



**CÁTIA MATOS  
RODRIGUES**

**OTIMIZAÇÃO DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE  
CAIXAS DE VELOCIDADES DA RENAULT CACIA**



**CÁTIA MATOS  
RODRIGUES**

**OTIMIZAÇÃO DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE  
CAIXAS DE VELOCIDADES DA RENAULT CACIA**

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 da Professora Doutora Ana Maria Pinto de Moura, Professora Auxiliar de Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais, irmã e André pelo incansável apoio.

## **o júri**

presidente

**Professora Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre**  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

**Professor Doutor Bernardo Sobrinho Simões de Almada Lobo**  
professor associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Professora Doutora Ana Maria Pinto de Moura**  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Agradeço à Universidade de Aveiro e ao DEGEI, com um agradecimento especial à Professora Ana Moura.

À Renault CACIA, especialmente ao Engenheiro Leonel Simões e ao Engenheiro Alexandre Andrade por todo o apoio e motivação.

À família, um grande obrigado pela sua exigência na educação que me proporcionaram, pois prepararam-me para enfrentar difíceis desafios. Especial agradecimento aos pais, André, irmã e sobrinha, pois são estas as pessoas mais importantes.

A todos os meus amigos que ao longo desta etapa fizeram parte da minha vida.

## palavras-chave

Otimização, FMEA, indústria, automóvel, modos alternativos.

## resumo

O presente estudo baseia-se na otimização de uma linha de montagem de caixas de velocidades para automóveis através de reduções de tempos de ciclo e da pilotagem de modos alternativos de produção.

Uma vez que a Indústria Automóvel vive um ambiente de constante competição, a qualidade e a eficiência dos processos são dois dos principais requisitos competitivos que mais preocupam as empresas.

No que diz respeito à otimização de tempos de ciclo, o objetivo é o aumento da cadência de produção identificando os postos de trabalhos mais críticos e melhorar a forma de operar dos mesmos, eliminando os principais desperdícios. No que diz respeito à pilotagem dos modos alternativos, o objetivo é garantir ganho de produtividade e de qualidade sempre que forem originadas falhas ou avarias na linha de produção, tendo em vista o atendimento às exigências dos clientes. Verifica-se também que a *standardização* dos procedimentos dos modos alternativos de produção contribuem significativamente para a diminuição dos impactos negativos das perturbações da linha de montagem. Ao serem formalizados, os modos alternativos de produção, são primeiro confrontados, recorrendo ao uso da ferramenta FMEA para sua deteção, de acordo com os seus modos de falha e meios de controlo.

Este estudo tem como objetivo o aumento de cadência de produção, passando também pela diminuição das perdas diárias de produção.

**keywords**

Optimization, FMEA, industry, automobile, alternative modes.

**abstract**

The present study is based on the optimization of an automobile's gearbox assembly line by reducing the cycle time and through the piloting of alternative modes of production. Since the automotive industry is experiencing an environment of constant competition, the quality and the efficiency of the process are the two main competitive requisites that most concern the enterprises.

Regarding the optimization of the cycle time, the goal is to increase the production rate by identifying the most critical workstations and to improve the way of operating it, eliminating the main wastes. In the piloting of alternative modes, the goal is to ensure that the productivity rises and quality is improved whenever occur failures or malfunctions in production line, with the ultimate purpose of meeting the customer requirements.

Throughout the description of the case study, it is explicit that the standardization of the alternative modes procedures have a great contribution in the reduction of the negative impacts motivated by perturbations in the assembly line. To be formalized, the alternative modes are firstly confronted with the FMEA tool, according to their failure modes and control means. This study aimed to increase the production cadence while, at the same time, decreasing the daily production losses.

## Abreviaturas

AGV	Automatic Guided Vehicle
AP	Árvore Primária
APW	<i>Alliance Production Way</i>
AS	Árvore Secundária
CED	Carter de Embraiagem e Diferencial
CM	Carter de Mecanismo
CUET	Chefe de Unidade Elementar de Trabalho
CV	Caixa de Velocidade
FOS	Folha de Operação <i>Standard</i>
L2	Linha 2
L3	Linha 3
OP	Operação
PPGE	Pólo de Preparações de Grandes Embalagens
PPMB	Pólo de Preparações do Miolo-Baladeur
PY	<i>Poka – Yoke</i>
QA	<i>Quality Assurance</i>
MA	Modo Alternativo
MB	<i>Miolo-Balader</i>
MQA	<i>Matrix Quality Assurance</i>
N/C	Não Conforme
NGQ	Nível de Garantia de Qualidade
NGGQ	Nível Global de Garantia de Qualidade
SPR	Sistema de Produção Renault
<i>Tcy</i>	Tempo de Ciclo
TQM	<i>Total Quality Management</i>
UET	Unidade Elementar de Trabalho
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>









# Índice

Abreviaturas .....	1
1. Introdução .....	1
1.1. Objetivos do problema a abordar .....	2
2. Revisão bibliográfica .....	3
2.1. Total Quality Management (TQM) .....	3
2.2. PDCA .....	3
2.3. Lean Thinking .....	4
2.4. Ferramentas <i>Lean</i> .....	5
2.4.1. Estudo de tempos .....	5
2.4.2. Cadeia de Valor .....	6
2.4.3. Redução de Desperdícios .....	6
2.4.4. Value Stream Mapping (VSM) .....	8
2.4.5. Takt Time .....	9
2.5. Standard Work .....	10
2.6. Análise dos Modos de Falha, Efeitos (e Criticidade) .....	10
2.6.1. FMEA: Processo e Produto .....	14
2.7. Meios de Controlo .....	14
2.7.1. Poka-Yoke .....	14
2.7.2. Plano de vigilância .....	15
3. Otimização da linha de montagem .....	17
3.1. Apresentação do Problema .....	17
3.1.1. Grupo Renault .....	17
3.1.2. Renault CACIA .....	17
3.1.3. Montagem de Caixas de velocidade .....	18
3.1.4. Descrição das linhas de montagem .....	19
3.2. Medição de tempos .....	20
3.3. Value Stream Mapping .....	25

3.3.1.	VSM Atual.....	26
3.3.2.	VSM Futuro.....	28
3.4.	Soluções propostas de otimização da linha de montagem .....	30
3.5.	Análise dos resultados obtidos .....	33
3.6.....		34
4.	Pilotagem de Modos Alternativos de Produção .....	39
4.1.	Análise de perdas .....	39
4.2.	<i>Standardização</i> do Posto de Trabalho.....	40
4.3.	Análise da Matrix Quality Assurance .....	43
4.4.	Teste dos Modos Operatórios Alternativos .....	47
4.5.	Modos alternativos de produção propostos .....	49
4.5.1.	Documentação dos Modos Alternativos.....	53
4.5.2.	<i>Matrix Quality Assurance</i> (MQA) dos Modos Alternativos .....	54
4.6.	Plano de Vigilância dos Modos Alternativos .....	54
4.7.	Análise de resultados.....	55
4.7.1.	Cálculo do nível global de garantia da qualidade .....	58
4.8.	Outras atividades realizadas.....	61
5.	Conclusões .....	63
5.1.	Trabalhos futuros.....	64
	Referências Bibliográficas.....	65
	Anexos .....	67
Anexo I.	Cartografiasmodosalternativos – Caixa ND .....	69
Anexo II.	Cartografiasmodosalternativos – Caixa JR.....	70
Anexo III.	Modeloda MQA .....	71
Anexo IV.	FOS Procedimento.....	72
Anexo V.	Folha de Teste dos Modos Alternativos.....	73

## Índice de Figuras

Figura 1 - Representação tradicional da ferramenta FMEA. ....	13
Figura 2 - Caixas de velocidade: a) Caixa de referência JR; b) Caixa de referência ND.....	19
Figura 3 – Folha excel de tratamento de tempos de execução.....	21
Figura 4 – VSM Atual da linha de montagem.....	27
Figura 5 - VSM Futuro da linha de montagem.....	29
Figura 6 - Fluxograma de planejamento de implementação dos modos alternativos de produção. ....	42
Figura 7 - Raque de chaves de aperto do esquadro, anel de elevação, arret-gaine e tampa de 5ª velocidade.....	49
Figura 8 – Localização do suporte de loctite para deposição manual antes de implementação de propostas. ....	51
Figura 9 - Identificação de cada chave de aperto.....	51
Figura 10 - Suporte de bujões e anilhas de vazamento do óleo.....	53



## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 – Objetivos de produção e mão-de-obra direta definidos para 2016.....	2
Tabela 2- Critérios de classificação do índice de Gravidade.....	44
Tabela 3 - Critérios de classificação do índice de Detecção.....	44
Tabela 4 - Modos Alternativos de produção da caixa JR. ....	45
Tabela 5 - Modos alternativos de produção da caixa ND.....	46
Tabela 6 - Binários de aperto das peças apertadas na OP508.....	52
Tabela 7 - Plano de vigilância dos modos alternativos.....	55
Tabela 8 - Modos Alternativos de produção da caixa JR, após implementação de propostas.....	56
Tabela 9 - Modos Alternativos de produção da caixa ND, após implementação de propostas.....	57









## 1. Introdução

A indústria automóvel encontra-se num ambiente cada vez mais competitivo e em constante globalização, o que leva à necessidade de flexibilização nos processos produtivos das empresas.

O setor automóvel representa uma grande parte da economia mundial, daqui o motivo de ser a indústria que tipicamente se serve de tecnologias mais avançadas de produção. Com a crescente procura de qualidade a baixo custo pelos clientes, as empresas deste setor necessitam de manter em constante otimização as suas linhas de produção. Esta otimização passa normalmente por aumentos de cadência produtiva integrada com a devida gestão de recursos.

É importante que as empresas tenham capacidade de manter o seu aumento de produção e de cumprir os objetivos estabelecidos para responder aos pedidos dos clientes. Existem perdas de produção quando a diferença entre as quantidades produzidas e as teóricas pré-determinadas não se igualam, ou seja, quando as quantidades produzidas são inferiores ao objetivo. O não cumprimento destes objetivos deverá ser prevenido.

Este estudo apresenta uma solução de redução de perdas por avarias, que são normalmente as mais frequentes e que causam maior impacto a nível de custos para as organizações.

A qualidade é uma vertente fundamental a ter em conta na competitividade, ou seja, a qualidade gera competitividade levando à satisfação do cliente.

O presente estudo de caso irá abordar a metodologia da qualidade FMEA (*Failures Mode, Effects and Analysis*) com o objetivo de prevenir as falhas potenciais do processo de montagem de caixas de velocidades na Renault CACIA em modos alternativos de produção. O estágio foi desenvolvido no departamento de fabricação da Renault CACIA, na secção de montagem de caixas de velocidades. O projeto incidiu numa das duas linhas de montagem de caixas de velocidades, a linha que produz dois tipos de caixas de velocidades e a que possui menor capacidade produtiva, sendo também a que, geralmente, apresenta mais problemas, tanto de avarias como de qualidade.

## 1.1. Objetivos do problema a abordar

Pode-se verificar que o estudo trata de objetivos a curto-médio prazo. Mais à frente é possível dar conta que todas as propostas de melhoria são adequadas ao prazo estipulado.

O projeto a desenvolver neste departamento consiste em otimizar a linha de montagem com base na otimização do processo, tendo essencialmente os seguintes objetivos:

- Diminuição de tempo de ciclo para um conseqüente aumento produtivo;
- Criação de standards de modos alternativos de produção;
- Identificação fácil do recurso gargalo da linha;
- Diminuição de perdas por avarias;
- Redução de desperdícios;
- Propostas de melhoria de performance com base nos problemas identificados.

A secção das linhas de montagem da Renault CACIA define objetivos precisos atingíveis em 2016, dos quais sugeriu que este estudo contribuísse. Tal como se pode verificar nos seguintes tópicos, estes objetivos são relativos a mecanismos de transformação:

- Aumento de 18% de cobertura Mão-de-Obra Direta com análise Valor Acrescentado /Não Valor Acrescentado;
- Aumentar VA da área Industrial;
- Suprimir 100% das operações de controlo manual;
- Aumento de 6% da taxa de automatização;
- Aumento de 22% dos postos com modo alternativo.

A empresa define também objetivos de produtividade, relacionando-os com a mão-de-obra direta por turno de produção, essencialmente devido a custos e performance da empresa. Na Tabela 1 apresentam-se os objetivos relativos a 2016 propostos pela empresa para este estudo:

*Tabela 1 – Objetivos de produção e mão-de-obra direta definidos para 2016.*

		<b>Produtividade</b>	<b>MOD</b>
<b>CV JR</b>	<b>2015</b>	560	20
	<b>2016</b>	600	20
<b>CV ND</b>	<b>2015</b>	540	22
	<b>2016</b>	570	22

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Total Quality Management (TQM)

“Qualidade envolve todos os produtos ou serviços de valor para o cliente.”

“TQM é um meio pelo qual uma organização cria e sustenta uma cultura de melhoria contínua.”

(Mansir & Schacht, 1989)

Slack & Johnston (2007) definem *Total Quality Management* como sendo uma ferramenta que, além de evitar erros, também é visto como uma aproximação ao modo como deveriam ser geridas as operações e processos. Isto é porque gestão de qualidade é de todo fundamental para a gestão de operações e processos. O autor refere que uma adoção aos princípios de gestão de qualidade é a fundação de qualquer atividade de melhoria.

(Mansir & Schacht, 1989) referem que a TQM aplica recursos humanos e métodos quantitativos para melhorar materiais e serviços de uma organização, todos os processos, e o grau para o qual são satisfeitas as necessidades de cliente no presente e no futuro. A TQM integra técnicas de gestão fundamentais e ferramentas técnicas disciplinadas, com foco na melhoria contínua. Também, Slack & Johnston (2007) definem TQM como uma aproximação que coloca qualidade ao coração de tudo o que é terminado por uma operação, inclusive todas as atividades dentro de uma operação.

### 2.2. PDCA

O ciclo de melhoria PDCA, também chamado de ciclo de Deming por ter sido criado pelo guru da qualidade W.E. Deming, é utilizado para estruturar uma abordagem progressiva. Pode, por exemplo, ser usado para posicionar as etapas do projeto. O ciclo PDCA é a base de uma lógica de desenvolvimento de um projeto, também chamado "cenário de lógica de desenvolvimento do projeto" (Corbel, 2003).

Começa-se pela etapa P de planejar (*plan*), onde se organiza um método de trabalho. Esta etapa envolve recolha de dados e análise dos mesmos para formulação de um plano de ação que é pretendido que melhore o desempenho. Após elaborar um plano, o próximo passo é a fase D de fazer (*do*). Esta é a fase

de implementação durante a qual o plano é executado. Esta fase pode ser nomeada de um mini ciclo PDCA de resolução de problemas e implementação de soluções.

Depois vem a fase C de *check* onde a nova solução implementada é avaliada para ver se resultou na melhoria de desempenho esperada. Por fim, pelo menos durante este ciclo, vem a fase A de atuar (*act*). Durante esta fase a alteração é consolidada e formalizada caso esta se considere com êxito.

Alternativamente, se a alteração proposta não tiver sucesso, as lições aprendidas são formalizadas antes de iniciar novamente um ciclo (Slack & Johnston, 2007).

(Kirchner, 2010) afirma que um ciclo de melhoria PDCA corretamente executado, o foco está em alcançar a perfeição em vez de esperar por ela, e em fazer aproximadamente o certo num lugar exatamente errado. Assim, evita-se grandes paragens para análise e resolução de problemas, uma vez que o ciclo PDCA permite que estas sejam organizadas e estruturadas por fases.

### 2.3. Lean Thinking

A filosofia *lean thinking* foi utilizada pela primeira vez por James Womack e Daniel Jones, em 1996. Desde então, o conceito tem sido mundialmente aplicado referindo-se a conceitos de gestão e liderança com o fim de eliminar desperdícios, criando valor para as organizações. “Trata-se de um dos mais bem-sucedidos paradigmas de gestão que o mundo empresarial conheceu” (Pinto, 2009).

Segundo Pinto (2009) este “pensamento magro” tem origens no TPS (*Toyota Production System*), criado por Taichii Ohno (1988), sendo inicialmente aplicado na indústria automóvel. Surge assim o comprovativo dos princípios e soluções *lean thinking*, dado que levou ao topo a *Toyota Motors Corporation* em 2007, derrubando a *General Motors*, classificada como a melhor empresa do setor desde 1930.

(Jones, Daniel; Womack, 1996) identificaram cinco princípios da filosofia lean depois de aproximadamente 6 anos de pensar a publicação do livro *A Máquina que Mudou o Mundo*, em 1990. Os cinco princípios seguintes passam por reduzir desperdício e construir pensamentos 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**.

