constrangida” por esta operação automatizada. Independentemente do esforço dos operadores fabris, em situações de total normalidade, a linha de montagem nunca trabalhará a um ritmo superior a 42,4 segundos.

Uma análise aos 3 “Mu” pode ser novamente efetuada:

- Continuam a não existir situações de *Muri*, irracionalidade, quando a carga excede a capacidade. Isto efetivamente indica que, na teoria, é possível cumprir o *takt time* pretendido;
- Apesar de ainda existirem alguns casos de *Mura*, inconsistência, em que por vezes a capacidade excede a carga e a carga às vezes excede a capacidade, a sua magnitude é muito inferior. Mesmo em situações de variabilidade fora do normal, esta raramente resulta na ultrapassagem do *takt time* definido.
- A maior parte dos postos encontra-se ainda em *Muda*, desperdício de capacidade, quando a capacidade excede a carga.

Previamente, o *bottleneck* da linha de montagem era a OP535, com 45 segundos de tempo de ciclo, o que fornecia uma cadência teórica máxima de produção de 606 caixas de velocidades JR por turno. Devido às implementações efetuadas, e sendo o novo *bottleneck* da linha de montagem a OP546, com 42,8 segundos de tempo de ciclo, a nova cadência teórica máxima de produção é de 638 caixas de velocidades JR por turno.

Este aumento de cadência teórica máxima de produção de 32 caixas de velocidades por turno representa, devido à produção estar dividida em 3 turnos, um aumento de produção de 96 caixas de velocidades diário. Assumindo 20 dias produtivos, obtemos um aumento produtivo de 1920 caixas de velocidades mensal. Isto representa, aproximadamente, multiplicando o aumento produtivo pelo seu valor de venda, **um aumento das vendas teóricas mensais de 576.000€**. Devido à **total ausência de investimento monetário** para a implementação destas medidas, isto representa, indubitavelmente, um enorme sucesso das mesmas.

O mesmo aumento de cadência teórica máxima torna agora o atual objetivo produtivo de 600 caixas de velocidades não só alcançável, como realista, algo que previamente não era verdade. De momento, após estas implementações, devido à “folga” de 2 segundos de tempo de ciclo obtidos em todos os postos de trabalho relativamente ao *takt time*, este objetivo além de alcançável é também realista, e pode ser considerado um objetivo SMART. Dados produtivos descritos mais abaixo neste capítulo comprovam a veracidade destas afirmações.

Resultados relativos ao atingimento ou não dos objetivos definidos para a produção de caixas de velocidades ND não podem ser efetuados da mesma forma. Devido ao fim esperado da sua produção, apenas uma alteração ao tempo de ciclo foi efetuada na OP440, operação esta que não era o *bottleneck* da linha, e conseqüentemente, não variou a cadência teórica máxima produtiva. O atual *bottleneck*, a OP546, não sofreu qualquer implementação prática; no entanto foram sugeridas implementações, relativamente à troca da ferramenta de indexação da árvore primária da caixa de velocidades. Assumindo, no entanto, a implementação desta medida, podem ser previstos os resultados que se iriam demonstrar.

A troca desta ferramenta de indexação permitiria, certamente, a redução do tempo de ciclo desta operação em mais que 0,3 segundos, o objetivo definido neste documento. Esta afirmação pode ser comprovada analisando o tempo que é frequentemente perdido nesta tarefa, cerca de 5 segundos. Assumindo, que na pior das hipóteses, apenas se obteria uma redução de 1 segundo neste tempo de ciclo, podemos representar as melhorias na seguinte figura:

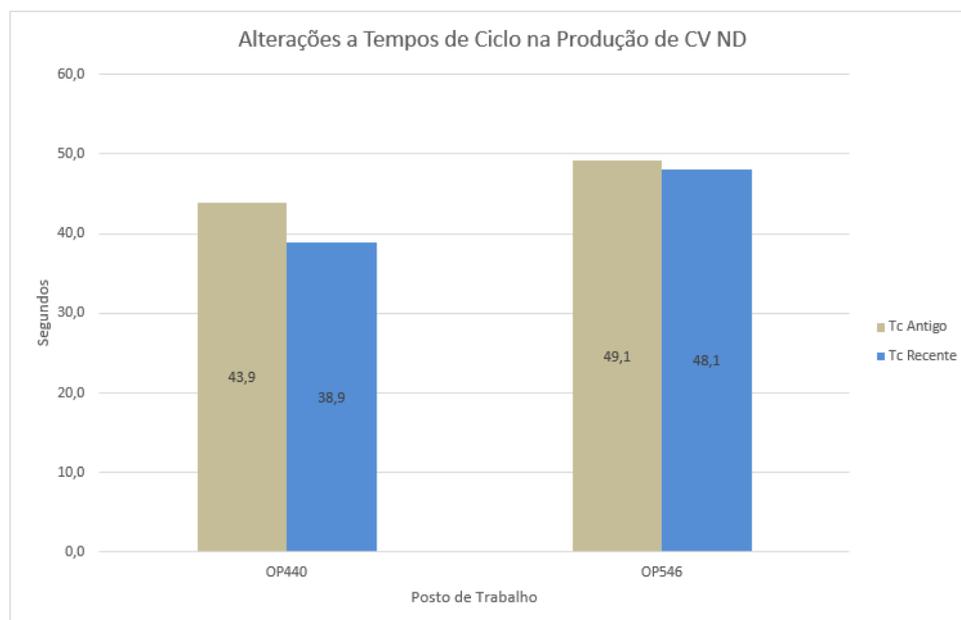


Figura 74 - Alterações a tempos de ciclo na produção de ND

Conforme visto na Figura 74, onde estão descritos os valores quantitativos das alterações a tempos de ciclo efetuados na produção de caixas de velocidades ND, bem como uma representação gráfica dos mesmos, a operação cujo tempo de ciclo era superior ao objetivo (OP546) sofreu uma redução de 1 segundo, o que agora a coloca com um tempo de ciclo igual ao *takt time*. A outra operação descrita, a

OP440, apesar de não interferir diretamente no objetivo, sofreu também uma redução, o que ajudou no fornecimento de “pulmão” à linha, e resolveu um problema de qualidade existente nela.

A Figura 75, uma representação dos novos tempos de ciclo obtidos para a produção de ND, confirma a total conformidade dos tempos de ciclo aos objetivos definidos.

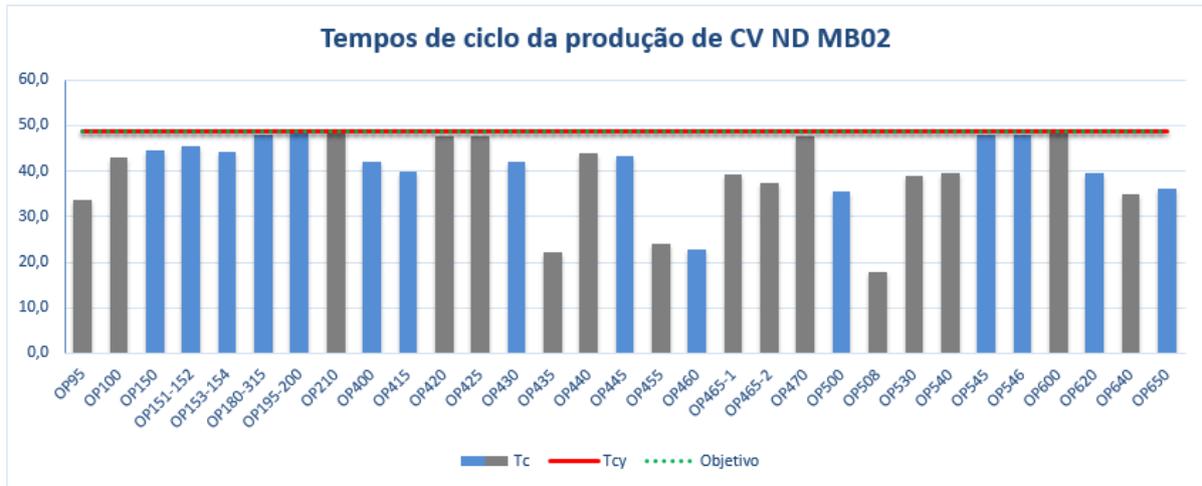


Figura 75 - Representação gráfica dos novos tempos de ciclo da produção de ND

A Figura 76, uma representação esquemática dos novos tempos de ciclo obtidos para a produção de ND, confirma novamente a afirmação anterior.

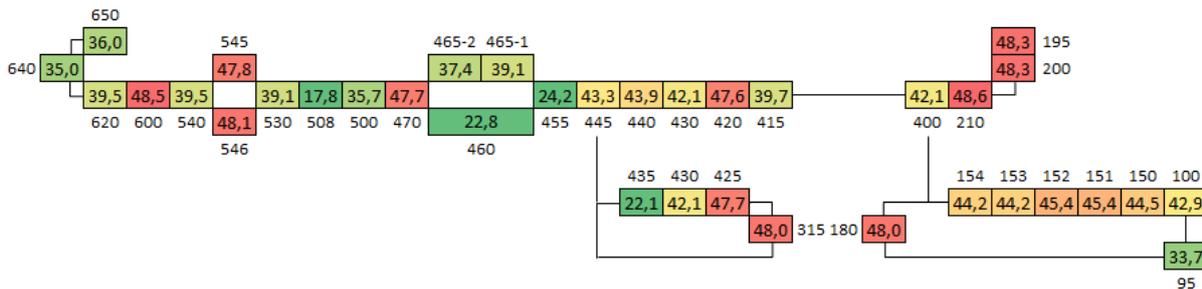


Figura 76 - Representação esquemática dos novos tempos de ciclo da produção de ND

Ambas estas figuras representam o total cumprimento dos objetivos definidos e permitem também a identificação dos próximos postos chave a atacar, postos estes com tempo de ciclo perigosamente perto do *takt time*: OP195/200, OP210 e OP600. Novamente, à semelhança dos dados obtidos para a JR, o facto de um dos maiores tempos de ciclo atuais se encontrar bastante perto do início da linha é bastante perigoso, encontrando-se a linha “constrangida por esta operação automatizada (OP210).

Uma análise aos 3 “Mu” pode também ser efetuada:

- Já não existe nenhuma situação de *Muri*, irracionalidade, quando a carga excede a capacidade. Isto indica que é teoricamente possível cumprir o *takt time* pretendido;
- Continuam a existir bastantes casos de *Mura*, inconsistência, em que por vezes a capacidade excede a carga e a carga às vezes excede a capacidade;
- Novamente, continuam a existir bastantes casos de *Muda*, desperdício de capacidade, quando a capacidade excede a carga.

Mesmo no pior caso possível, com a redução de só um segundo na OP546, esta já não é o *bottleneck* desta linha de montagem, com 49,1 segundos de tempo de ciclo, o que fornecia uma cadência teórica máxima de produção de 555 caixas de velocidades ND por turno. Devido às implementações sugeridas,

e sendo o novo *bottleneck* da linha de montagem a OP210, com 48,6 segundos de tempo de ciclo, a nova cadência teórica máxima de produção é de 561 caixas de velocidades ND por turno.

Este aumento de cadência teórica máxima de produção de 6 caixas de velocidades por turno representa, devido à produção estar dividida em 3 turnos, um aumento de produção de 18 caixas de velocidades diário. Assumindo 20 dias produtivos, obtemos um aumento produtivo de 360 caixas de velocidades mensal. Isto representa, aproximadamente, multiplicando o aumento produtivo pelo seu valor de venda, **um aumento das vendas teóricas mensais de 180.000€**. Devido à **baixa necessidade de investimento monetário** para a implementação destas medidas, **cerca de 2% do retorno mensal teórico**, isto representa, indubitavelmente, um enorme sucesso das mesmas. O *payback* deste investimento será quase instantâneo.

Este aumento da cadência teórica máxima torna o atual objetivo produtivo, apesar de não totalmente realista, devido à inevitável existência de paragens de linha, mais realista do que antes. Todos os postos de trabalho possuem um tempo de ciclo inferior ao *takt time*, nem que seja apenas por algumas décimas. Não é um objetivo SMART, ainda, mas cada vez mais se aproxima desta categorização.

- **Otimização dos Cárteres de Mecanismo**

Visto no momento de redação deste documento as implementações práticas definidas para a otimização dos cárteres de mecanismo não terem ainda sido aplicadas, serão apenas descritos resultados esperados para as sugestões efetuadas neste propósito.

Uma implementação da sugestão a custo zero descrita na secção 3.4.4.1 permitiria um aumento da fluidez de produção nas caixas de velocidades JR nas zonas intermédias da linha de montagem MB02, através da redução da percentagem de não disponibilidade operacional relativa a desativação do posto na OP430, proveniente da desativação dos postos sincronizados a montante, cuja principal causa é a falta de cárteres de mecanismo a trabalhar na OP425.

A implementação desta sugestão, tal como representado na Figura 77 permitiria uma redução enorme do tempo de transporte dos cárteres de mecanismo.