## 2.4. Ferramentas *Lean*

### 2.4.1. Estudo de tempos

A medição de tempos não é uma atividade como outra qualquer, tem a sua ciência de elaboração e requiere acima de tudo rigor. Para realizar um estudo de tempos de operação deve ser utilizado um cronómetro ou uma máquina de filmar especial. Neste tipo de medições, a precisão é um requisito que deve sempre ser garantido. Assim, seguem-se as várias fases do processo referidas por Jacobsetal. (2009), transcritas por Faria et al. (2011):

- i. **Preparação da cronometragem** - Verificar o cumprimento das Instruções de Trabalho e nível de treino dos operários. Devem ser escolhidos os momentos mais favoráveis para executar as medições (devem efetuar-se várias ao longo do dia e devem evitar-se realizar medições no início da manhã e após almoço).
- ii. **Execução da cronometragem** – À medida que os valores são obtidos devem ser imediatamente registados. É necessário recolher tantos quantos o grau de confiança e margem de erro desejados.
- iii. **Determinação do tempo base** – “É o que corresponde ao tempo mais provável que é necessário à execução de uma determinada tarefa, sem esforço e a ritmo regular, com a devida coordenação de movimentos adequada à correção do tempo base” (Faria et al. 2011).
- iv. **Correção do tempo base** – Esta correção dá origem aos tempos reais de execução que são superiores aos tempos base. Nos tempos reais estão incluídos os tempos associados a fadiga e condições ambientais.
- v. **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 (ou conjunto delas).



#### **2.4.2. Cadeia de Valor**

*Apenas o valor justifica a existência de uma organização.*

(Pinto, 2009)

O cliente só está disposto a pagar o que recebe e não o que a organização gasta a produzir, ou seja, só paga pelo Valor Acrescentado e não pelo Não Valor Acrescentado ao produto. Assim, é de todo o interesse das organizações gerar o mínimo de valor não acrescentado e, conseqüentemente, o máximo de valor acrescentado. Operações como controlo, inspeção, verificação, armazenamento e transporte são consideradas operações de não valor acrescentado.

No caso analisado por Jones & Womack (1996), mais de 99% do tempo, o fluxo de valor não gera nada, apenas o desperdício de espera.

Numa fábrica, "útil" significa o mesmo do que valor-acrescentado. A fabricação e outros tipos de processos semelhantes realizados na fábrica são o que acrescenta a maioria do valor aos produtos. Assim, é coerente dizer que tudo o que não acrescenta valor é desperdício. Claramente, pode-se ver a equivalência entre valor não acrescentado (NVA, quer dizer, inutilidade) e desperdício (Hirano, 2012).

#### **2.4.3. Redução de Desperdícios**

Desperdício são todas as atividades realizadas na organização que não acrescentam valor ao produto. Tudo o que não acrescenta valor é desperdício e, como tal, deve ser reduzido ou eliminado. Visto de outra perspectiva, desperdício refere-se a todos os produtos/serviços que o cliente não está disposto a pagar.

Segundo Pinto (2009) mais de 95% do tempo de organização é consumido em atividades que não geram valor.

Uma operação de valor acrescentado envolve a transformação de matérias-primas ou de produtos semi-acabados com recorrência a mão-de-obra. Atividades como a pintura e a montagem de componentes são operações de valor acrescentado Hines & Rich (1997). Por outro lado, atividades como o transporte e outras de auxílio às operações, não acrescentam valor ao produto, logo, são desperdício.

Hines & Rich (1997) referem sete grupos de desperdícios, que são geralmente os pronunciados no Sistema de Produção Toyota (TPS):

- i. **Superprodução** – é considerado o desperdício mais grave, uma vez que desencoraja um bom fluxo de bens ou serviços e é suscetível de influenciar negativamente a qualidade e a produtividade.
- ii. **Espera** – o estado ideal não deve ser o tempo de espera, com o conseqüente fluxo mais rápido de mercadorias. O tempo de espera para os trabalhadores pode ser aproveitado para limpeza, manutenção ou atividades de *kaizen* e não deve resultar em superprodução.
- iii. **Transporte** – qualquer movimento de mercadorias dentro de uma fábrica é considerado desperdício.
- iv. **Processamento impróprio** - ocorre em situações onde são encontradas soluções excessivamente complexas em vez de ferramentas simples como a utilização de uma grande máquina inflexível em vez de várias pequenas flexíveis.
- v. **Inventário desnecessário** - impedem a rápida identificação de problemas e ocupam espaço. (Hines & Rich, 1997) mencionam que os problemas estão escondidos no inventário e não são imediatamente detetados.
- vi. **Movimentos desnecessários** - envolvem a ergonomia de produção, são os movimentos dos operadores que podem ser evitados. Este desperdício é cansativo e suscetível de conduzir a baixa produtividade e, muitas vezes, a problemas de qualidade.
- vii. **Defeitos** – A filosofia da Toyota define que os defeitos devem ser considerados como oportunidades para melhorar ao invés de algo a ser negociado contra o que é, em última análise, má gestão.

Nas fábricas japonesas é frequente ouvir falar da necessidade de "apertar o cinto" de custo ou "Eliminar os 3 Mu". Hirano (2012) 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 de japonês que começa com o *Mu* de sílaba, definidos como se segue:

**MUDA:** Desperdício de capacidade – Quando a Capacidade excede a carga.

**MURA** Inconsistência (problema de variação) – Quando a Capacidade às vezes excede a carga e a carga às vezes excede a capacidade.

**MURI:** Irracionalidade – Quando a Carga excede capacidade (Capacidade é sobrecarregada por uma carga irracional).

#### **2.4.4. Value Stream Mapping (VSM)**

A ferramenta VSM (*Value Stream Mapping*), apresentada por Rother e Shook (1999), tem sido uma das mais utilizadas no universo *lean thinking* em empresas industriais e de serviços (Pinto, 2009).

(Jones & Womack, 2000) definem o VSM como sendo “o processo simples de observar os fluxos de informação e materiais diretamente como eles ocorrem atualmente, pressentindo um estado futuro visualmente com desempenho muito melhor”.

Valillo (2005) refere que o Mapeamento da Cadeia de Valor permite visualizar o percurso de um produto ou serviço ao longo de toda a cadeia, levando em consideração o fluxo de informações e de materiais.

Esta metodologia é muito eficaz logo numa fase inicial, uma vez que, uma das suas vantagens é a identificação dos desperdícios e das suas respetivas causas (Pinto, 2009). Inicialmente é elaborado um VSM do estado atual “- *as is*”, focando posteriormente o estado pretendido ou estado futuro “- *to be*” (Pinto, 2009).

Na maior parte das situações, verifica-se que o tempo não produtivo excede em grande escala o tempo produtivo, o que significa que os postos mais críticos são aqueles cuja intervenção é prioritária. O objetivo da elaboração destes mapeamentos é geralmente a redução de tempos (*lead-time*) dos processos. Além de aspetos associados ao tempo, o VSM procura também chamar a atenção para o custo dos processos, considerando-os nos processos de análise e de tomada de decisão.

Para desenhar o mapa de processos aconselha-seo envolvimento das pessoas de diferentes departamentos para discutir os processos, os fluxos e caracterizar as atividades. Não se aconselha a utilizar dados alheios mas sim dados próprios *in loco* (Pinto, 2009).

Seguem-se os cinco passos do VSM propostos por Apel, Yong Li, & Walton (2007):

- i. Identificar o produto;
- ii. Criar um VSM atual;
- iii. Avaliar o mapa atual, identificar áreas problemáticas;
- iv. Criar um VSM de estado futuro;
- v. Implementar o plano final.

Para cada passo, parâmetros como o tempo de ciclo, *Takt Time*, produção em curso, número de trabalhadores e taxa de ocupação, podem ser incluídos no mapeamento. Um VSM identifica onde existe valor acrescentado (VA) no processo industrial e onde existe não valor acrescentado (NVA). Depois de analisar e avaliar o processo atual do produto, podem ser identificadas as áreas problemáticas (Apel et al., 2007).

Pinto (2009) diferencia três tipos de atividades presentes no VSM:

- i. As que criam valor (por norma representam uma pequena parte);
- ii. As que, embora não criem valor, são inevitáveis para a atual tecnologia, formas e organização de gestão;
- iii. As que não acrescentam valor e são totalmente dispensáveis (puro *muda* - desperdício).

A fim de cumprir com as metas estipuladas no VSM futuro, é aconselhável a elaboração de um plano de ações. Depois poderão ser usadas as ferramentas da qualidade para apoio ao cumprimento das metas a implementar (Valillo, 2005).

#### 2.4.5. Takt Time

Rother (2010) define *Takt Time* como a taxa de procura de cliente para um grupo ou família de produtos produzidos por um processo e é frequentemente usado em processos de montagem tipo que servem os clientes externos.

O *Takt Time* é calculado dividindo o tempo operacional efetivo de um processo (por exemplo, por turno ou dia) pela quantidade de artigos requeridos pelos clientes naquele período de tempo (equação 1).

$$TaktTime = \frac{\text{Tempo de produção efetivo}}{\text{Quantidade requerida pelo cliente}}$$

Equação 1 – Cálculo do Takt Time.

## 2.5. Standard Work

Segundo Pinto (2009), a standardização dos processos é um dos aspetos mais importantes da filosofia *LeanThinking*. O autor define *standardização* como a forma de operarem todos do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações e ferramentas. O autor refere que “Um trabalho uniformizado é mais facilmente ensinado, melhorado, documentado, auditado e transferido”.

O *Kaizen Institute* (2013) defende cinco fases de *standardização* do trabalho:

Fase 1: Definição de objetivos de melhoria (objetivos SMART)

Fase 2: Estudo do trabalho (fluxograma);

Fase 3: Melhoria do trabalho – proposta de solução (PDCA);

Fase 4: *Standardização* do trabalho (SDCA);

Fase 5: Consolidação do trabalho – treino dos colaboradores.

## 2.6. Análise dos Modos de Falha, Efeitos (e Criticidade)

A metodologia de Análise do Modo e Efeito da Falha, conhecida como FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), tem os seus primeiros registos de utilização conceitual em 1949, onde os militares americanos desenvolveram a ferramenta com o objetivo de determinar o efeito da ocorrência de falha em sistemas e equipamentos (Feg-unesp, 2008).

Também designada por muitos autores de *Failures Mode, Effects and Criticality Analysis*, FMECA é uma ferramenta da qualidade de eleição inicialmente utilizada na indústria automóvel e atualmente por todos os setores de atividade, incluindo o setor dos serviços.

FMECA na designação inglesa e AMDEC na designação portuguesa e francesa (*Análise dos Modos de Falha, dos seus Efeitos e da sua Criticidade*), baseia-se numa análise metódica dos riscos potenciais, o que permite a sua hierarquização para que se inicie o trabalho pelos mais importantes de uma forma preventiva (Duret & Pillet, 2005). O método é muito abrangente (liberdade de aplicação, não existe um só procedimento específico) permitindo prevenir potenciais falhas de um produto, processo de fabricação ou até de uma organização (Duret & Pillet, 2005).

(Somsuk & Pongpanich, 2008) caracterizam a ferramenta de uma forma simples e objetiva, descrevendo a FMEA como uma metodologia desenvolvida para

identificar possíveis modos de falha num produto ou processo, para determinar o efeito de cada falha na operação do sistema, e para identificar e levar a cabo ações corretivas dos respetivos modos de falha.

Pinto (2009) define FMEA como uma técnica orientada à identificação dos modos como um produto, processo ou serviço pode falhar e fornece orientações para eliminação ou redução do risco relativo a essas falhas, a fim de proteger o cliente. Esta ferramenta serve também muitas vezes de apoio para definição de prioridades para as ações que devem ser tomadas para reduzir os riscos ou falhas.

Vinodh & Santhosh (2012) entende que a FMEA tem uma posição importante nos princípios de *TQM*, que ajuda a organização a permanecer competitiva. Os autores referem ainda que a adoção da FMEA pela indústria automóvel é vista pela positiva devido a, principalmente, problemas de desempenho e a boa adaptabilidade da ferramenta ao contexto.

“O primeiro passo da ferramenta FMEA é identificar potenciais ou modos de falha conhecidos de um determinado sistema. Estes modos são avaliados para as suas causas e efeitos, sendo o propósito final da ferramenta FMEA corrigir os modos de falha mais críticos” (Lolli, Ishizaka, Gamberini, Rimini, & Messori, 2015). Ao longo do processo devem existir vários participantes, como engenheiros, gestores de processo, gestores de produto, inspetores de qualidade e operadores de linha que projetam e monitorizam a qualidade de produtos e processos. Como uma consequência, o método de escolha introduz aproximação *ad hoc* para a FMEA e apoia à tomada de decisões em conjunto (Lolli et al., 2015).

(Duret & Pillet, 2005) definem FMECA como um método que permite obter a qualidade através de ações de prevenção em vez de corretivas. Os autores referem a importância de uma falha na FMECA, mencionando os três elementos dos quais a sua combinação origina uma falha, que são:

- a **frequência (F)** em que ocorre essa falha;
- a ausência de **deteção (D)**;
- o modo como o utilizador é afetado por essa falha, ou seja, a sua **gravidade (G)**.

Desta combinação poderão ocorrer três cenários distintos que, na realidade, são bastante fáceis de perceber:

- i. Quando a gravidade da falha é baixa, mesmo que a probabilidade aponte falha quase certa e a sua detecção seja impossível, a situação é aceitável uma vez que o cliente não sentirá muito incómodo.
- ii. Quando a falha apresenta gravidade alta e grande probabilidade de ocorrência, mas com uma taxa de detecção de 100%, o estudo pode ser igualmente aceitável uma vez que o cliente não corre riscos de ser afetado pela falha.
- iii. Por fim, se a gravidade da falha é alta, a sua detecção impossível, mas a probabilidade de ocorrência for quase nula, o estudo pode também ser aceite.

Define-se assim o **nível de prioridade de risco (NPR)** calculado como o produto das três considerações acima mencionadas, tal como se verifica na Equação 2.

$$NPR = F \times G \times D$$

*Equação 2 - Cálculo do Nível de Prioridade de Risco.*

É importante referir que o NPR é calculado da forma que a organização considere mais favorável, ou seja, não necessita de considerar obrigatoriamente estes três índices e resultar da multiplicação dos mesmos. Ainda assim, este cenário é o mais adotado pelos vários autores consultados.

O procedimento descrito resulta na seguinte representação gráfica (Figura 1), proposta por (Fonseca, 2006). Trata-se de uma representação tradicional da FMEA, o que não significa que se tem que seguir exatamente as mesmas normas.

Processo: Ref./Modelo: _____ Fornecedores _____ Empresas afectadas: _____			Responsáveis pela equipa de trabalho		Área / Nome _____ Rubrica _____		Data do FMEA: _____ Data de revisão: _____ Data de lançamento: _____					
Elemento	Função	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Gravidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Medidas de controlo	Deteção	NPR	Acções recomendadas	Pessoa responsável Data de conclusão	Resultados das acções Acções tomadas

Figura 1 - Representação tradicional da ferramenta FMEA.

Fonte: (Fonseca, 2006)

Em (Feg-unesp, 2008) referem que as organizações que utilizam a ferramenta FMEA corretamente poupam recursos e apresentam elevados níveis de clientes satisfeitos. Defendem ainda que esta ferramenta, quando aplicada corretamente, pode ser muito poderosa. (Breyfogle, 2003) afirma também que FMEAs corretamente executadas podem melhorar a satisfação de cliente interna e externa além da linha de fundo de organizações.

(Pinto, 2009) defende as seguintes fases da FMEA:

1. Para cada entrada do processo, determinar de que formas o processo pode falhar (identificar modos de falha);
2. Para cada modo de falha identificado associado com as entradas do processo, determinar os efeitos;
3. Identificar as potenciais causas de cada modo de falha identificado;
4. Listar os controlos atuais para cada causa identificada;
5. Atribuir graus de Severidade (S), Ocorrência (O) e Deteção (D);
6. Calcular o nível de prioridade de risco (NPR);
7. Determinar as acções recomendadas para reduzir os valores de NPR mais elevados;
8. Levar a cabo as acções apropriadas e documentar os resultados;
9. Voltar a calcular o NPR e iniciar as intervenções pelos valores mais elevados.



### **2.6.1. FMEA: Processo e Produto**

Duret & Pillet (2005) denominam a ferramenta de FMECA e consideram dois principais tipos: FMECA Produto e FMECA Processo.

O desenvolvimento e formas de efetuar a análise da FMEA Produto e Processo é semelhante, mas com objetivos diferentes. Na aplicação de uma FMEA a um produto são consideradas todas as possíveis falhas a ocorrer com o produto, mediante as especificações do respetivo projeto. Evitar as falhas do produto ou do processo decorrentes do projeto é o objetivo desta análise. No caso da aplicação do FMEA a um processo, o objetivo é evitar falhas no processo considerando as falhas no planeamento e na execução do processo, tendo como base as não conformidades do produto comparativamente com as especificações do projeto (Juran & Godfrey, 1999).

(Garcia, 2000) refere-se à ferramenta FMEA de Processo como uma metodologia que elimina os pontos fracos do processo, limitando o risco de falhas a valores aceitáveis. Quando utilizado com eficiência, a FMEA de Processo, além de ser um método poderoso na análise do processo, permite a melhoria contínua e serve de registo histórico para futuros estudos.