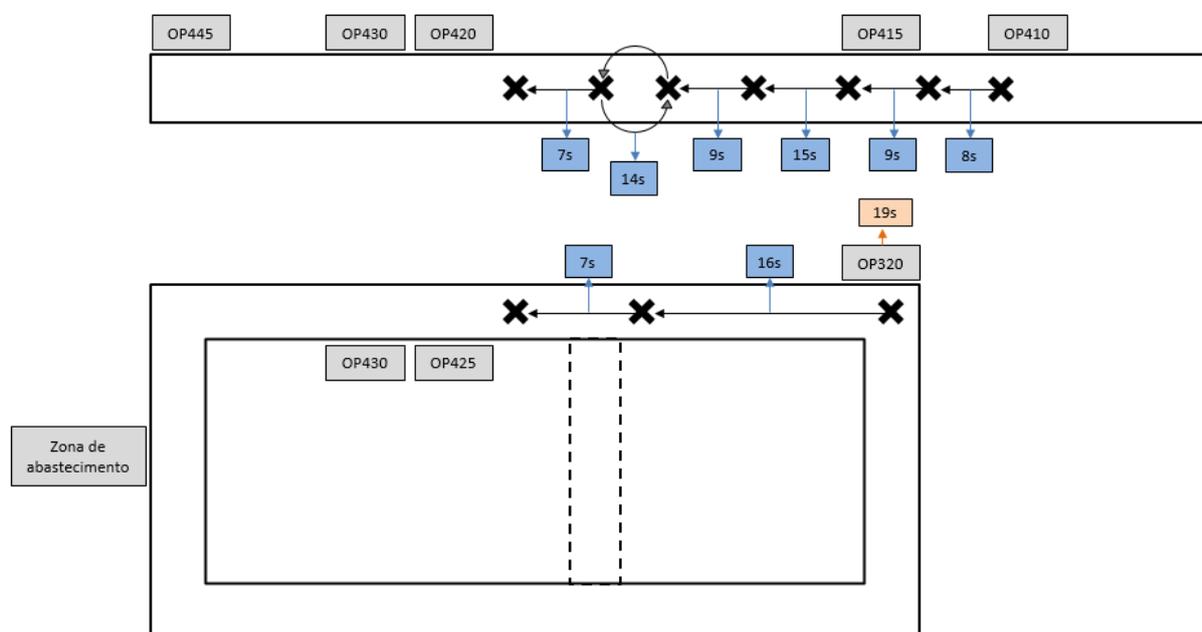


Figura 77 - Novas temporizações para o sincronismo das OP420 e OP425

O tempo de transporte dos cárteres de mecanismo, tal como referido previamente, é de 81 segundos, 19 segundos maior que o tempo de transporte de cárteres de embraiagem, de 62 segundos. Assumindo este novo método de funcionamento, o novo tempo de transporte para os cárteres de

mecanismo é de 42 segundos, 39 segundos inferiores ao tempo atual. Isto implica a redução de quase 52% deste tempo, uma redução claramente significativa.

A quantificação exata dos benefícios obtidos com esta possível implementação são extremamente difíceis, se não impossíveis, de calcular. A elevada variabilidade de vários fatores presentes nesta linha de montagem torna-a bastante imprevisível. No entanto, assumindo uma total resolução da falta de cárteres de mecanismo na OP425, que representa 5,20% da não disponibilidade operacional da OP420, a sua taxa de desativação será reduzida em quase 51%. Sendo a OP430 a operação imediatamente a jusante destas operações sincronizadas, assumindo esta implementação, podemos considerar a eliminação da mesma magnitude da não disponibilidade operacional devido a desativação na OP430. Isto permitiria colocar a sua taxa de não disponibilidade operacional devido a desativação em aproximadamente 5,37%, cuja alteração representaria um decréscimo da taxa de desativação em quase 51%

Assumindo uma teórica total “propagação” da redução de taxa de desativação em 5,20% em todos os postos a jusante da OP430 devido à otimização dos cárteres de mecanismo, a OP535, o *bottleneck* desta linha de montagem, iria sofrer uma redução da mesma magnitude na sua taxa de não disponibilidade operacional devido a desativação, o que criaria uma nova taxa de 13,8%. Novamente, partindo de pressupostos teóricos, esta redução de 5,20% de desativação permitiria 24,96 minutos adicionais de produção por turno. Assumindo o tempo de ciclo referido previamente, obtemos um aumento teórico de produção por turno de 32 caixas de velocidades.

Este aumento de cadência teórica máxima de produção de 32 caixas de velocidades por turno representa, devido à produção estar dividida em 3 turnos, um aumento de produção de 96 caixas de velocidades diário. Assumindo 20 dias produtivos, obtemos um aumento produtivo de 1920 caixas de velocidades mensal. Isto representa, aproximadamente, multiplicando o aumento produtivo pelo seu valor de venda, **um aumento das vendas teóricas mensais de 576.000€**. Devido à **total ausência de investimento monetário** relevante para a implementação destas medidas, isto representa, indubitavelmente, um enorme sucesso das mesmas.

Novamente, visto no momento de redação deste documento as implementações práticas definidas para o polo de preparações não terem ainda sido aplicadas, serão apenas descritos resultados esperados para as sugestões efetuadas neste propósito.

A implementação da sugestão fornecida é prevista solucionar por completo o maior problema encontrado nesta área fabril, a segurança. As antigas estruturas de armazenamento providenciam um enorme risco de segurança, visto a sua potencial queda. Nada menos que ferimentos graves são esperados caso a queda ocorra no pior momento. A sua substituição pelos contentores rolantes por AGVs eliminará por completo este risco. A não necessidade de abastecimento por empilhadores será também um grande benefício, sendo um passo em frente para o objetivo definido pela Renault Cacia, de possuir todo o chão de fábrica livre dos mesmos. Normas de segurança definem que não é permitido operadores fabris partilharem (em situações normais) o mesmo espaço que estes veículos. Isto significa que o polo de preparações poderá ser expandido, dando aso a todo o tipo de possibilidades.

Não menos importante, o tempo necessário para a execução das tarefas de preparação foi reduzido, permitindo o cumprimento de uma maior cadência de produção. A ergonomia foi também melhorada, não havendo a necessidade de puxar/empurrar objetos pesados.

Ambas estas implementações, com vista a otimizar o funcionamento dos processos relevantes aos cárteres de mecanismo e embraiagem, apesar que ainda teóricas, permitirão o cumprimento de um dos objetivos mais importantes deste projeto, a redução do DSTR. Esta redução ao atual valor de 2,08 unidades é prevista fazer com que a linha de montagem MB02 deixe de ser a linha de todo o grupo Renault com o pior valor de DSTR, aproximando-se da linha MB03, que possui o melhor valor entre todos. Isto tornará a linha mais produtiva, e conseqüentemente, mais competitiva.

- **Resultados Produtivos**

Não obstante da validade dos resultados mencionados previamente nos últimos tópicos, o melhor método para análise do sucesso de um projeto desta categoria baseia-se na análise dos resultados produtivos obtidos na linha de montagem. Devido à natureza de uma linha produtiva, apesar de grandes e quantificáveis resultados poderem ser calculados, os mesmos poderão ou não ter qualquer influência, ou não ser relevante, nos resultados produtivos. A ainda não implementação de grande parte das sugestões práticas descritas neste documento, baseadas em resultados teóricos, torna esta análise ainda mais relevante.

Para a análise efetuada aos resultados produtivos, o passo inicial foi a definição de um intervalo temporal, definido entre o início do ano civil da data de escrita deste documento, até à data final do estágio curricular efetuado pelo autor, consistindo em 5 meses, divididos nas suas respetivas semanas. Como segundo passo, utilizando *softwares* internos da Renault Cacia, foram obtidos os dados produtivos diários para o turno da manhã na produção de caixas de velocidades na MB02. Por ser uma linha de produção flexível, com capacidade de produção de dois tipos de caixas de velocidades diferentes, os dados obtidos foram divididos em duas partes: dias de produção exclusiva de JR e dias de produção mútua de JR e ND.

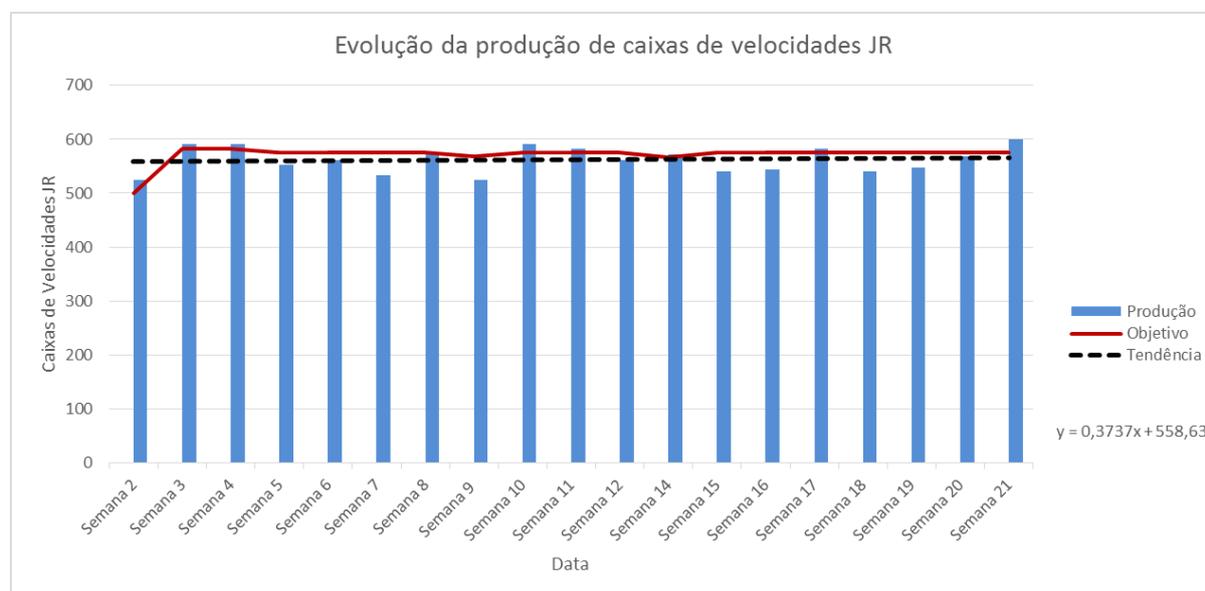


Figura 78 - Evolução da produção de caixas de velocidades JR

Na Figura 78, onde é vista a evolução da produção de caixas de velocidades JR no período temporal definido, representam-se 3 elementos distintos, a produção, o objetivo e a tendência. A produção atingida, representada com colunas azuis, cujo valor semanal foi calculado a partir da média dos valores diários (em dias de produção exclusiva de JR). O objetivo de produção, representado com uma linha vermelha, sofreu o mesmo cálculo. Estes valores foram aglomerados na sua média não só para fornecer um gráfico mais reduzido e facilmente legível, mas também para reduzir as variações normais inerentes a desvios padrões. A razão de o objetivo apresentado no gráfico não ser o valor previamente descrito neste documento (600 unidades) é porque devido a várias razões, entre as quais, falta de mão-de-obra, o “verdadeiro” objetivo, mais realista que o anterior, é inferior ao objetivo apresentado aos operadores fabris. É de destacar que na última semana representada, a semana 21, o objetivo de 600 unidades foi cumprido, apesar de o “verdadeiro” objetivo ser apenas de 576 caixas de velocidades. Por fim, a tracejado preto, representa-se a tendência linear de produção.

$$y = 0,3737x + 558,63$$

Equação 7 - Representação matemática da tendência linear da produção de JR

É possível observar, a partir da sua equação matemática, que a mesma é crescente, tendo um declive positivo de aproximadamente 0,4 unidades, e um ponto de interseção no eixo de coordenadas vertical na origem de 558,63 unidades. Isto indica que a produção segue uma tendência linear de crescimento de 0,4 caixas de velocidades por semana.

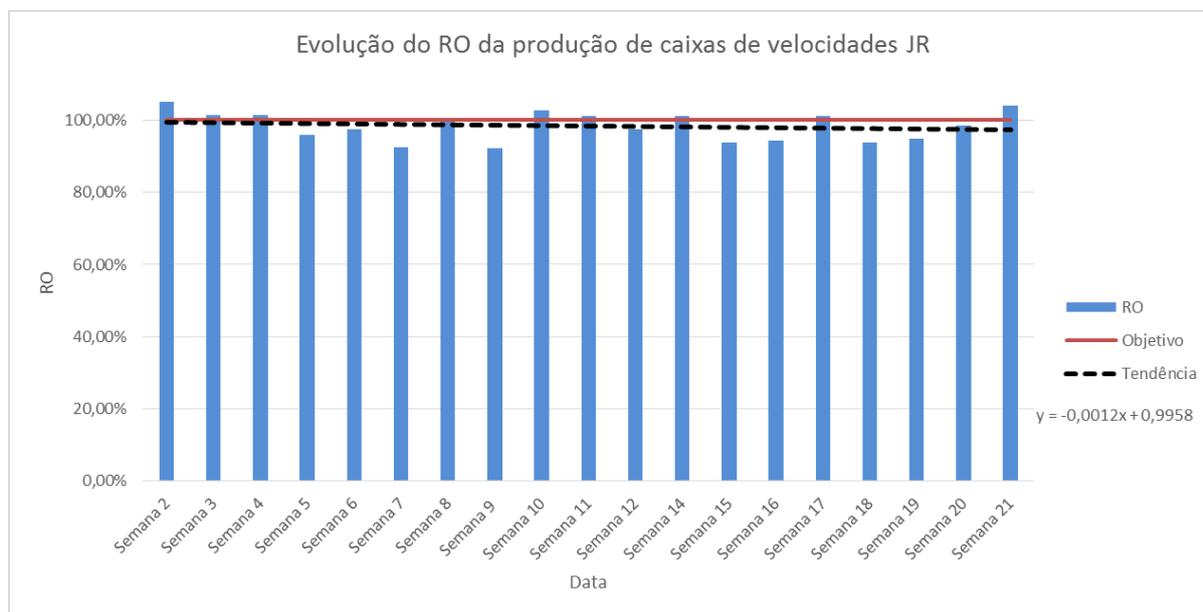


Figura 79 - Evolução do RO (rendimento operacional) da produção de caixas de velocidades JR

Na Figura 79 é vista a evolução do rendimento operacional da produção de caixas de velocidades JR no período temporal definido, que segue a mesma representação da Figura 78. Novamente, estes valores foram aglomerados na sua média não só para fornecer um gráfico mais reduzido e facilmente legível, mas também para reduzir as variações normais inerentes a desvios padrões. O rendimento operacional, a taxa de cumprimento dos objetivos definidos, é calculado a partir da divisão da produção obtida, pelo objetivo de produção.

$$y = -0,0012x + 0,9958$$

Equação 8 - Representação matemática da tendência linear do RO da produção de JR

É possível observar, a partir da sua equação matemática, que o mesmo é decrescente, tendo um declive negativo de aproximadamente -0,0012 unidades, e um ponto de interseção no eixo de coordenadas vertical na origem de 0,9958 unidades. Isto indica que o rendimento operacional segue uma tendência linear de decrescimento de -0,1% por semana.

Uma análise aos resultados efetuada à produção exclusiva de JR pode também ser realizada para dias de produção mútua de JR e ND.