## **2.7. Meios de Controlo**

### **2.7.1. Poka-Yoke**

*Poka-Yoke*, chamado no Japão de *yokeru* (prevenir) e *poka* (erros inadvertidos), baseia-se no princípio que erros humanos são até certo ponto inevitáveis e tem como objetivo prevenir que se originem defeitos. O *poka-yoke* é um dispositivo simples (normalmente barato) ou sistema que é incorporado num processo de prevenção de origem equívoca de defeito por parte do operador (Slack & Johnston, 2007).

O termo *poka-yoke* pode ser traduzido para inglês como “error proofing”. *Poka-Yoke* não só é uma ferramenta *lean* como também é um modo de pensar e avaliar problemas. Está baseado na filosofia de que as pessoas não cometem erros intencionalmente ou executam o trabalho incorretamente, mas para vários erros de várias razões que possam surgir (Liker & Meier, 2006).

Slack & Johnston (2007) dá exemplos de dispositivos típicos considerados *poka-yokes*:

- Interruptores de limite em máquinas que permitem a operação apenas se a peça for posicionada corretamente;
- Medidas colocadas em máquinas pelas quais uma peça, ao possuir um tamanho incorreto ou má orientação, o processo pára;
- Contadores digitais em máquinas para assegurar que o número correto de cortes, passagens ou buracos foram maquinados;
- Listas de conferição que têm que ser preenchidas, ou para preparação ou para conclusão de uma atividade;
- Feixes de luz que ativam um alarme se uma peça é posicionada incorretamente.

### **2.7.2. Plano de vigilância**

A recorrência a um plano de vigilância é muito comum em empresas da indústria automóvel.

Um plano de vigilância apresenta a estabilidade do processo de fabrico de um determinado produto, a fim de controlar as suas características exigidas.

Antes do fabrico industrial do produto, são definidas as especificações que depois serão validadas a fim de obter certeza de que o produto irá satisfazer os clientes para as utilizações previstas (Corbel, 2003).

Segundo o mesmo autor citado, o plano de vigilância serve para verificar se o processo de fabrico cumpre os requisitos enunciados no plano e a respetiva especificação.

Os requisitos são expressos por:

- critérios dentro de uma tolerância (TI);
- menor dispersão possível;
- um bom equilíbrio na gama de tolerância.



### **3. Otimização da linha de montagem**

O estudo que se apresenta neste capítulo tem como objectivo a redução de tempo de ciclo, redução de desperdícios e otimização da Mão-de-Obra Direta para um consequente aumento de capacidade produtiva.

Para tal, foi efectuado um estudo de tempos e desenvolvido um VSM para posteriormente apresentar propostas de melhoria.

Os dados de entrada foram organizados para que seja fácil a sua atualização, isto é, foi criada uma plataforma para que, posteriormente, seja necessário apenas atualizar os tempos de execução e automaticamente se gerem os valores necessários.

#### **3.1. Apresentação do Problema**

##### **3.1.1. Grupo Renault**

Fundada em 1898, a Renault é um grupo industrial com mais de 120 000 colaboradores que idealizam, concebem, fabricam e comercializam veículos particulares e utilitários em 125 países. É constituído por 36 unidades de produção localizadas em mais de 17 países, onde foram produzidos cerca de 2,7 milhões de veículos em 2014. A estrutura adotada pretende descentralizar decisões e responsabilidades e dotar o Grupo de flexibilidade e agilidade, sendo cada fábrica considerada autónoma.

Em 1999, a empresa concebeu uma aliança com o construtor japonês Nissan. As duas empresas criaram uma relação de longo prazo baseada em melhorar a performance de cada uma. As plataformas e componentes comuns desta aliança servem para reduzir custos de desenvolvimento de veículos. Desta junção surgiu o novo Sistema de Produção da Aliança (APW – *Alliance Production Way*), em substituição do antigo Sistema de Produção Renault (SPR).

Ainda no mesmo ano, a Renault conquistou novos mercados associando-se à marca Dacia (Roménia) (dados Renault, 2015).

##### **3.1.2. Renault CACIA**

A Renault CACIA, *Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel*, é uma das fábricas do grupo Renault, situada em Cacia, Aveiro,

sendo a sua atividade principal a fabricação de caixas de velocidades, bombas de óleo, árvores de equilibragem e outros componentes para motores.

Esta fábrica do grupo produz órgãos e componentes para a indústria automóvel desde setembro de 1981. As suas instalações ocupam uma superfície total de 300.000 m<sup>2</sup> e uma área coberta de 70.000 m<sup>2</sup>, combinando uma excelente operacionalidade pelo seu perfil físico, que permite um ótimo esquema de distribuição e facilidade de fluxos, de pessoas e de equipamentos (dados Renault Cacia, 2015).

Atualmente, a totalidade dos produtos da Renault são inteiramente exportados 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.

Segundo dados internos, afirma-se que em 2014 trabalhavam 1066 colaboradores com idade média de 40 anos, os quais contribuíram para uma faturação de 262 M€. Durante 2014 produziram-se 550 450 caixas de velocidades (dados Renault Cacia, 2015).

### **3.1.3. Montagem de Caixas de velocidade**

Na Renault CACIA, as caixas de velocidades representam a maior parte do volume de negócios da fábrica. São produzidos dois grandes grupos de referências de CV (Figura 2): JR e NDx.

A CV do tipo JR é de motorização baixa, possui cinco velocidades, de 200Nm e funciona com 2,5 litros de óleo. Esta caixa é produzida em CACIA desde 2002, equipando alguns modelos de automóveis como Scénic, Megane, Kangoo, Cubistar, Clio, Logan e Modlus das marcas Renault e Dacia.

Já as CV do tipo NDx possuem 6 velocidades, de forte motorização, possuem uma particularidade, que é o facto de possuírem uma caixa diferencial esférica e uma marcha atrás sincronizada, funcionando com binário de 300Nm e 1,8 litros de óleo. Este tipo de CV é produzida na fábrica desde 2001 e equipa automóveis como o Mégane com motor 1.9 e 2.0 RS.

As caixas montadas na Renault CACIA são enviadas para outras fábricas do grupo para serem incluídas na montagem do automóvel. Ocorre 100% de

exportação das mesmas para países como Espanha, França, Turquia, Inglaterra (Nissan), Índia, Tailândia e Marrocos.

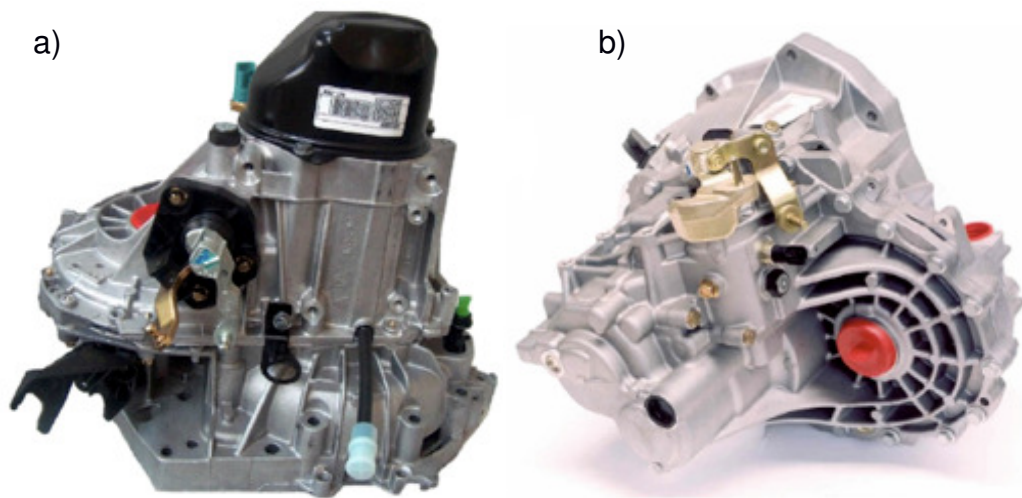


Figura 2 - Caixas de velocidade: a) Caixa de referência JR; b) Caixa de referência ND.

#### 3.1.4. Descrição das linhas de montagem

A Renault CACIA funciona diariamente com duas linhas de montagem de caixas de velocidade. Uma destas, designada de linha 3 (L3), produz apenas caixas do tipo JR e a linha designada como linha 2 (L2) produz caixas de ambos os tipos: JR e ND. Por produzir mais do que um tipo de CV, a linha 2 é mais complexa e apresenta um número maior de anomalias, daí a sua cadência produtiva ser menor comparativamente com a linha 3. Em 2015, a linha 2 tinha capacidade de produzir 560 CV JR ou 540 CV ND por turno, trabalhando dois turnos por dia. A linha 3 possuía maior cadência produtiva e trabalhava três turnos por dia, produzindo 600 CV JR por turno.

Ambas as linhas dispõem de uma zona de *picking* interno, onde se efetua a preparação de uma pequena paleta, base metálica, com moldes e suportes para colocação de componentes, como árvores (primária e secundária) e pinhões. Estes componentes são montados e empilhados. Nesta secção das linhas, existe uma diferença entre ambas: o *picking* da L3, segue diretamente em tapete automático para a respetiva linha; o *picking* da L2, não está imediatamente antes da mesma e por isso, as pequenas paletes, depois de preparadas, são transportadas via AGV (*Automatic Guided Vehicle*) até à operação de montagem inicial (OP150 em ambas as linhas). A colocação das paletes na linha principal é

realizada por um *robot*, designado pela OP100. Nesta operação é realizado o transporte das paletes vindas do *picking* para a linha principal, onde seguem numa paleta maior (uma base semelhante à preparada na zona de *picking*). Os restantes elementos são acoplados e através de um equipamento de acionamento electropneumático (OP400 em ambas as linhas), um operador efetua a passagem das árvores e pinhões empilhados, juntamente com a caixa diferencial que prossegue em sentido contrário à linha secundária, para o cárter da embraiagem, que foi colocado na linha principal (anteriormente na OP195). Seguidamente existe um circuito fechado propositado para o cárter de mecanismo. Este componente é transportado deste circuito para a linha principal por um operador, que faz o fecho da caixa (OP445 em ambas as linhas). Seguidamente são montados os restantes componentes e tanto na OP545 como na OP546, no caso da linha 2, todas as CV são testadas pelo(s) banco(s) de ensaios. Se estiverem conformes, seguem para posteriormente serem descarregadas da linha na OP650.

O estudo de caso que se segue incide apenas na linha 2, por ser a linha de montagem com mais necessidades de otimização. Também por se tratar de uma linha flexível (fabricação de dois produtos diferentes), o estudo tratará cada um destes produtos, pois existem operações em comum a ambos e outras dizem respeito apenas a um tipo de caixa de velocidades.

### **3.2. Medição de tempos**

No processo de recolha de tempos de execução de cada um dos produtos, foram cronometradas as várias operações inerentes à sua produção, tanto as operações manuais como também as automáticas. Foram recolhidos 30 tempos totais de fabricação para cada tipo de caixa (ND e JR), com um operador de referência em cada posto e em situações consideradas de 100% de normalidade. Os tempos foram recolhidos com o auxílio de um cronómetro ao milésimo do minuto. Estes dados foram tratados e transformados nos Gráficos 1 a 4, através da folha de *Excel* apresentada na Figura 3. No documento *Excel* estão também preparadas outras folhas, uma para cada operação, onde estão inseridos os 30 tempos de execução recolhidos. Automaticamente, estes dados preenchem os resultados da Figura 3. Ou seja, a média dos tempos de execução de cada

operação é calculada automaticamente e representada na coluna *TE (seg)* da tabela da Figura 3. Na célula *Prod/Equipa* insere-se o objetivo de produção por turno. Após o preenchimento dos dados necessários, todos os outros campos geram-se automaticamente, incluindo a construção dos gráficos da taxa de ocupação e de tempo de ciclo.

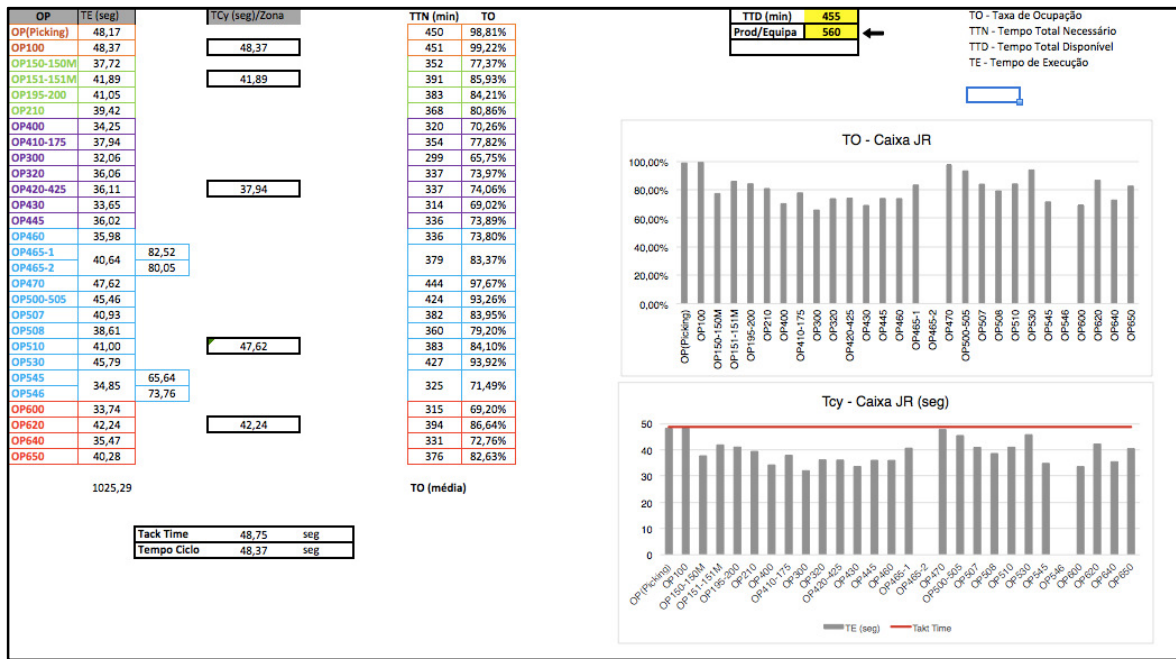


Figura 3 – Folha excel de tratamento de tempos de execução.

Analisando estes gráficos é possível verificar a taxa de ocupação de cada operação, calculada pela Equação 3 (gráfico da taxa de ocupação); a cadência produtiva máxima possível (gráfico do tempo de ciclo) e quais as operações críticas para a capacidade desejada, ou seja, as barras que batem na linha vermelha do gráfico do tempo de ciclo.

$$TO = \frac{TTN}{TTD} \times 100$$

Equação 3 - Cálculo da Taxa de Ocupação.

Sendo:

TO = Taxa de Ocupação

TTN = Tempo Total Necessário

TTD = Tempo Total Disponível



Nos Gráficos 1 a 4, as barras que ultrapassarem a linha do *takt time* (linha do gráfico assinalada a vermelho) não permitem que a cadência pretendida seja cumprida.

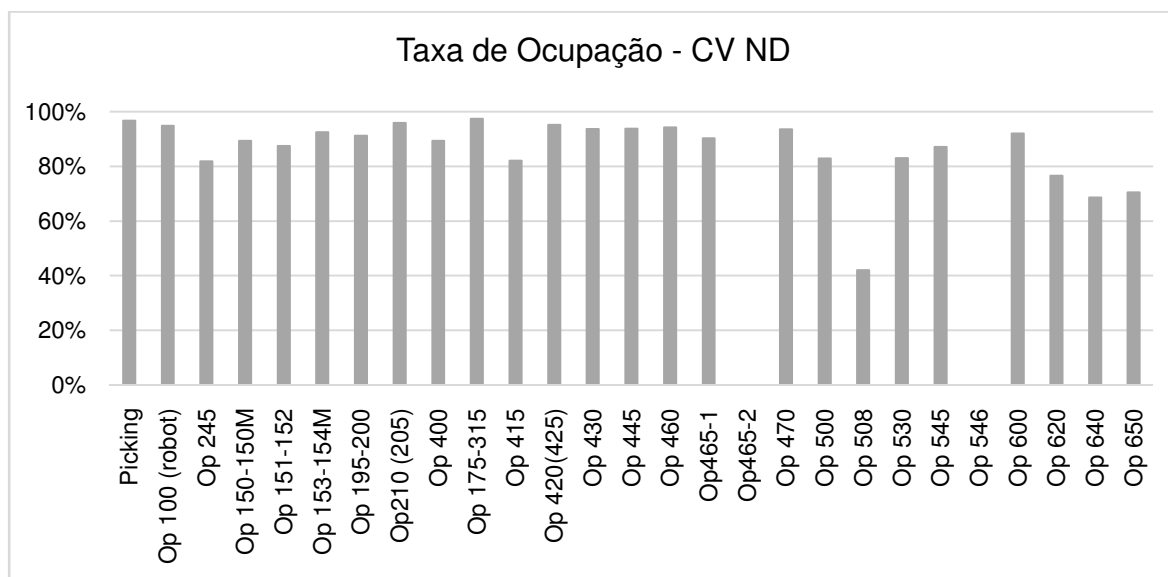
No caso das operações que possuem postos paralelos foram retirados os tempos de cada um destes dividindo-o por dois, que é o caso das Operações 465 (1 e 2) e 545 e 546.

Para a **CV ND**, seguem-se o Gráfico 1 e o Gráfico 2 que representam a taxa de ocupação e o tempo de execução de cada operação para uma produção de 540 unidades (produção por turno no início do desenvolvimento deste trabalho), respetivamente.

Tal como representado no Gráfico 2, o *Takt Time* calcula-se através da seguinte fórmula:

$$Takt\ Time(Atual) = \frac{455 \times 60}{540} = 50,56\text{seg}$$

*Equação 4 – Cálculo do Takt Time para a CV ND, para uma produção de 540 unidades por turno.*



*Gráfico 1 - Taxa de ocupação das operações referentes ao tipo de caixa ND, para uma produção de 540 CV/turno.*

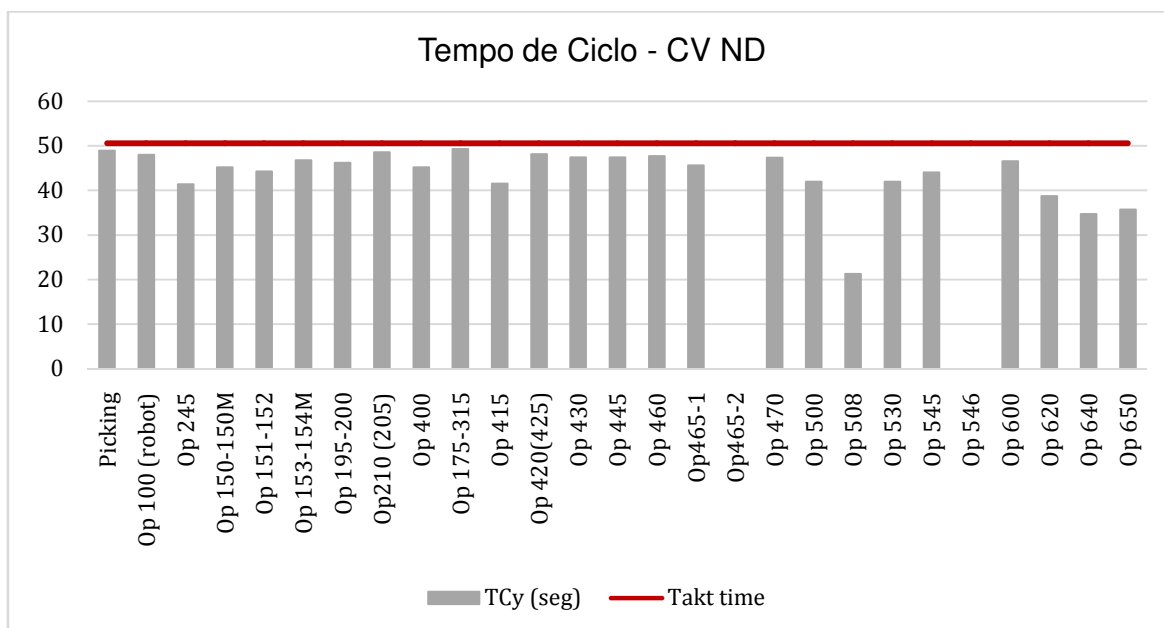


Gráfico 2 - Tempo de ciclo das operações referentes ao tipo de caixa ND, para uma produção de 540 CV/turno.

O tempo de ciclo da linha para montagem de CV ND é de 49,28 segundos, definido pela OP175-315, com uma taxa de ocupação elevada, de 97,47%. Seguem-se as operações onde se efetuam os abastecimentos à linha, que são a OP(Picking) e a OP100, que transporta as paletes das árvores primária e secundária da linha auxiliar, de AGV, para a linha principal, com tempos de ciclo de 48,91 e 47,96 segundos e com taxas de ocupação de 96,74% e 94,87%, respetivamente. A elevada duração de ambas as operações tem grande impacto na linha de montagem uma vez que estão localizadas no início da linha, o que significa que “comandam” o tempo de fabricação de toda a linha de montagem.

Para a **CV JR**, seguem-se também o Gráfico 3 e o Gráfico 4 da taxa de ocupação e do tempo de execução de cada operação para uma produção de 560 unidades. Tal como anteriormente referido para a produção de CV ND, também em produção de CV JR, a linha a vermelho do Gráfico 4 representa o *takt time*, que se calcula da seguinte forma:

$$TaktTime(Atual) = \frac{455 \times 60}{560} = 48,75 \text{ seg}$$

Equação 5 – Cálculo do Takt Time da produção de Caixa JR.

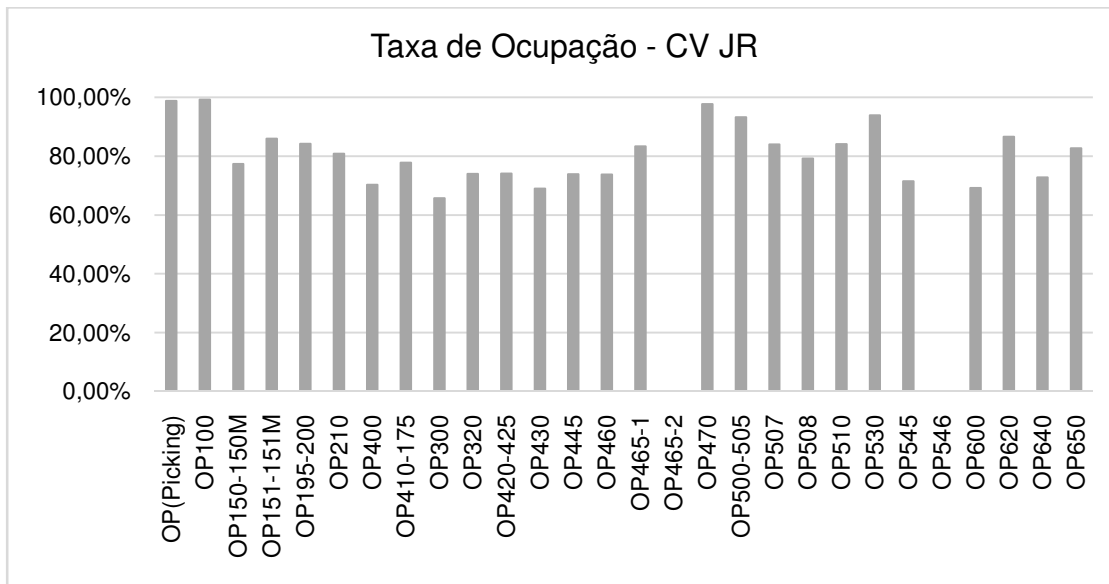


Gráfico 3 - Taxa de ocupação das operações referentes ao tipo de caixa JR, para uma produção de 560 CV/turno.

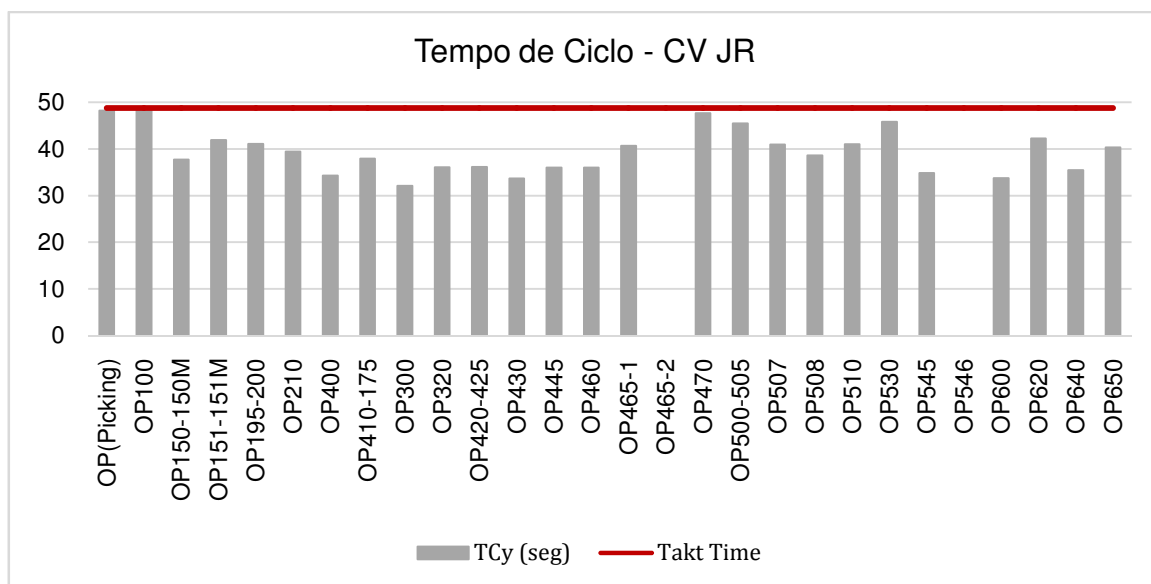


Gráfico 4 - Tempo de ciclo das operações referentes ao tipo de caixa JR, para uma produção de 560 CV/turno.

O tempo de ciclo da linha para a CV JR é de aproximadamente 48 segundos, definido pelas operações iniciais, a OP(Picking) e a OP100, com uma taxa de ocupação elevada de cerca de 99%.

Tal como em produção de CV ND, o recurso gargalo está presente no início da linha de montagem.

Para uma taxa de ocupação tão elevada torna-se quase impossível o cumprimento do objetivo de produção por turno. Imaginemos que ocorre uma

avaria relacionada com o *robot* da OP100, por mínimo impacto que origine, pode causar transtorno na execução da produção.

### 3.3. Value Stream Mapping

O VSM é útil no processo de redução de desperdícios, permitindo a maximização do valor acrescentado. O objetivo da utilização desta ferramenta é o facto de permitir obter uma visão geral do mapeamento do fluxo produtivo, para analisar os problemas e oportunidades de melhorias na otimização em estudo. O facto de o processo estar delineado de uma forma simples e esquemática, torna mais fácil o sentido crítico ao problema.

Tal como a literatura sugere, foi realizado o VSM Atual e, posteriormente, o VSM Futuro. O VSM Atual, tal como o nome indica, apresenta o processo no estado inicial deste estudo. Este mapeamento foi fundamental para iniciar o trabalho, uma vez que para sugerir melhorias a um processo, a análise da situação atual é crucial, pois é deste ponto que surgem as melhorias. Após este desenho, foi construído o estado desejado, ou seja, foi elaborado o VSM Futuro com base nas metas desejáveis de alcançar.

O mapeamento foi organizado por zonas da linha de montagem para mais fácil análise, em que cada zona é composta por várias operações, pois um mapeamento com a representação de todas as operações tornava-se exaustivo e de difícil perceção. Seguem-se as cinco zonas consideradas:

- Polo de Preparação dos *Miolos-Balader* (PPMB)+OP(Picking)+OP100: Trata-se da zona de preparações de conjuntos a abastecer à linha de montagem, realizados pelos operadores da linha;
- Zona 1: OP150 – OP154: Diz respeito às operações das prensas iniciais;
- Zona 2: OP400 – OP445: Designa-se por zona de caixa aberta, por ser a zona da linha de montagem dos componentes interiores da CV;
- Zona 3: OP460 – OP546: Corresponde à zona após o fecho da CV até aos bancos de ensaios das respetivas;
- Zona 4: OP600 – OP650: Designa-se por zona pós-bancos e prolonga-se até ao final da linha.

Variáveis como o tempo de espera entre operações (ou zonas) não foram considerados, pois o tempo entre operações nesta linha de montagem não é significativo.

Para a construção do VSM, apenas se consideraram os parâmetros influenciáveis no presente estudo de otimização. Por cada zona, é possível obter informação acerca do tempo de ciclo, *takt time* e número de MOD.

### **3.3.1. VSM Atual**

O mapeamento do fluxo de valor do estado atual que se segue na Figura 4, mostra o caminho das CVs, ND e JR, do início da linha de montagem até à sua expedição.

No esquema da Figura 4 é possível reter conclusões acerca do estado da linha de montagem no início do presente estudo, nomeadamente a identificação dos pontos mais críticos da linha, pontos estes nos quais a sua melhoria deverá ser idealizada no VSM Futuro.

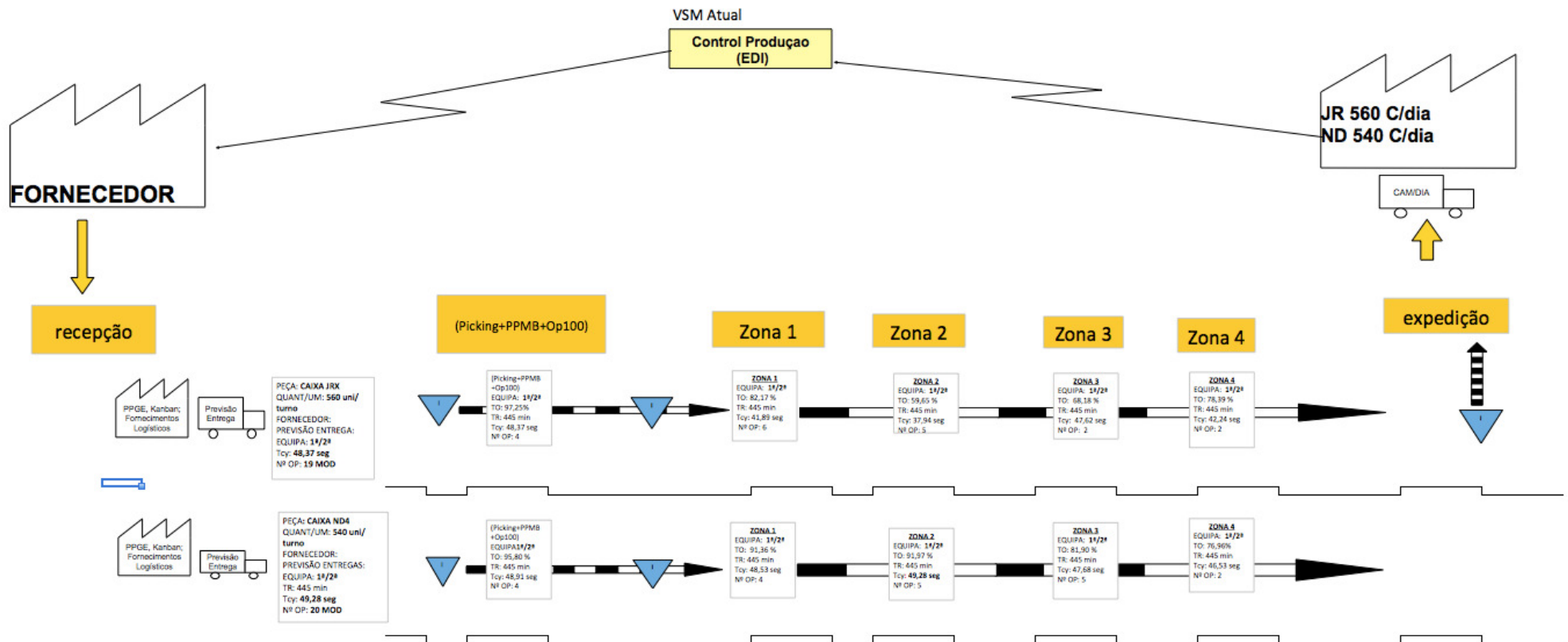


Figura 4 – VSM Atual da linha de montagem.

### **3.3.2. VSM Futuro**

O VSM do estado futuro apresentado na Figura 5, desdobra as oportunidades de melhoria identificadas pelo mapa do estado atual, para atingir um nível mais otimizado no futuro.

O seguinte mapeamento define metas atingíveis em 2016, ou seja, o prazo de aplicação das potenciais melhorias identificadas no VSM Atual é de cerca de um ano.

As cruzes destacadas a vermelho antes e após a zona Picking+PPMB+OP100 indicam a eliminação dos stocks. Objetiva-se também o aumento de cadência produtiva para ambos os tipos de CVs, tal como definido anteriormente.