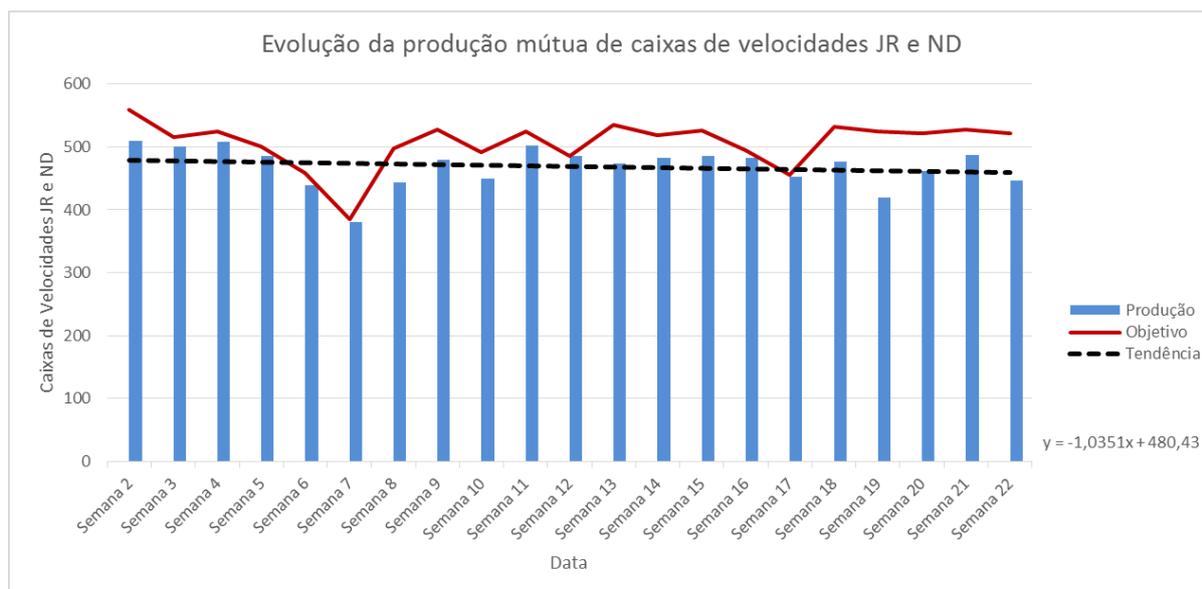


Figura 80 - Evlução da produção mútua de caixas de velocidades JR e ND

Na Figura 80, onde é vista a evolução da produção mútua de caixas de velocidades JR e ND no período temporal definido, à semelhança da análise anterior, representam-se a produção, o objetivo e a tendência. Os valores semanais, novamente, foram calculados a partir da média dos valores diários, de modo a produzir um gráfico mais reduzido e facilmente legível, bem como reduzir as variações normais inerentes a desvios padrões. Tal como anteriormente, o objetivo apresentado no gráfico não é o valor previamente descrito neste documento por várias razões, entre as quais, falta de mão-de-obra.

$$y = -1,0351x + 480,43$$

Equação 9 - Representação matemática da tendência linear da produção mútua de JR e ND

É possível observar, a partir da sua equação matemática, que a mesma é decrescente, tendo um declive negativo de aproximadamente 1 unidade e um ponto de interseção no eixo de coordenadas vertical na origem de 480,43 unidades. Isto indica que a produção segue uma tendência linear decrescente, tal como esperado, de 1 caixa de velocidades por semana.

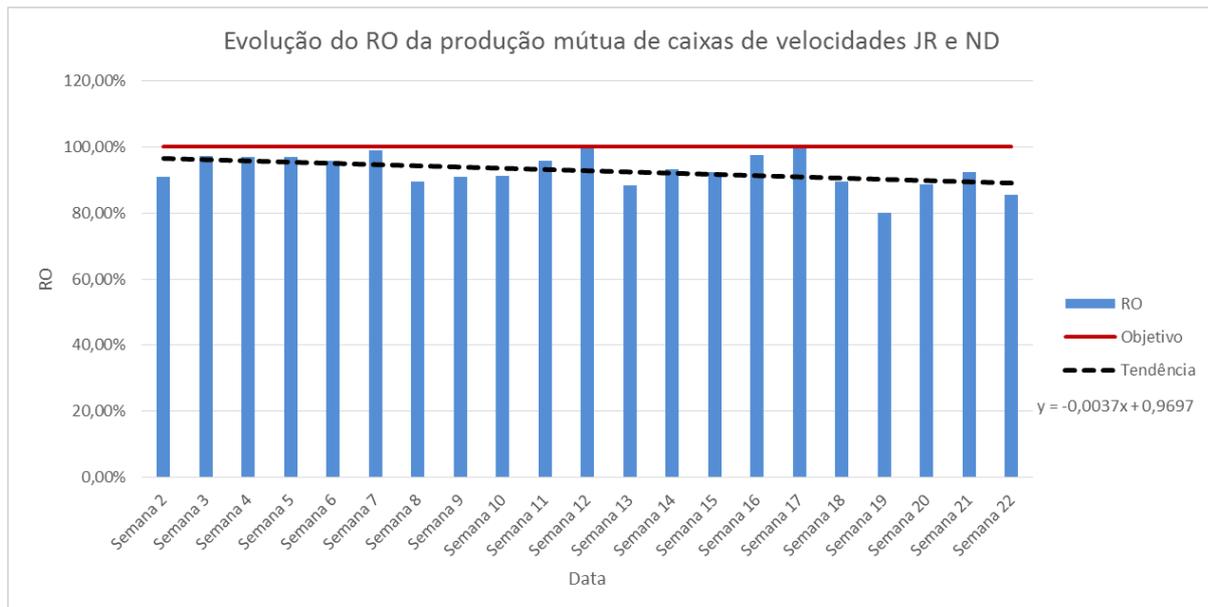


Figura 81 - Evolução do RO da produção mútua de caixas de velocidades JR e ND

Na Figura 81 é vista a evolução do rendimento operacional da produção mútua de caixas de velocidades JR e ND no período temporal definido, que segue a mesma representação e cálculos definidos anteriormente.

$$y = -0,0037x + 0,9697$$

Equação 10 - Representação matemática da tendência linear do RO da produção mútua de JR e ND

É possível observar, a partir da sua equação matemática, que o mesmo é decrescente, tendo um declive negativo de aproximadamente -0,0037 unidades, e um ponto de interseção no eixo de coordenadas vertical na origem de 0,9697 unidades. Isto indica que o rendimento operacional segue uma tendência linear de decrescimento de aproximadamente -0,4% por semana.

4. Conclusões e Trabalho Futuro

4.1. Conclusões

O desenvolvimento do presente estudo numa empresa de tão elevado prestígio, a Renault Cacia, é considerado um privilégio, uma vez que permitiu a possibilidade de aplicação de conceitos teóricos à prática, verificando como eles se moldam a um certo processo, bem como o impacto que produzem nos mesmos. Sendo a Renault Cacia uma fábrica que aposta na inovação e na melhoria contínua dos seus processos, foi possível observar o profissionalismo e a dedicação dos colaboradores na empresa, existindo sempre uma forte preocupação com o cumprimento dos objetivos propostos.

O projeto foi um sucesso, visto ter cumprido quase na totalidade os objetivos propostos, tendo como principal destaque a redução do DSTR, bem como o aumento da produtividade da linha de montagem MB02 do AT5, utilizando as mais diversas ferramentas e métodos.