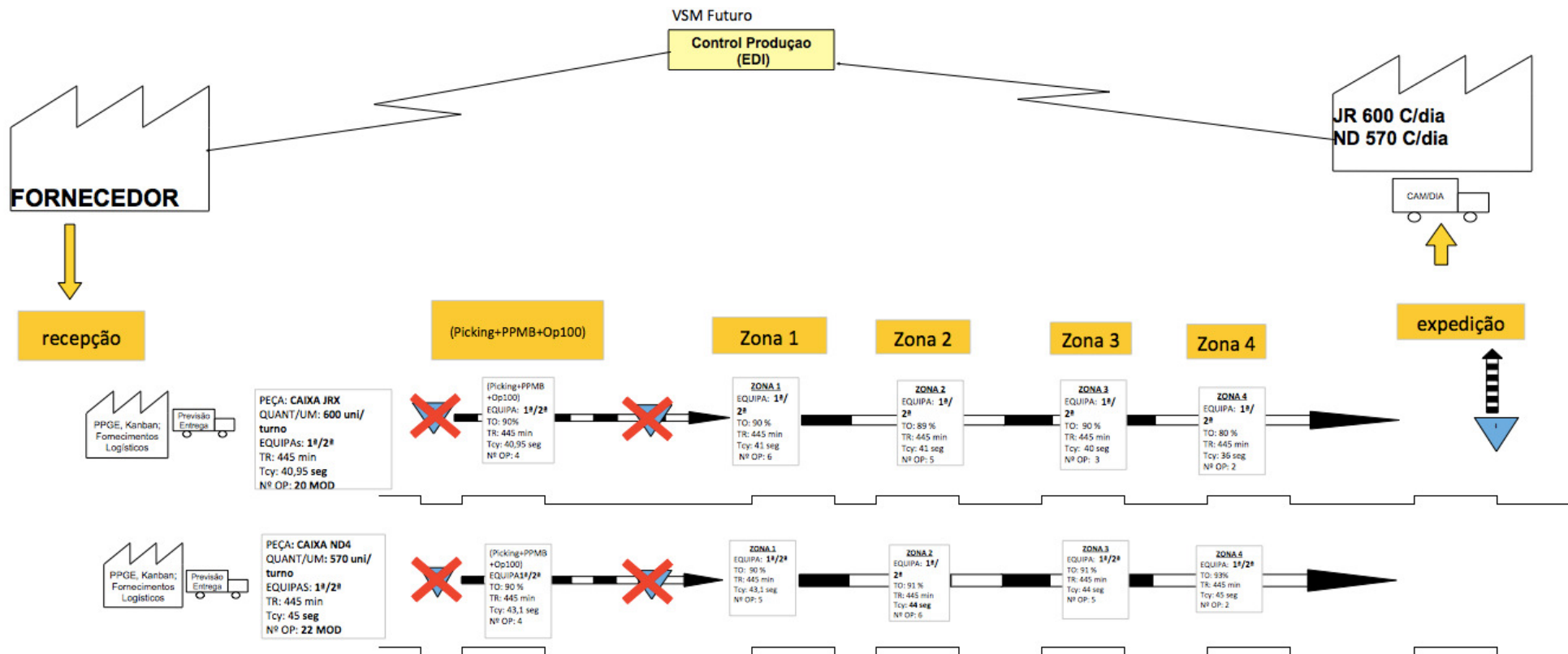


Figura 5 - VSM Futuro da linha de montagem.



### 3.4. Soluções propostas de otimização da linha de montagem

#### a) *Picking (ND e JR)*

A operação do *picking* está situada junto da linha 3, apresentada anteriormente, na descrição das linhas de montagem, e paralela à linha estudada neste trabalho. O transporte das paletes do *picking* até à OP100 é realizado por dois AGVs, um transporta as paletes cheias e outro retorna as paletes vazias.

Uma vez que a OP(*Picking*) apresenta elevado tempo de execução, não existe margem de paragem dos transportadores automáticos, ou seja, se existir paragem dos AGVs por avaria ou falta de bateria, por exemplo, estes originam atrasos nesta operação e são geradas perdas de produção do turno.

Os AGVs transportam as paletes do *Picking* para a OP100 em conjuntos de 6 unidades, demorando cerca de 48 segundos a deslocarem-se de uma operação para a outra.

Em produção de CV ND, foi proposta uma solução baseada em princípios *Lean*, que defende que as peças devem estar prontas a montar no bordo de linha. No *picking*, as peças são abastecidas tal como chegam do fornecedor, isto é, revestidas de plásticos e papéis protetores a possíveis danos no transporte. Assim, sugere-se que seja a equipa logística a retirar estas proteções das peças, fazendo com que o operador de linha necessite apenas de montar as peças nas paletes. Com esta ação é possível ganhar cerca de 9 segundos no tempo de execução da OP(*Picking*).

Na produção de CV JR, as peças vêm prontas a montar nas paletes, ou seja, ao contrário das peças em produção de CV ND, as peças são abastecidas à linha de montagem pela equipa logística prontas para o operador de linha realizar a operação. Além do abastecimento das peças nas paletes, o que prolonga a operação é a preparação de um dos *miolos-balader*. Uma vez que existe um posto onde se realiza a preparação dos *miolos-balader* (PPMB), sugere-se que a preparação do respetivo na OP(*Picking*) seja transferido para o posto PPMB. Neste posto, não existe um operador a 100% do tempo, pois a preparação de cada peça demora apenas cerca de 10 segundos. O que acontece é que, o operador prepara os MB até um determinado stock e só regressa ao mesmo posto aquando o stock mínimo é atingido.

A fim de diminuir o tempo de ciclo da OP(*Picking*) em produção de CV JR, sugere-se que esteja um operador a 100% no PPMB e realize a preparação do MB atualmente preparado na OP(*Picking*), que demora cerca de 12 segundos, passando o tempo de execução do PPMB a ser cerca de 22 segundos, pelo que, na OP(*Picking*) pensa-se obter um ganho dos mesmos 12 segundos.

**b) OP100 (ND e JR)**

Esta operação, tal como referido anteriormente, executa o transporte das paletes vindas do *picking* para a linha principal, na qual transporta dois conjuntos de pinhões (um de cada vez), a árvore primária, a secundária e por fim um rolamento.

Uma vez que se trata de uma operação considerada próxima de ser recurso gargalo, propõe-se a adaptação das pinças do *robot* para permitir o transporte do rolamento juntamente com a árvore secundária. O possível suporte adaptado poderá originar uma poupança de aproximadamente 5 segundos, em vez de o *robot* efetuar cinco movimentos “vai e volta” passa a realizar apenas quatro.

**c) OP210 (ND)**

Na OP210 realizam-se as montagens e prensagens automáticas dos casquilhos, rolamentos e cuvetes no cárter de embraiagem (CED). Em produção ND, segundo várias observações às OP190-200 e OP210, verificou-se que o operador da OP9190-200 permanece um determinado tempo inativo a aguardar o fim de trabalho da prensa do seu posto, assim, sugere-se transferência da operação de montagem do rolamento para a OP190-200. Na OP210 passa a realizar-se apenas a prensagem, eliminando-se o tempo de montagem da peça pelo *robot*. Segundo a análise ao caso, esta alteração pode gerar um ganho de aproximadamente 7 segundos.

**d) OP445 (ND)**

Na produção de CV ND, para equilibrar o tempo de ciclo de operações ao longo da linha, propõe-se passar a colocação do obturador montado na OP445 para a OP500, uma vez que esta apresenta menor tempo de ciclo. Esta alteração permite quase igualar o tempo de execução de ambas as operações.

**e) OP460 (ND)**

Na OP460, para a produção de CV ND, os parafusos de aperto da CV são colocados automaticamente. As observações de posto levaram à conclusão de que as paletes demoram elevado tempo a deslocarem-se da operação anterior até esta. A fim de diminuir o tempo de ciclo, sugere-se que a paleta avance mais rapidamente, uma vez que não tem quaisquer implicações, permitindo assim reduzir cerca de 5 segundos.

**f) OP470 (JR)**

A OP470 é constituída por um *robot* e uma prensa automática, em que o *robot* monta as peças e a prensa realiza a respetiva prensagem. Nesta operação, sugere-se a otimização dos movimentos realizados pelo *robot*. Enquanto é realizada a prensagem dos dois vedantes do diferencial, o *robot* fica inativo e, uma vez que não colide com a prensa, pode fazer um transporte do vedante seguinte.

**g) OP500 (JR)**

Sugere-se a diminuição do tempo de ciclo da OP500 alterando a ordem dos procedimentos. No início da operação é colocada uma pequena tampa vermelha de proteção. O programa de funcionamento está definido para que, enquanto não se validar o *PokaYoke* de passagem de mão respetivo à tampa vermelha, a paleta não avança para o posto, ou seja, atualmente, quando a paleta chega o operador já tem a pequena peça na mão pronta a montar. Propõe-se que a pequena tampa seja colocada no final de toda a operação, pois assim o operador, no final da operação, retira a tampa da caixa validando as células de passagem de mão, aciona a betoneira de fim de trabalho e por fim, enquanto monta a tampa já está a CV a sair do posto e, conseqüentemente, uma nova paleta a entrar. Estas otimização dos procedimentos standards gera um ganho de cerca de 2 segundos.

**h) OP530 (ND e JR)**

A máquina de deteção de fugas (posto de estanqueidade) possui um tempo de ciclo bastante elevado que não é possível modificar sem as especificações da

máquina o autorizarem. É proposto que seja estabelecida comunicação com outras fábricas do grupo para discutir as suas soluções.

***i) OP650 (ND e JR)***

Na operação de descarga, de acordo com o *layout standard*, as bases rolantes vazias estão mais perto do operador e as bases cheias estão mais longe. Sugere-se assim uma troca de *layout* das bases rolantes, tanto para diminuição de tempo de ciclo como para diminuição de NVA do operador, passando assim a percorrer menor distância para transportar as bases cheias e maior distância para transportar as vazias.

### **3.5. Análise dos resultados obtidos**

Apesar dos benefícios de cada solução proposta serem quantificados teoricamente e aproximadamente, na prática, esses ganhos podem não ser reais, pois numa linha de fabricação umas operações dependem de outras. Então é necessário recolher tempos de execução reais de cada operação após implementação das soluções.

As várias propostas relativas à otimização da linha de montagem foram implementadas à exceção da sugestão à OP470 e à OP530. Relativamente à OP470, a solução não foi aceite pela equipa de Engenharia pelo facto de a prensa se movimentar horizontalmente. Como são dois componentes a movimentar-se em perímetros muito próximos, existe risco de colisão. Para a OP530 o processo está a ter seguimento, no entanto, não foi possível a descrição da ação, obter o tempo otimizado nem resultado final.

Seguem-se os gráficos da nova taxa de ocupação para as novas quantidades produzidas, bem como os novos tempos de execução (Gráfico 5 a 8).

Foram construídos novos gráficos semelhantes aos anteriores, gerados pela plataforma da Figura 3, para que os valores sejam mais facilmente comparáveis.

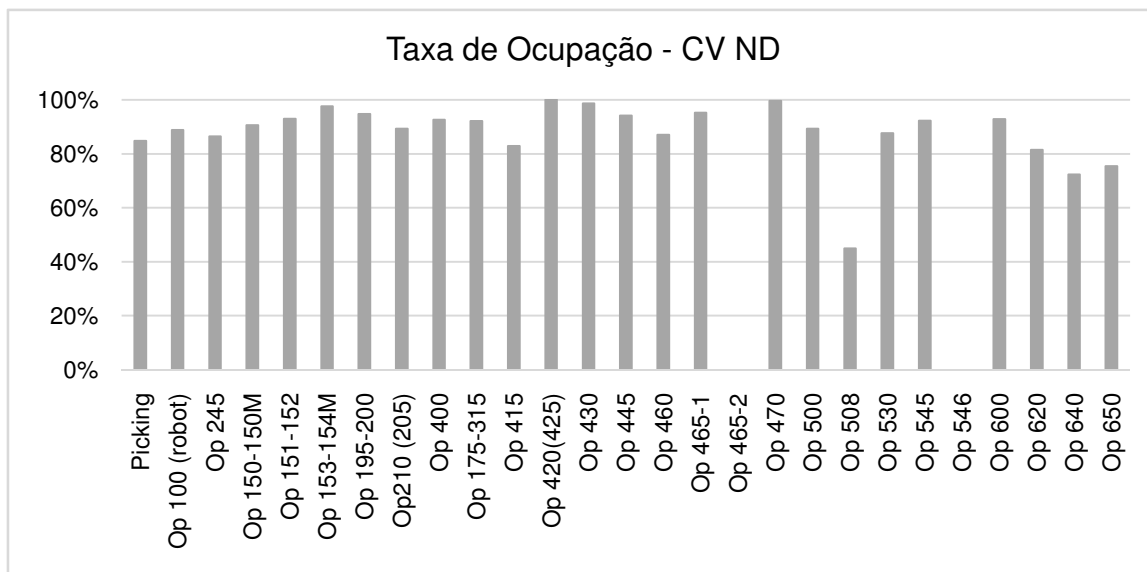


Gráfico 5 - Tempo de ciclo das operações referentes ao tipo de caixa ND, para uma produção de 570 CV/turno.

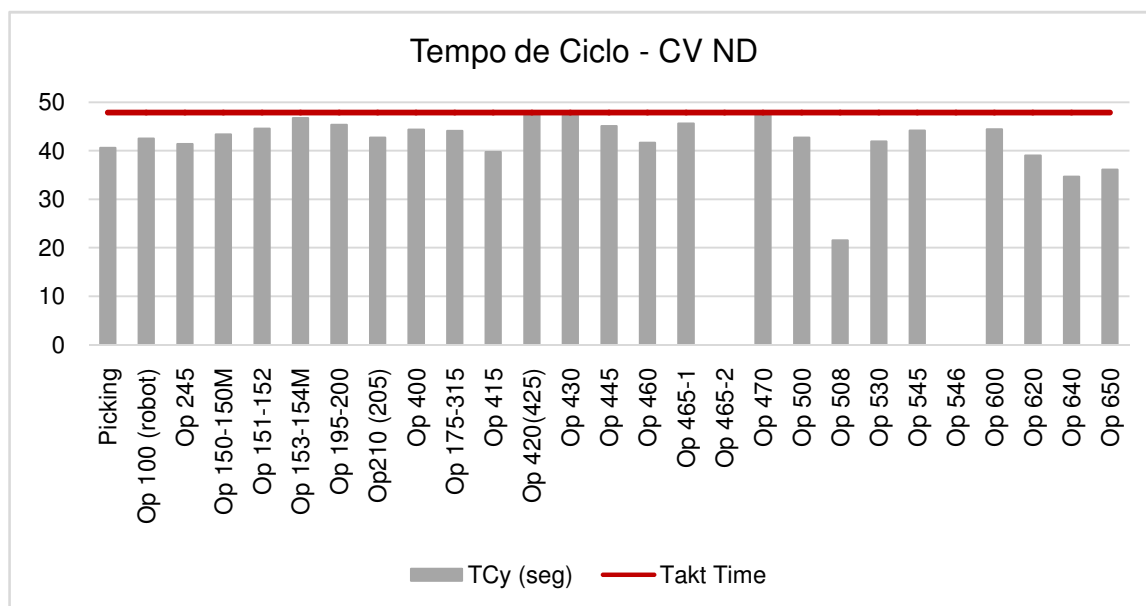


Gráfico 6 – Taxa de ocupação das operações referentes ao tipo de caixa ND, para uma produção de 570 CV/turno.

Nos Gráfico 5 e Gráfico 6, relativos à produção de CV ND, verifica-se que a taxa de ocupação do recurso gargalo é de 100%, com um tempo de ciclo de 47,97 segundos, definido pela OP420(455), e com *Takt Time* de 47,89 segundos. Em primeira análise, sabe-se que numa operação com 100% de ocupação jamais se conseguirá produzir as quantidades pretendidas e determinadas como objetivo a

atingir, no entanto, como se trata de uma operação automática, esta permanece ativa durante os intervalos dos operadores, o que significa que o seu tempo de produção não é de 455 mas sim de 470 minutos, ou seja, com a adição de 25 minutos de intervalo.

Todas as CVs em espera antes da operação gargalo avançam durante os intervalos que perfazem os 25 minutos.

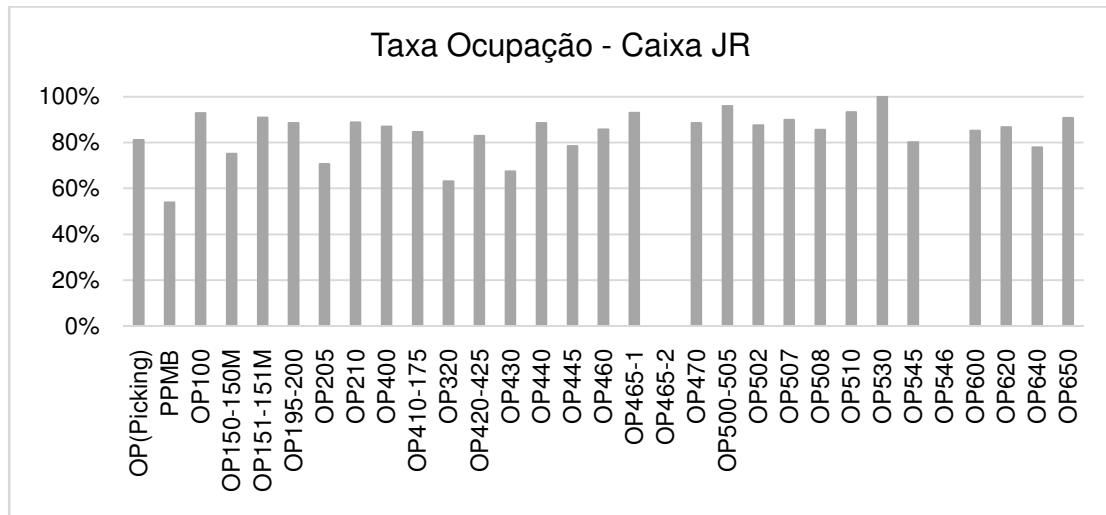


Gráfico 7 – Taxa de ocupação das operações referentes ao tipo de caixa JR, para uma produção de 600 CV/turno.

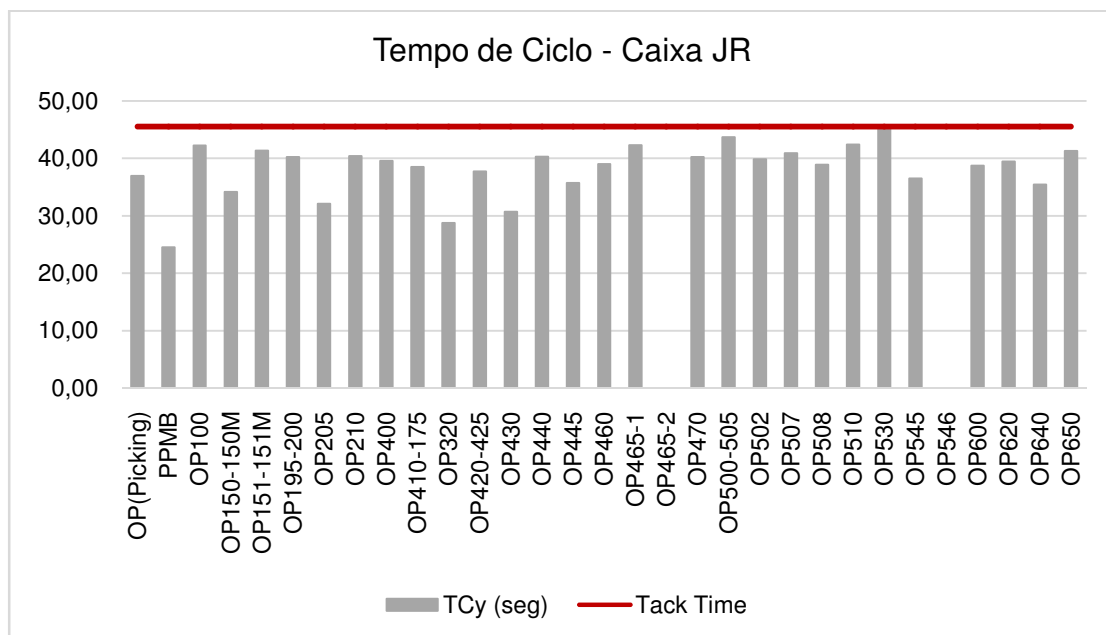


Gráfico 8 - Tempo de ciclo das operações referentes ao tipo de caixa JR, para uma produção de 600 CV/turno.

Através dos Gráfico 7 e Gráfico 8, verifica-se que, atualmente, pode-se verificar que a operação gargalo é a OP530 com tempo de ciclo de 45,51 segundos. Apesar da sua taxa de ocupação ser de 100%, como se trata de uma operação automática, segue a mesma lógica da operação gargalo da produção de CV ND (a máquina mantém-se ativa nos intervalos. O *Takt Time* é agora cerca de 45,51 segundos.

Inicialmente, a linha de produção enfrentava um grande problema, que era o facto do recurso gargalo estar presente no início da linha. Esta situação impedia avanços nos objetivos de produção.

Após a alteração das operações críticas, os progressos de cadência foram absolutamente notórios. Pela análise a este caso, entende-se que, ao eliminar estes gargalos faz com que as operações seguintes fiquem “pressionadas”, isto é, quando a operação anterior é mais rápida, faz aumentar o stock em linha a montante da operação, e inconscientemente, o operador sente-se mais pressionado a realizar o trabalho mais rapidamente. Se não existirem caixas em espera antes do posto, o operador trabalha normalmente porque caso labore com mais rapidez terá de seguida tempo de inatividade. Este facto faz com que seja possível a redução de tempo de execução de operações mesmo sem alterações às mesmas.

Relativamente às melhorias implementadas, pode-se considerar que corresponderam aos objetivos estipulados, pois conclui-se que a cadência planeada foi conseguida durante o período de desenvolvimento deste trabalho. Foi possível diminuir o tempo de ciclo em 1,34 segundos na montagem de CV ND e 2,86 segundos na montagem de CV JR.

Nas OP470 verifica-se uma redução de tempo de operação acentuada sem a solução ter sido implementada. Isto explica-se pelo facto de se criar stock imediatamente antes da operação, pois faz com que as paletes avancem mais rapidamente, não permitindo que o *robot* tenha tempo de inatividade. Na OP150 verifica-se um caso semelhante, ou seja, o tempo de operação sofre uma diminuição sem ter sido aplicada qualquer alteração, que se deve ao facto de diminuir o tempo de operação da OP100, operação anterior a esta.

O VSM foi uma ferramenta valiosa na deteção do diagnóstico inicial da linha de montagem, fornecendo importantes informações acerca do estado em que a

empresa se encontrava antes da intervenção, bem como na organização do estado idealizado após intervenção.

Comparando as metas idealizadas na Tabela 1 apresentada no tópico introdutório, pode-se avaliar a otimização como alcançada com sucesso, pois ao multiplicar os novos tempos de ciclo pela produção planeada para 2016 definida na Tabela 1, chega-se à conclusão de que, apesar de os valores estarem no limite de tempo total de produção por turno, é possível a realização da produção. A Equação 6 e a Equação 7 representam a verificação dos factos constatados neste tópico.

$$ND: Tcy (seg) \times Quantidades produzidas = \frac{47,94}{60} \times 570 = \mathbf{455,43 \text{ minutos}}$$

*Equação 6 – Verificação da possibilidade de alcançar a meta traçada para 2016, em produção de CV ND.*

$$JR: Tcy (seg) \times Quantidades produzidas = \frac{45,51}{60} \times 600 = \mathbf{455,10 \text{ minutos}}$$

*Equação 7 - Verificação da possibilidade de alcançar a meta traçada para 2016, em produção de CV JR.*





## 4. Pilotagem de Modos Alternativos de Produção

Um modo alternativo funciona como um plano B de produção, por outras palavras, substitui o modo normal de produção de uma determinada operação.

Os modos alternativos surgem essencialmente para reduzir as perdas de produção geradas por avarias, ou seja, quando surgem avarias é importante ter definido e *standardizado* um modo alternativo do posto que permita a continuação da produção, ainda que seja mais lento do que o modo de produção normal. O ideal é que o modo alternativo não impeça a correção da avaria. E ainda, apesar de a sua otimização não corresponder aos modos normais de produção, a qualidade deve estar igualmente garantida.

### 4.1. Análise de perdas

Neste estudo, entende-se por perdas de produção a diferença entre a quantidade planeada e a quantidade produzida na realidade. As perdas de produção são contabilizadas por cada turno de produção.

Inicialmente, começou-se por analisar as perdas de produção relativas aos primeiros meses de estágio, de início de setembro a fim de dezembro. A Renault agrega os vários tipos de perdas de produção em 7 grupos, apresentados no Gráfico 9.

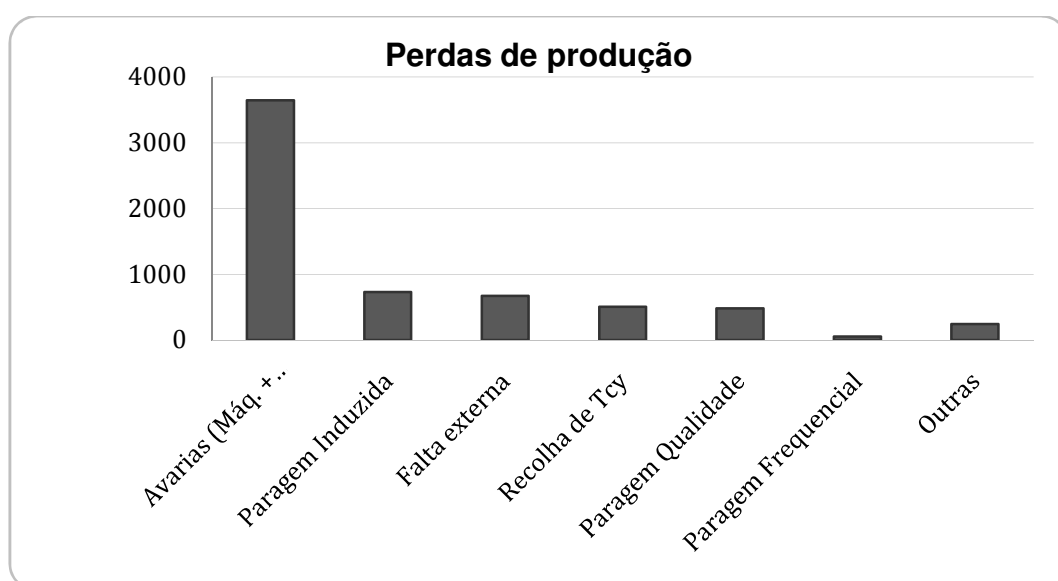


Gráfico 9 - Análise de perdas no período de 1-09-2015 a 31-12-2015.

Através da análise do Gráfico 9, verifica-se que, no período de 1 de setembro a 31 de dezembro de 2015, as perdas por avarias representaram mais do que 50% das perdas totais de produção.

Para a Renault CACIA, é urgente a redução destas perdas, e a pilotagem dos modos alternativos pode tornar-se um apoio a este objetivo.

#### **4.2. Standardização do Posto de Trabalho**

A *standardização* do posto de trabalho leva a que todos executem as operações da mesma e da melhor forma analisada. Este estudo contribuiu para a *standardização* do posto de trabalho uma vez que teve como finalidade a criação de procedimentos dos modos alternativos de produção.

É fundamental que as linhas de montagem estejam preparadas para responder positivamente e de forma eficaz a qualquer avaria, independentemente da sua gravidade. Assim, a existência de modos alternativos de produção é essencial para a diminuição do impacto causado pela avaria. Os postos alternativos influenciam a que a cadência de produção não sofra drásticos desvios. Para diminuir estes desvios, é fundamental ter *standardizado* tanto a ativação como os procedimentos a seguir. Tal como em modo normal, no modo degradado de produção é importante que exista um *standard* de movimentos para os operadores, levando à garantia de qualidade, segurança e redução do tempo de execução.

A qualidade é uma questão sempre importante neste setor. E é lógico que o cliente não deve perceber se o seu produto foi ou não produzido com recorrência a modos alternativos. Ou seja, a garantia de qualidade entre a produção em modo normal ou degradado terá que ser igualmente de 100%, apenas se poderá recorrer ao modo degradado se for garantida a qualidade, caso contrário, este não é válido. Este fator é verificado na matriz de garantia de qualidade Renault.

Para este estudo, o primeiro passo foi a comunicação com os colaboradores da empresa que, de alguma forma, contribuem para o funcionamento da linha de montagem. Com este diálogo foi possível perceber que existem alguns modos alternativos onde a sua ativação está minimamente preparada nos armários elétricos, pois na maior parte dos casos, utilizam os modos degradados de acordo com um modo de produção mais antigo, no entanto, os modos

operatórios não estão *standardizados* e os operadores não têm conhecimento para os realizar. Assim, o primeiro passo foi a recolha de modos alternativos já alguma vez utilizados (apesar de não serem documentados ou não funcionarem na realidade), e foi elaborada a cartografia dos modos alternativos (Anexos I e II). Depois foram confrontados com a Matriz de Garantia da Qualidade (MQA) para certificar se a qualidade está a ser inteiramente garantida aquando a sua ativação. Aos que asseguram a garantia de qualidade, foi elaborada uma *Folha de Operação Standard de Procedimento*, a qual os operadores e chefes de linha devem recorrer a fim de adquirirem conhecimento para continuar com a produção com o respetivo posto em modo alternativo. Os modos dos quais a qualidade não era assegurada foram analisados, pois ao desativar modos normais de produção são também desativados meios de controlo importantes para a garantia de peça conforme. Após este procedimento é necessário testar os *standards* através de testes frequentes nos postos de trabalho, e, por fim, formalizar os restantes.

Ao longo de todo este procedimento, foi alimentada a sensibilização para propostas de novos modos alternativos.

O fluxograma da Figura 6 representa o encadeamento das várias fases da implementação e formalização dos modos alternativos de produção, que funcionará numa lógica PDCA.

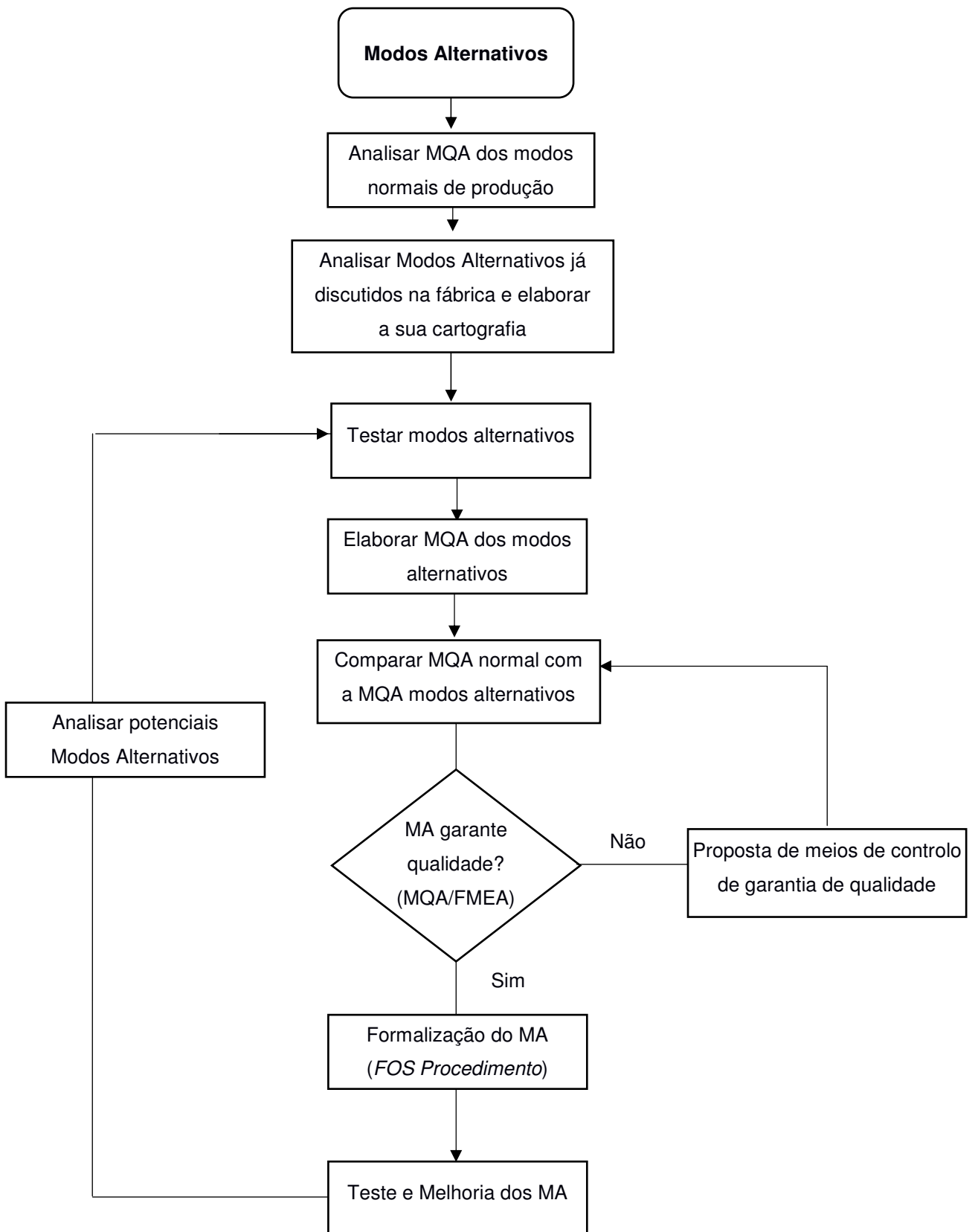


Figura 6 - Fluxograma de planeamento de implementação dos modos alternativos de produção.

### 4.3. Análise da Matrix Quality Assurance

A FMEA é utilizada nas indústrias como uma ferramenta operativa para melhoria de qualidade dos produtos e dos processos. O facto de classificar em classes de prioridades um número elevado de modos de falha, esta ferramenta permite aos responsáveis focalizarem-se nas situações mais críticas da sua indústria. Geralmente, a FMEA envolve várias pessoas para tomar decisões com experiências e habilidades diferentes.