As limitações deste estudo, à semelhança da maior parte dos projetos, foram tanto o dinheiro, como o tempo. O relativamente reduzido tempo de estágio curricular efetuado pelo autor limitou em grande parte as implementações que poderiam ter sido efetuadas, visto uma significativa parte do estágio ter sido despendida na integração da empresa e aprendizagem de todos os seus processos. A total ausência de possibilidade de investimento monetário provou-se sem dúvida ser o fator mais inibitivo. No entanto, poderá ser considerado positivo, visto que exigiu uma criatividade extra para a resolução dos problemas encontrados. Este facto evita também a implementação de medidas de elevado custo, quando, se algum tempo for despendido no estudo das mesmas, poderão ser encontradas soluções mais económicas.

Uma das conclusões mais relevantes deste projeto, tal como observado na descrição dos problemas inerentes aos cárteres de mecanismo, é que nem sempre o método de redução de tempos de ciclo às operações mais próximas do *takt time* é o método mais eficaz. Uma análise mais profunda e detalhada deve ser efetuada. Em casos particulares, o problema mais significativo poderá estar na operação com o menor de tempo de ciclo.

Na elaboração deste projeto, as boas relações e correta comunicação, humilde e frontal, com todos os envolventes da linha de montagem foi fundamental, visto que permitiu uma rápida aprendizagem dos processos, rápida descoberta de problemas, bem como uma rápida e eficaz definição de ações.

4.2. Trabalho Futuro

A melhoria contínua, tal como o seu nome indica, é um processo que nunca tem fim. A resolução de um problema irá evidenciar a necessidade de a resolução de um outro que outrora era desconhecido, ou irrelevante. O aumento da fiabilidade de um equipamento levará à definição de um novo objetivo. A redução de um tempo de ciclo levará à definição de um novo tempo alvo. A otimização de uma zona de uma linha de montagem levará a uma necessidade de maior otimização futura. Posto isto, podemos definir alguns pontos alvo que servirão como uma definição de trabalho futuro que poderá ser realizado como continuação deste projeto de dissertação, levando a um novo aumento da produtividade desta linha de montagem de caixas de velocidades na Renault Cacia.

Para isto, a parametrização do SAM deverá ser continuada. Os dados atuais são fiáveis, no entanto, poderão ser ainda melhores. De momento, nem todos os postos de trabalho na linha de montagem estão perfeitamente descritos, estando alguns sem qualquer descrição. A inserção, remoção ou atualização de postos de trabalho variará também as necessidades de quem pretende analisar esta linha, e como tal, implicará a nova redefinição destes parâmetros.

Um sistema de manutenção preventiva, os planos de manutenção autónomos, foram idealizados e construídos neste documento, no entanto, a sua implementação formal não foi ainda realizada. Para isto, os PMAs deverão ser analisados pelo condutor de linha, operador fabril com elevados

conhecimentos sobre a mesma, pelo CUET, bem como a entidade máxima do departamento da manutenção da Renault Cacia. Estas revisões irão ser feitas com o intuito de verificar a veracidade e aplicabilidade de execução do plano, bem como a sua conformidade com a norma utilizada. Durante esta revisão, os pictogramas deverão ser colocados nos equipamentos fabris, visto os pictogramas atuais presentes na linha de montagem serem velhos e não referidos em qualquer plano. Uma correta colocação destes pictogramas irá tornar o sistema de manutenção preventiva mais rápido, eficaz e eficiente. Não obstante dos benefícios intrínsecos desta manutenção, importa que a mesma seja o mais rápida possível, interferindo o mínimo no tempo disponível para cumprimento dos objetivos de produção. Os sistemas de manutenção corretiva deverão ser otimizados também, bem como os sistemas de manutenção preventiva e manutenção “*design-out*”, praticamente inexistente de momento. O estado de zero avarias será o objetivo final.

Diversos tempos de ciclo de produção nesta linha de montagem foram já reduzidos, permitindo um aumento da sua cadência produtiva. No entanto, este é um processo interminável, e os mesmos tempos poderão continuar a ser reduzidos com diversas implementações e alterações de métodos de trabalho. No entanto, a análise de tempos efetuada apenas incide no tempo geral para cumprimento de todas as atividades necessárias ao processamento de uma peça em um determinado posto de trabalho. Uma análise mais aprofundada, onde sejam analisadas todas as atividades presentes em cada posto, permitirá uma correta análise da sua *performance*, identificando quanto tempo é despendido a adicionar valor, e quanto tempo é despendido sem adicionar qualquer valor, tempo este que idealmente deverá ser complemente eliminado. Uma análise total a estes tempos servirá também como um excelente meio de avaliação da *performance* de cada operador fabril, pela correta definição do tempo necessário para qualquer tarefa, bem como uma total definição de todas as tarefas executadas pelo mesmo.

A sugestão a custo zero, ainda não implementada, para a otimização dos cárteres de mecanismo é uma solução bastante boa pela ausência total de investimento monetário necessário para a sua implementação. No entanto, não é uma solução perfeita. Futuramente, deverá ser implementada a sugestão inicial fornecida, que elimina na totalidade o tempo de transporte necessário para estes cárteres, partindo da realocação total das OP300 e OP320, à semelhança da MB03. Assumindo a já implementada realocação da OP300, esta nova implementação será de relativa fácil aplicação. A elevadíssima taxa de não disponibilidade operacional relativa a faltas externas na OP430 deverá ser analisada, e eventualmente, reduzida, permitindo assim uma ainda maior fluidez produtiva nesta zona da linha de montagem.

Futuramente, continuando o processo de otimização do polo de preparações, as implementações efetuadas à zona da MB02 deverão ser replicadas/adaptadas para a zona da MB03, eliminando total e definitivamente os riscos de segurança inerentes a este local fabril. Esta implementação deverá ter sempre como base a sua compatibilidade com a nova caixa de velocidades, a JT4, de modo a garantir a sua longevidade e valor.

Não obstante da continuação de todos estes tópicos descritos nos últimos parágrafos, importa ter sempre em consideração na aplicação de medidas baseadas na melhoria contínua a seguinte citação, que nos indica que além da continuação destes tópicos, existem infinitos outros mais à espera de análise, investigação e resolução.

“Existem virtualmente infinitos problemas numa organização, e visto que o inverso de um problema é uma oportunidade, existem também virtualmente infinitas oportunidades de melhoria.”

(Liker & Meier, 2006)