A Renault possui uma ferramenta própria de análise de modos de falha muito semelhante à FMEA (de processo), com o mesmo objetivo, no entanto, adaptada apenas ao Grupo Renault. Esta ferramenta é denominada por *Matrix Quality Assurance* (MQA, Matriz de Garantia de Qualidade). Esta matriz apoia-se sobre o princípio que nenhum defeito de um processo de fabricação pode chegar ao cliente, quer seja o cliente final, um cliente intermediário (fábrica-cliente), o departamento seguinte ou mesmo a operação seguinte. Consequentemente, o objetivo final deverá ser a eliminação do problema na raiz, e entretanto, é necessário proteger o cliente enquanto não existir garantia da performance da solução. A matriz QA é a ferramenta adaptada para aplicar e verificar a qualidade dessa proteção (Kasparian, 2009).

Ao ativar os modos alternativos de produção serão desativados alguns meios de controlo, nomeadamente *poka yokes*. De acordo com a MQA, se as operações não estão garantidas em termos de qualidade, é necessário adicionar novos meios de controlo de forma a validar a MQA correspondente à respetiva operação.

Na MQA os elementos a ter em conta para a definição da prioridade de risco são apenas a Gravidade e a Detecção. Para um modo de falha estar controlado é necessário que o Nível de Garantia de Qualidade (NGQ) seja igual ou superior a zero. O NGQ corresponde ao NPR das FMEAs tradicionais. Como a Renault não utiliza este parâmetro, o NGQ referido nesta dissertação foi criado neste trabalho a fim de obter uma forma simples e eficiente de identificar e hierarquizar os riscos de qualidade associados a cada operação. Este parâmetro é calculado através da Equação 8.

$$NGQ = \sum D - G \geq 0$$

Equação 8 – Fórmula de cálculo do Nível de Garantia de Qualidade.

Sendo,

$D$  = Detecção

$G$  = Gravidade

Os graus de gravidade representam-se através das letras A, B e C, sendo transformados em valores 5, 3 e 1 (respetivamente) para efeitos de cálculos. As cotações de deteção têm simbologia própria ( $\odot$  = 5 pontos;  $\circ$  = 3 pontos;  $\triangle$  = 1 ponto). Os critérios de atribuição de pontos aos índices de gravidade e deteção estão presentes na Tabelas 2 e na Tabela 3.

Tabela 2- Critérios de classificação do índice de Gravidade.

<b>GRAVIDADE (Importância dos defeitos)</b>		
<b>Grau</b>	<b>Impacto no cliente</b>	<b>Valor</b>
A	Grave	5
B	Muito Incómodo	3
C	Incómodo	1

Tabela 3 - Critérios de classificação do índice de Deteção.

<b>DETEÇÃO (Cotação dos meios de controlo de qualidade)</b>	
<b>Cotação</b>	<b>Tipos de Controlo</b>
$\odot$ 5 Pontos	- Controlo 100% automático; - Impossibilidade de montagem ou maquinação posterior; - <i>Poka-Yoke</i> de interdição / de controlo.
$\circ$ 3 Pontos	- <i>Poka-Yoke</i> de alerta; - Controlo frequencial (Medidas); - Controlo 100% manual na linha.
$\triangle$ 1 Ponto	- Auditoria periódica; - Controlo 100% humano com ou sem marcação.

Seguem-se as tabelas de comparação do valor de garantia de qualidade em modos normais de produção e em modos alternativos. Este parâmetro é útil para identificar quais as operações em que os seus meios de controlo se alteram (5ª e 6ª coluna da Tabela 4).

Nas Tabelas 4 e 5 está representado o NGQ em MA (coluna “NGQ – MA”) a fim de identificar quais os modos alternativos que não estão garantidos a nível de qualidade, bem como a sua hierarquização de acordo com os mais prioritários. Os modos alternativos correspondentes ao nível de garantia assinalada a cor vermelha nas tabelas seguintes são os que, obrigatoriamente, tem que ser trabalhados de forma a serem garantidos qualitativamente, pois só assim serão válidos. Deverão ser analisados os meios de controlo substitutos aos respetivos dos modos operatórios normais de modo a prosseguir com a produção aquando for necessário o acionamento do modo alternativo. As células a amarelo significam que, no caso da Tabela 4, se a operação 508 e a operação 640 estiveram ao mesmo tempo a funcionar em modo alternativo, existem graves riscos que o *arret-gaine* prossiga não conforme para o cliente, situação que terá também que ser analisada e tratada para que o MA seja válido a ser *standardizado*.

Tabela 4 - Modos Alternativos de produção da caixa JR.

MB02 - JR						
Operação	Operação em MA	Modos de falha	Importância	Nível de garantia nominal	Nível de garantia em MA	NGQ - MA
<b>OP175</b> – Transporte manual da caixa diferencial.	Transporte manual da caixa diferencial.	<i>(Não existem alterações ao nível de garantia de qualidade na mudança de modo normal para modo alternativo de produção)</i>				
<b>OP205</b> – Prensagens no CED.	Prensagens na OP210.	<i>(Não existem alterações ao nível de garantia de qualidade na mudança de modo normal para modo alternativo de produção)</i>				
<b>OP440</b> – Colocação de <i>threebond</i> .	Colocação manual de <i>threebond</i> na OP445.	<i>(Não existem alterações ao nível de garantia de qualidade na mudança de modo normal para modo alternativo de produção)</i>				
<b>OP470</b> – Montagem e prensagem de vedantes e cuvetes.	Montagem manual do vedante de seleção na OP500.	<i>(Não existem alterações ao nível de garantia de qualidade na mudança de modo normal para modo alternativo de produção)</i>				
<b>OP505</b> – Montagem de parafuso + porca de 5ª velocidade.	Colocação de loctite manual.	Falta de cola no parafuso AS	B	6	1	-2
		Falta de anilha freio de 5ª velocidade	A	8	8	3
		Binário Parafuso AS N/C	B	5	5	2



<b>OP508</b> – Aperto do arret-gainedo anel de elevação	Apertos manuais na OP510 e na OP620.	CED-357-RECY N/C ao tipo	A	16	11	6
		Anel de elevação N/C ao tipo	C	0	0	-1
		Troca de arret-gaine	A	10	0	-5
		Falta do anel de elevação	C	10	5	4
		Falta de esquadro de esforço	C	13	13	12
		Parafusos de esquadro de esforço mal apertados	B	5	5	2
		Parafusos arret-gaine mal apertados	B	5	5	2
		Rosca de arret-gaine danificada	B	5	5	2
<b>OP600</b> - Gravação da referência e colocação de anticorit	Gravação em gravadora suplente e colocação de loctite manual.	Falta de lubrificação da AP	B	5	0	-3
		Falta de gravação	C	2	2	1
<b>OP640</b> – Aperto do bujão de vazamento do óleo.	Aperto manual do bujão de vazamento do óleo.	CSC N/C ao tipo	A	10	5	0
		Falta de eixo de taquímetro	A	15	10	5
		Defeito de aperto do bujão	A	6	5	0
		Montagem de 2 anilha do bujão do óleo	C	5	0	-1
		Falta de anilha do bujão do óleo	A	5	5	0

Tabela 5 - Modos alternativos de produção da caixa ND.

<b>MB02 – ND</b>						
<b>Operação</b>	<b>Operação em MA</b>	<b>Modos de falha</b>	<b>Importância (gravidade)</b>	<b>Nível de garantia nominal (deteção)</b>	<b>Nível de garantia em MA (deteção)</b>	<b>NGQ - MA</b>
<b>OP460</b> – Colocação de parafusos de costura.	Colocação manual dos parafusos da costura.	Falta de parafusos	B	5	5	2
<b>OP508</b> –	Aperto manual do	Falta de arret-gaine de	B	5	5	2

Aperto do arret-gaine do anel de elevação	<i>arret-gaine</i> e anel de elevação na Op620	passagem				
		Anel de elevação N/C ao tipo	C	5	0	-1
		Rosca de anel de elevação N/C	B	5	5	2
		Rosca arret-gaine N/C	B	5	5	2
		Aperto arret-gaine N/C	B	5	5	2
<b>OP640</b> – Aperto do bujão de vazamento do óleo.	Aperto manual do bujão	Falta de RENIFLARD CM	B	18	13	10
		Arret-gaine N/C ao tipo	B	11	6	3
		Aperto do bujão N/C	A	6	6	1
		Montagem de 2 anilhas no bujão	C	5	0	-1
		Falta de anilha	A	6	6	1

Em ambas as tabelas (Tabela 4 e Tabela 5) é possível verificar que, na maior parte dos casos, a passagem para modos alternativos faz diminuir o nível de garantia, no entanto, não é considerado crítico uma vez que existem poucos casos abaixo do índice de gravidade, ou seja, são poucas operações que, em MA, possuem NQG inferior a zero. Ainda assim, os casos a vermelho necessitam de ser tratados de modo a garantir a qualidade do produto.

#### 4.4. Teste dos Modos Operatórios Alternativos

Inicialmente, para formalizar cada modo operatório alternativo foi necessária a realização de testes de todos os modos operatórios a fim de garantir o seu bom funcionamento.

Segue-se a descrição dos acontecimentos originados dos testes aos possíveis modos operatórios alternativos.

##### a) Caixa JR

No teste dos modos alternativos na produção de CV JR, foram encontradas algumas anomalias não supostas na sua idealização. Todas as operações com

MA foram testadas. Os testes às OP175, OP440, OP470, OP507, OP600 correram como planeado, sem qualquer anomalia. No que diz respeito às OP205, OP505, OP508 e OP640, ocorreram alguns imprevistos. Estas situações estão descritas nos pontos abaixo.

#### ***OP205 - Prensagem da cuvete e rolamento da árvore primária na OP210***

Durante o teste foram verificadas cotas de prensagem erradas. Esta situação serviu de alerta para o risco de mais tarde acontecer a mesma situação, pois o modo alternativo pode estar desativado durante muito tempo e poderão surgir alterações ao programa de fabricação. Assim, sugere-se que seja medida a cota do vedante AP e verificação visual do bom posicionamento da cuvete da 1ª paleta sempre que o modo degradado for ativado.

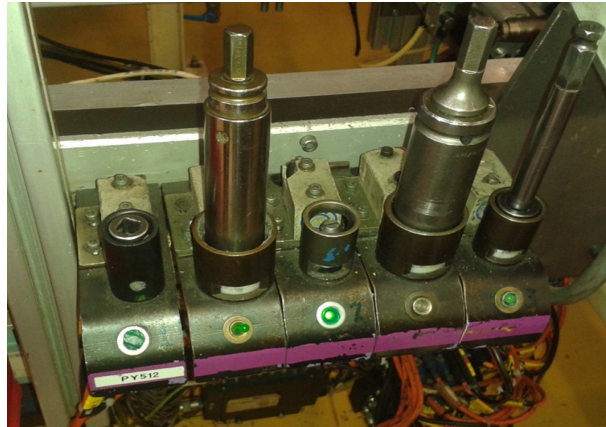
#### ***OP505 - Colocação de loctite manual***

Em modo normal de produção a cola *loctite* é colocada automaticamente no parafuso. Para o modo alternativo deverá existir um suporte no bordo de linha para a embalagem de cola, uma vez que será colocada manualmente.

Em modo alternativo, a garantia de deposição automática passa a não existir, ou seja, a própria deposição automática é a garantia de que nenhuma CV segue na linha de montagem sem cola.

#### ***OP508 - Apertos na Op510***

Este MA, realizam-se apertos a quatro peças na OP510. Ao ser testado, foi detetada uma desordem de chaves de aperto. Ao realizar os apertos dos componentes anel de elevação, esquadro e *arret-gaine*, existe elevado risco de troca de binários e da caixa de velocidades sair do posto com binários de aperto errados. As chaves de cada componente entram em qualquer um dos parafusos menos nos da tampa de 5ª velocidade, o que significa que a troca de binários de aperto pode ocorrer facilmente em MA. Na Figura 7 estão representadas todas as chaves de aperto da OP508.



*Figura 7 - Raque de chaves de aperto do esquadro, anel de elevação, arret-gaine e tampa de 5ª velocidade.*

No teste a este modo alternativo, foi também detetado que, ao trocar o anel de elevação, esta não conformidade seria detetada no posto de ensaio da CV. Esta situação não estava evidenciada na MQA e verifica-se tanto para modo alternativo como para modo normal.

#### ***OP640 - Aperto do conjunto bujão do óleo e anilha na OP630***

Na OP630, em modo alternativo, não foram verificadas anomalias significativas, apenas a falta de suporte para bujões e anilhas no posto. Foi também detetada a lâmpada fundida do sinal luminoso da chave de aperto do bujão. Procedeu-se à identificação da anomalia para que fosse resolvido o mais breve possível.

#### **b) Caixa ND**

Dos testes realizados na caixa JR, o relativo à OP640 serve também de verificação para a caixa ND. No que diz respeito aos testes às OP460 e OP508, ocorreram dentro da normalidade, sem qualquer imprevisto.

### **4.5. Modos alternativos de produção propostos**

Como já referido anteriormente, foram propostos novos modos alternativos e alteração dos existentes. Este tópico trata de apresentar as propostas de novos MA e as melhorias a aplicar aos MA existentes, nomeadamente através da adição de meios de controlo aos existentes mas não garantidos na MQA.

Para garantir que não ficam desativados com o longo tempo de não utilização, foi proposto que sejam testados mensalmente e sempre que necessitarem de ser ativados: após documentado e formalizado foi elaborado um standard de teste com frequência mensal de cada modo degradado identificado com o objetivo de garantir o bom funcionamento do *standard* e de se encontrarem operacionais quando ocorrer a necessidade da sua ativação. A folha *standard* tipo está presente no anexo V.

#### **a) Caixa JR**

##### ***OP320 – Montagem de módulo de comando no cárter de mecanismo***

Devido a mudanças implementadas, esta operação deixa de existir e as suas atividades de transformação passam para a responsabilidade da equipa de logística, para o pólo de preparações de grandes embalagens (PPGE). Assim, com os devidos ajustes, esta operação poderá ficar preparada para modo alternativo da nova operação.

##### ***OP505 – Colocação de loctite manual***

Para o MA de deposição de *loctite*, sugere-se a colocação de um suporte e doseador para a cola no posto. Existia um suporte mas encontra-se longe do bordo de linha, tal como evidencia a Figura 8.

Uma vez que o modo de falha “Falta de cola no parafuso de 5ª velocidade” deixa de estar garantido na MQA, sugere-se a ativação de um PY com células de passagem de mão associadas ao suporte. Assim, para cada palete, o operador terá que obrigatoriamente movimentar a embalagem de cola, validando o PY de passagem de mão. Este meio de controlo vale 3 pontos na MQA.

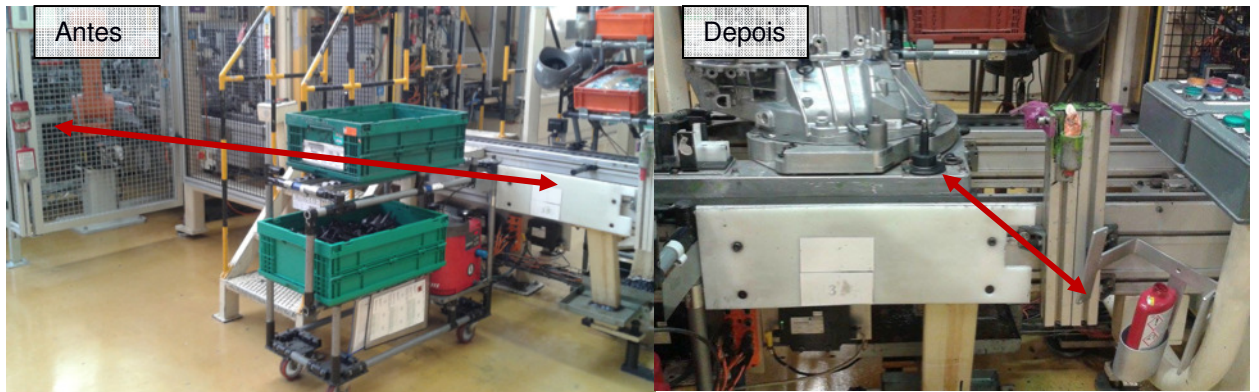


Figura 8 – Localização do suporte de loctite para deposição manual antes e depois de implementação de propostas.

### **OP507 – Lubrificações manuais na OP505**

Para a OP507 é proposto um MA de lubrificação do conjunto de 5ª velocidade. Em vez da lubrificação ocorrer automaticamente, em MA é feita pelo operador na OP505. Para garantir que todos os conjuntos de 5ª velocidade são lubrificados, é possível utilizar a passagem de mão sugerida para a colocação de *loctite* manual. No entanto, existe risco no caso de ativação de ambos os modos alternativos, isto é, se ocorrer necessidade de ativação dos modos alternativos da OP505 e da OP507 simultaneamente, o suporte poderá servir apenas um dos modos operatórios.

### **OP508 – Apertos na Op510**

No MA de aperto do esquadro de reforço, *arret-gaine* e tampa de 5ª, inicialmente procedeu-se à identificação do sinal luminoso de cada chave com o nome do componente a apertar (Figura 9).



Figura 9 - Identificação de cada chave de aperto.