5. Referências Bibliográficas

- Almeida, G. J. S. de. (2011). *Manutenção preventiva: implementação de um caso prático*. Universidade de Aveiro.
- Azian, N., Rahman, A., Mohd, S., & Mohamed, M. (2013). Lean manufacturing case study with kanban system implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7(Icebr), 174–180. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00232-3)
- Bassett-Jones, N., & Lloyd, G. C. (2005). Does Herzberg's motivation theory have staying power? *Journal of Management Development*, 24(10), 929–943. <https://doi.org/10.1108/02621710510627064>
- Beck, P. (2014). Documentação Interna - DSTR Renault-Nissan Manuel Commun / Common Manual. Retrieved from <http://notope01.renault.fr/AER/rpif00.nsf/UrlReference/RPIFCGFAB20140101?OpenDocument&ExpandSection=1>
- Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *Integrated Manufacturing Systems*, 8(2), 110–117. <https://doi.org/10.1108/09576069710165792>
- Brandão, M. I. M. (2015). *Otimização dos fluxos de abastecimento numa indústria automóvel*. Universidade de Aveiro.
- Brasil, A. M. F. M. (2011). *Aplicação da Metodologia Lean na Área de Linhas de Montagem na GE Power Controls Portugal*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Breda, L. G. L. (2011). *Melhoria contínua aplicada à manutenção industrial*. Universidade de Aveiro.
- Cabral, J. P. S. (2006). *Organização e gestão da manutenção: dos conceitos à prática* (6ª Edição). Lidel - Edições Técnicas.
- Davies, C., & Greenough, R. M. (2000). Measuring the effectiveness of lean thinking activities within maintenance.
- Diário de Aveiro. (2018). Aveiro: Renault investe quase 50 milhões de euros em Cacia. Retrieved May 10, 2018, from http://www.diarioaveiro.pt/noticia/32000?utm_source=dlvr.it&utm_medium=facebook
- Hirano, H. (2009). *JIT Implementation Manual : The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing Vol. 1. Vol. 1*.
- Khan, O., Khan, S., & Saeed, T. (2011). Does hygiene and motivators classified by Herzberg are same for middle Mangers and direct labor? (Petroleum sector of Pakistan). *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 2(11), 280–295.
- Lacerda, A. P., Xambre, A. R., Alvelos, H. M., Pedro, A., Xambre, A. R., & Alvelos, H. M. (2016). Applying value stream mapping to eliminate waste : a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(January 2017), 1708–1720. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055349>
- Laquila, H. M. S. de. (2016). *Plano TPM para redução de perdas por avarias numa linha produtiva da indústria automóvel*. Universidade de Aveiro.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*. McGraw-Hill eBooks. <https://doi.org/10.1036/0071448934>
- Losonci, D., Demeter, K., & Jenei, I. (2011). Factors influencing employee perceptions in lean transformations. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 30–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.12.022>
- Milheiro, P. A. T. (2011). *Aplicação de metologias lean nas prensas isostáticas da Vista Alegre*. Universidade de Aveiro.
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015). Lean maintenance roadmap. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.076>
- Nádia, C. (2017). Renault Cacia celebra produção de 10 milhões de caixas de velocidades. Retrieved January 19, 2018, from <https://posvenda.pt/renault-cacia-celebra-producao-10-milhoes-caixas-velocidades/>

- NP EN 13306/2007 - Terminologia da manutenção. *Instituto Português da Qualidade* (2007).
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., Jambekar, A. B., War, S. W., Japanese, T., Ohno, T., & Shingo, S. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 41(13), 3075–3090. <https://doi.org/10.1080/0020754021000049817>
- Pinto, J. P. (2008). Lean Thinking - Introdução ao pensamento magro. *Comunidade Lean Thinking*, 159–163. <https://doi.org/10.1002/9780470759660.ch27>
- Rahani, a. R. R., & Al-Ashraf, M. (2012). Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, 41(Iris), 1727–1734. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>
- Renault Cacia. (n.d.). Descubra a Renault Cacia. Retrieved January 29, 2018, from <https://www.renault.pt/descubra-a-renault/cacia/>
- Renault Cacia. (2012). Visão. Retrieved April 10, 2018, from <http://intranet.renault.com/manufacturing-logistique-cacia/estrategia-2/visao/>
- Renault Cacia. (2014). Brochura Institucional - Cacia 2014. Retrieved from <http://intranet.renault.com/manufacturing-logistique-cacia>
- Renault Cacia. (2018a). Documentação Interna. Renault Cacia.
- Renault Cacia. (2018b). Jornal Interno - Eficácia 146. Elisabete Marques Ferreira. Retrieved from http://intranet.renault.com/manufacturing-logistique-cacia/files/2018/04/Cacia_Eficacia_N146_BX1.pdf
- Rodrigues, C. M. (2016). *Otimização de uma linha de montagem de caixas de velocidades da Renault Cacia*. Universidade de Aveiro.
- Rosa, C., Silva, F. J. G., & Pinto, L. (2017). Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. *Lean Enterprise Institute Brookline*, 102. <https://doi.org/10.1109/6.490058>
- Ruiz, P. P., Foguem, B. K., & Grabot, B. (2014). Generating knowledge in maintenance from experience feedback. *Knowledge-Based Systems*, 68, 4–20. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2014.02.002>
- Sivri, S. D., & Krallmann, H. (2015). Process-oriented knowledge management within the product change systems of the automotive industry. *Procedia Engineering*, 100(January), 1032–1039. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.463>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheeshkumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Tataru, O. (2013). *Melhoria da rastreabilidade dos componentes da caixa de velocidades*. Universidade de Aveiro.
- Tosi, H. L., Locke, E. A., & Latham, G. P. (1991). A Theory of Goal Setting and Task Performance. *The Academy of Management Review*, 16(2), 480. <https://doi.org/10.2307/258875>
- Willmott, P., & McCarthy, D. (2001). TPM - A Route to World Class Performance: A Route to World Class Performance. *Woburn: Butterworth-Heinemann*, 264.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking. Lean Thinking*. <https://doi.org/10.1080/14767330701233988>
- 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. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production. *World*. [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(92\)90400-V](https://doi.org/10.1016/0024-6301(92)90400-V)
- Wyrebski, J. (1997). *Manutenção produtiva total - Um modelo adaptado*. Universidade Federal de Santa Catarina.

6. Anexos

Descrição do Problema		Causas Potenciais										SM	Acções					
		Porquê (1) (Causa Primária)	% Verificar	Porquê (2)	Verificar	Porquê (3)	Verificar	Porquê (4)	Verificar	Porquê (5)	Verificar		Acção Preventiva (Longo Prazo)	Plano Completo (Data)	Acção Correctiva (Curto Prazo)	Plano Completo (Data)	Resp.	
Tempo elevado de reparação do motor do paletizador 24-A	Falta de formação para reparação/parametrização do equipamento	Sim		Não foi dada formação aos colaboradores na parametrização do VEV	Sim							Mão-de-obra	Saint-Gobain Mondego deve dar formação sobre equipamento Variador electrónico de Velocidade	30-01-2011			Godinho	
	Dificuldade de detecção de avaria	Sim		Equipamento desconhecido	Sim	Reparação do tipo tentativa e erro	Sim	Falta de experiência / método no diagnóstico da avaria	Sim			Método	Saint-Gobain Mondego deve dar formação sobre equipamento Variador electrónico de Velocidade	30-01-2011			Bruno	
	Ausência de método ou procedimento na reparação da avaria	Sim		Não existem indicações sobre o material	Sim	Não existem indicações sobre eventuais avarias do material	Sim	Não existe manual do fabricante	Sim	Não existe procedimento escrito para seguir em caso de avaria	Sim	Método	Criar um procedimento/ algoritmo para ser seguido pelos colaboradores sempre que haja uma avaria similar	31-12-2010			Equipa	
	Falta de reserva adequada (equipamento)	Sim		Não é feito o registo do material em armazém	Sim	Não existe catálogo do material em armazém	Sim					Material			Iniciar registo de todo o material em armazém	31-01-2011		Bruno + Góis
	Equipamento antigo e obsoleto	Sim		Material obsoleto não é compatível com material em armazém	Sim	Não é feito o seguimento ao equipamento em produção e em armazém	Sim	Não existe estudo de equivalências entre motores / caixas reductoras	Sim			Máquina	Adquirir motor de reserva para todos os motores de paletizador	31-01-2011			Bruno + Góis	
	Falta de registos avarias sobre o equipamento em questão	Sim		Inexistência de informação sobre as avarias anteriores relacionadas com o mesmo equipamento	Sim							Método			Registar todas as intervenções sobre o equipamento de forma a poder ser seguido, quer esteja em produção ou em armazém		Concluído	Góis
	Instrumentista ausente	Sim		Não existem instrumentistas na jornada nocturna de trabalho	Sim	Está estabelecido nas regras de fábrica	Sim					Mão-de-obra	Localizar e estabelecer plano de contingência para chamada de instrumentista fora de horas	30-11-2010			Bruno	

Anexo 1 - Exemplo de uma análise "5 Porquês" (Breda, 2011)

TOTAL	T	D	S	Q	M	BM	TM	SM	A	Fabrica:	CACTIA	Data Criação	CUET Manutenção	IS-MPM	CUET Fabricação	Natureza da actualização	Data	Autor do pedido
S/ PROD.	0:07:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:07:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	3590	13.10.2010					02.12.2010	#305a
C/ PROD.	0:02:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	3590							

Grupo	SubConjunto	Elemento	Operação a Efectuar	Tempo Previsto (hr:mins)	Periodicidade	Estado Máquina	Valores Limites	Ferramenta	FOS/Gama (SN) / Suseq/Comdi.	Substituição Peças	Quantidade e Designação / Ref. Prov.	N.º MABEC	N.º FOS/ Gama
Limpeza	(1.01) armário elect	am. eléctrico	(1.01) limpar exterior	0:01:00	S02	MEP	limpo	pano+chencher	N S				
	(1.02) posto trabalho	magelis	(1.02) limpar armário e teclado	0:01:00	S02	PCT	limpo	pano+chencher	N S				
	(1.03) posto trabalho	aparafusadora	(1.03) limpar armário e aparafusadora	0:01:00	S02	PCT	limpo	pano+chencher	N S				
	(1.04) transportador	detectores	(1.04) limpar detectores, espelhos e células fotoeléctricas	0:01:00	S02	PCT	limpo	pano+chencher	N S				
	(1.05) posto trabalho	transportadores	(1.05) limpar	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chencher	N S				
	(1.06) manipulador	manipulador	(1.06) limpar	0:02:00	S02	PCT	limpo	pano+chencher	N S				
	(1.07) armário elect	recip condens a/c	(1.07) vazar recipiente	0:01:00	S02	MEP	vazio		N S				
Vent.Segur.	(3.01) segurancas	manipulador	(3.01) verificar estado conservação e funcionamento	0:01:00	S02	PCT	ok/nok		N S				
	(3.02) segurancas	bot emergência	(3.02) verificar estado conservação e funcionamento	0:01:00	S02	PCT	ok/nok		N S				
	(3.03) posto trabalho	botões e sinalizador	(3.03) verificar estado conservação e funcionamento	0:01:00	S02	MEP	ok/nok		N S				
	(3.04) posto trabalho	magelis	(3.04) verificar estado conservação e testar teclas	0:01:00	S02	MEP	ok/nok		N S				
	(3.05) circ pn	fil-tr trat ar	(3.05) verificar pressão (5,8bar)	0:01:00	S02	MEP	ok/nok		N S				
	(3.06) posto trabalho	teste lampadas	(3.06) teclado magelis premir tecla F24	0:01:00	S02	MEP	Todas		N S				
	(3.07) posto trabalho	passagem de mão	(3.07) verificar estado conservação e funcionamento	0:01:00	S02	MEP	Todas		N S				

PERIODICIDADE
 SEQ = Por Equipa 4S01 = Semanal S04 = Mensal S12 = Trimestral
 20J1 = Diário S02 = Quinzenal S08 = Bimensal S24 = Semestral

Anexo 2 - Exemplo de um PMA utilizado no AT5

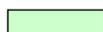
MPM_2017

UET	Nº MAQ.	OPER.	NOME
3590		400	montagem arvores carter oed

Ficha de Manutenção Autónoma - Registos



Limpeza



Lubrificação

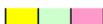


Verificação

Nº	Freq	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1,01	Quinzenal												
1,02	Quinzenal												
1,03	Quinzenal												
1,04	Quinzenal												
1,05	Quinzenal												
1,06	Quinzenal												
1,07	Quinzenal												
3,01	Quinzenal												
3,02	Quinzenal												
3,03	Quinzenal												
3,04	Quinzenal												
3,05	Quinzenal												
3,06	Quinzenal												
3,07	Quinzenal												

Registos por Turno e Diários

Tarefas por Turno:



Tarefas Diárias:



Mês / Dia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Jan																																
Fev																																
Mar																																
Abr																																
Mai																																
Jun																																
Jul																																
Ago																																
Set																																
Out																																
Nov																																
Dez																																

Símbolo	Significado
X	Tarefa cumprida sem acção.
⊗	Tarefa cumprida depois de acção.
○	Tarefa não cumprida. Fiz etiqueta.
⊖	Tarefa não cumprida. Fiz DI para o Gr Int.

Atelier	IS MPM	Data	CUET Manu.	CUET Fabr.	Revisões
5					

Anexo 3 - Exemplo de uma folha de registo de um PMA utilizado no AT5

Relatório Hora a Hora

	OP151	OP210	OP400	OP430	OP535	OP650	
OSU	7%	10%	14%	16%	17%	17%	18%
Real	81	132	192	246	306	372	450
Operação	100	100	100	100	100	100	100
Definição	000000	000030	000054	000108	000162	000216	000270
Atividade	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Falta Externa	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Inativação	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Funcionamento	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Tempo	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
OSU	7%	10%	14%	16%	17%	17%	18%
Real	81	132	192	246	306	372	450
Operação	100	100	100	100	100	100	100
Definição	000000	000030	000054	000108	000162	000216	000270
Atividade	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Falta Externa	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Inativação	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Funcionamento	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Tempo	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
OSU	7%	10%	14%	16%	17%	17%	18%
Real	81	132	192	246	306	372	450
Operação	100	100	100	100	100	100	100
Definição	000000	000030	000054	000108	000162	000216	000270
Atividade	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Falta Externa	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Inativação	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Funcionamento	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Tempo	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
OSU	7%	10%	14%	16%	17%	17%	18%
Real	81	132	192	246	306	372	450
Operação	100	100	100	100	100	100	100
Definição	000000	000030	000054	000108	000162	000216	000270
Atividade	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Falta Externa	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Inativação	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Funcionamento	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Tempo	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
OSU	7%	10%	14%	16%	17%	17%	18%
Real	81	132	192	246	306	372	450
Operação	100	100	100	100	100	100	100
Definição	000000	000030	000054	000108	000162	000216	000270
Atividade	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Falta Externa	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Inativação	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Funcionamento	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Tempo	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
OSU	7%	10%	14%	16%	17%	17%	18%
Real	81	132	192	246	306	372	450
Operação	100	100	100	100	100	100	100
Definição	000000	000030	000054	000108	000162	000216	000270
Atividade	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Falta Externa	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Inativação	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Funcionamento	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000
Tempo	000000	000000	000000	000000	000000	000000	000000

Anexo 4 - Exemplo de um relatório hora a hora