Depois, foram recolhidos os binários, informação apresentada na Tabela 6, onde se verifica que existe interseção dos valores de aperto, pelo que é possível programar um valor de binário que seja comum e conforme às três peças.

Assim, os apertos da OP508 serão garantidos, a paleta não avança da OP510 sem que sejam apertados dois parafusos do *arret-gaine* e dois do esquadro mais 3 parafusos da tampa de 5ª velocidade. Não existe risco de o operador confundir os apertos da tampa com os restantes componentes porque a chave é diferente e encaixa apenas no parafuso certo.

*Tabela 6 - Binários de aperto das peças apertadas na OP508.*

<b>Componente</b>	<b>Binário (Nm)</b>
Anel de elevação	17,85 – 24,15
Esquadro	21,25 – 28,75
<i>Arret-gaine</i>	27 – 33

### ***OP600 – Colocação de anticorit na Árvore Primária na OP620***

A fim de garantir que todas as árvores primárias são lubrificadas, propõe-se a instalação de células de passagem de mão no suporte de *anticorit* existente no posto. Assim, apesar de na mudança para modo alternativo o modo de falha “Falta de lubrificação da AP” perder 5 pontos do meio de controlo da própria deposição automática, ganha 3 pontos pelo PY de passagem de mão e um ponto da própria confiança do operador em cumprir o *standard*.

### ***OP640 – Aperto do conjunto bujão do óleo e anilha na OP630***

Existe uma pequena base rolante perto do posto para registo dos testes de PY. Esta pode servir de suporte aos bujões de vazamento do óleo aquando a ativação do modo operativo alternativo da OP630, tal como apresenta a Figura 10. Nesta operação, para o modo de falha “Montagem de duas anilhas no bujão” fica-se apenas com a garantia de confiança operador que vale 1 ponto na MQA.

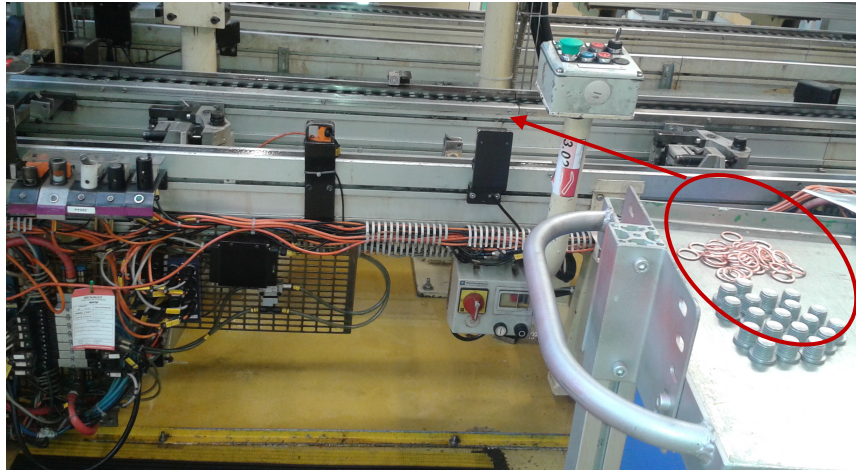


Figura 10 - Suporte de bujões e anilhas de vazamento do óleo.

## **b) MB02 – Caixa ND**

### ***OP640 – Aperto do conjunto bujão do óleo e anilha na OP630***

Na OP630, ao realizar o aperto manual, o PY de detecção do *arret-gaine* correto é desativado. Assim, propõe-se o controlo visual com marcação na OP650, pelo operador.

#### **4.5.1. Documentação dos Modos Alternativos**

Após analisar a garantia de qualidade de cada modo alternativo e realização das devidas alterações para que essa garantia exista (caso não se tenha verificado nos vários testes e análises), estão prontos a serem formalizados.

Segundo informação interna da Renault (2009), a folha de operação *standard* foi criada como uma ferramenta destinada ao chefe de linha para:

- . Estabelecer os melhores *standards*;
- . Ensiná-los aos seus colaboradores;
- . Velar pela sua boa aplicação observando as operações;
- . Melhorá-los.

Ela deve ser elaborada com o fim de ser utilizada diariamente, devendo ser constantemente melhorada.

As Folhas de Operação *Standard* Procedimento aplicam-se a toda a operação que se realiza esporadicamente. São normalmente efetuadas num tempo



relativamente longo, novas no decurso da qual o procedimento será definido durante as primeiras execuções das operações.

Dada esta definição, em reunião com os quadros do *Atelier* foi definido que a formalização dos modos operatórios alternativos se deveria fazer através de FOS Procedimento. Cada modo operatório dará origem a uma FOS Procedimento Renault, a qual os operadores terão que recorrer para se prepararem para realizar o modo degradado. Esta folha poderá fazer referência à FOS Análise do posto, em situações em que o modo alternativo seja muito semelhante aos modos normais de produção. A FOS Análise aplica-se a toda a operação que implique os mesmos movimentos com a mesma duração e num determinado ciclo, que facilmente se *standardize*, mesmo nos movimentos mais pequenos, os movimentos são controlados em minutos ou centésimos de minuto, mesmo para as operações quotidianas, e a que dificilmente se pode ensinar sem *standardizar* os seus movimentos mais pequenos. Ou seja, todos os modos operatórios normais possuem uma FOS Análise.

As FOS Procedimento foram elaboradas, impressas e colocadas perto da linha no local específico para este tipo de documentos, disponíveis para a consulta por partes dos operadores e outras partes interessadas. O Anexo IV representa um exemplo de uma destas folhas *standard*.

#### **4.5.2. Matrix Quality Assurance (MQA) dos Modos Alternativos**

A matriz de garantia de qualidade dos modos alternativos foi construída de acordo com o *standard* do grupo Renault e com base na MQA dos modos operatórios normais.

Em cada operação, foram analisados todos os meios de controlo e identificados os que se inativam aquando da ativação de cada modo alternativo. Para as operações cuja garantia é suprimida, é necessária a aplicação de novos meios de controlo ligados ao programa dos modos alternativos. No Anexo III está representado o modelo da matriz QA.

#### **4.6. Plano de Vigilância dos Modos Alternativos**

Em função dos níveis de garantia da qualidade indicados na MQA, será também necessária a adaptação do plano de vigilância das caixas de velocidades. O

grupo Renault possui *standardizado* um plano de vigilância a quatro níveis, designado por PS4N, que se refere aos controlos e especificações que cada produto terá que cumprir. Os quatro níveis dizem respeito ao controlo efetuado pelos operadores de linha (nível 1), aos chefes de linha (nível 2), aos responsáveis da qualidade do *atelier* em causa (nível 3) e aos denominados deméritos (nível 4), que são equipas que retiram aleatoriamente uma caixa de velocidades por semana e analisam controlando todos os modos de falha.

Foi elaborado o plano de vigilância dos modos alternativos. Neste plano estão incluídas todos os parâmetros que necessitam de controlo. Na Tabela 7 não estão descritas todas as operações, pois nem todos os MA possuem operações de controlo necessário.

Tabela 7 - Plano de vigilância dos modos alternativos.

<b>Plano de Vigilância L2 - Modos Alternativos</b>					
<b>OP</b>	<b>Parâmetro a controlar</b>	<b>Meio</b>	<b>Frequência</b>	<b>Nível</b>	<b>Obs</b>
210	Cota rolamento AP	Montagem de controlo	1ª palete em MA	1	Controlo aplicado na Op400
320	Binário aperto módulo de comando	Visual	1ª palete em MA	1	
440	Boa trajetória, continuidade do cordão, largura do cordão	Visual	100%	1	
505	Volume de <i>loctite</i>	Visual	100%	1	Aprox. 2 gotas
507	Lubrificação manual de massa e óleo	Visual	100%	1	Aprox. 2 porções
510	Binários de aperto (tampa 5ªv. + anel de elevação)	Visual	1ª palete em MA	1	
600	Boa gravação	Visual - espelho	100%	1	Controlo realizado na Op650
630	Binário aperto do bujão do óleo	Visual	1ª palete em MA	1	
<b>NOTA: Testar todos os Modos Alternativos 1/mês + sempre que for ativado, controlar a 1ª palete que sair em MA do posto.</b>					

#### 4.7. Análise de resultados

Após implementação das soluções, segue-se novamente a comparação da MQA dos modos normais e alternativos. Na Tabela 8 e Tabela 9, as células destacadas a vermelho dizem respeito aos modos de falha que não passam por meios de controlo suficientes que garantam a sua não ocorrência. As células a

verde são as que sofreram alterações após as soluções propostas implementadas.

Tabela 8 - Modos Alternativos de produção da caixa JR, após implementação de propostas.

MB02 – JR						
Operação	MA	Modos de falha	Importância	Nível de garantianormal	Nível de garantia em MA	NGQ - M.A.
<b>OP320 –</b> Apertodo módulo de comando (operação alternativa).	<i>(Não existem alterações ao nível de garantia de qualidade na mudança de modo normal para modo alternativo de produção)</i>					
<b>Op505 -</b> Montagem de parafuso + porca de 5ª velocidade	Colocação de loctite manual	Falta de cola no parafuso AS	B	6	4	1
		Falta de anilha freio de 5ª velocidade	A	8	8	3
<b>Op507 -</b> Aperto de parafuso, porca e contactores	Lubrificação manual (óleo ou massa)	Anel de sincronismo não oleado (AFR)	C	8	4	3
		Cola seca no furo parafuso AS	B	6	6	3
		Não Lubrificação conjunto de 5ª	B	5	3	0
		Falta de massa no anel de arrasto de 5ª	C	5	1	0
<b>Op508 -</b> Aperto do arret-gaine e anel de elevação	Apertos manuais na Op510 e na Op620	CED-357-RECY N/C ao tipo	A	16	11	6
		Anel de elevação N/C ao tipo	C	3	3	2
		Troca de <i>arret-gaine</i>	A	10	0	-5
		Falta do anel de elevação	C	10	5	4
		Falta de esquadro de esforço	C	13	13	12
		Parafusos esquadro esforço mal apertados	B	5	5	2
		Parafusos <i>arret-gaine</i> mal	B	5	5	2

		apertados				
		Rosca de arret-gaine danificada	B	5	5	2
<b>Op600</b> - Gravação da referência e colocação de anticorit	Gravação em gravadora suplente e colocação manual da anticorit na op 620	Falta de lubrificação da AP	B	5	4	1
		Falta de gravação	C	2	2	1
<b>Op640</b> - Aperto do bujão de vazamento do óleo	Aperto manual na Op630	CSC N/C ao tipo	A	10	5	0
		Falta de eixo de taquímetro	A	15	10	5
		Defeito de aperto do bujão	A	6	5	0
		Montagem de 2 anilha do bujão do óleo	C	5	1	0
		Falta de anilha do bujão do óleo	A	5	5	0

Tabela 9 - Modos Alternativos de produção da caixa ND, após implementação de propostas.

MB02 – ND						
Operação	MA	Modos de falha	Importância (gravidade)	Nível de garantia nominal (detecção)	Nível de garantia em MA (detecção)	NGQ - M.A.
<b>OP320</b> – Apertodo módulo de comando (operação alternativa).	<i>(Não existem alterações ao nível de garantia de qualidade na mudança de modo normal para modo alternativo de produção)</i>					
<b>Op460</b> - Incertadora dos parafusos de costura automáticos	Op460 - Colocação manual dos parafusos da costura	Falta de parafusos	B	5	5	2
<b>Op508</b> - Aperto do arret-gaine e anel de elevação	Aperto manual do arret-gaine e anel de elevação na Op620	Falta de arret-gaine de passagem	B	5	5	2
		Anel de elevação N/C ao tipo	C	3	3	2
		Rosca de anel de elevação N/C	B	5	5	2
		Rosca arret-gaine N/C	B	5	5	2
		Aperto arret-gaine N/C	B	5	5	2
<b>Op640</b> - Aperto	Aperto manual do	Falta de RENIFLARD CM	B	18	13	10

automático do bujão	bujão na Op630	Arret-gaine N/C ao tipo	B	11	6	3
		Aperto do bujão N/C	A	6	6	1
		Montagem de 2 anilhas no bujão	C	11	1	0
		Falta de anilha	A	6	6	1

Através da análise às tabelas apresentadas neste tópico (Tabela 8 e Tabela 9), conclui-se que, em termos de garantia de qualidade, todos os modos alternativos pilotados estão aptos a serem utilizados. Na linha correspondente à célula destacada a vermelho, referente ao modo de falha “Troca do *arret-gaine*”, uma vez que este modo de falha não está garantido em modo de produção alternativa, é obrigatória a presença da equipa de qualidade para assegurar a conformidade do produto.

No que diz respeito às alterações identificadas no modo de falha “Anel de elevação N/C ao tipo”, estas estão descritas no tópico 4.8 deste estudo de caso.

#### 4.7.1. Cálculo do nível global de garantia da qualidade

O Nível Global de Garantia de Qualidade (NGGQ) foi empregado neste estudo de caso com o fim de encontrar um modo de avaliação da garantia de qualidade da linha de montagem, ou seja, é útil para analisar onde se posiciona o processo em estudo em termos de qualidade. Este parâmetro calcula-se através da Equação 9 e é dado pela relação entre a quantidade de modos de falha garantidos e a quantidade total de modos de falha, na MQA.

$$NGGQ = \frac{\text{Modos de falha OK}}{\text{Modos de falha}(Ok + NG)} \times 100$$

*Equação 9 – Fórmula de cálculo do Nível Global de Garantia de Qualidade.*

Após implementação dos modos alternativos é possível fazer uma análise comparativa de perdas por avarias antes e depois da sua implementação. Tal como se verifica no Gráfico 10, apesar do total das perdas aumentar cerca de 50%, as perdas por avarias reduziram significativamente.

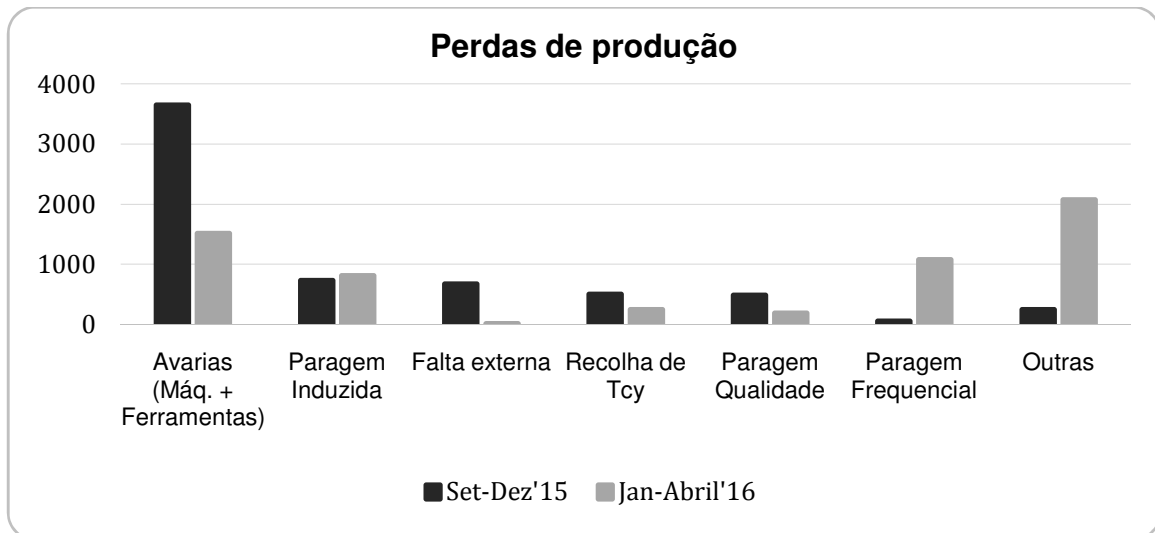


Gráfico 10 – Comparação de perdas totais de produção nos períodos 1-09-2015 a 31-12-2015 com 1-01-2016 a 31-04-2016.

No que diz respeito à percentagem de modos alternativos planeados, foi conseguido planear e executar mais 13% do que o objetivo delineado no tópico introdutório referente aos objetivos do problema. Isto é, a percentagem de postos com modo alternativo na linha de montagem estudada é agora de 35%.

Esta ação contribuiu para a diminuição de 32% de perdas geradas por avarias. Como se verifica no Gráfico 10, nos dados referentes aos meses de 2015 as perdas representam 58% do total. Nos dados recolhidos em 2016, as perdas geradas por avarias passam a representar 26% das perdas totais.

Com a pilotagem dos modos alternativos, notou-se mais reatividade das pessoas envolvidas aquando uma avaria. Mesmo que não seja do conhecimento de todos, basta fazer uma consulta rápida às folhas de operação standard afixadas no bordo de linha e seguir o procedimento. Os modos alternativos não resolvem as avarias nem permitem que a produção avance com 100% de normalidade, mas permitem continuar a produção com os recursos disponíveis.

A FMEA é considerada uma das ferramentas mais importantes na empresa, uma vez que permite que haja controlo de garantia de qualidade de uma forma eficaz e de rápida consulta. Já existindo para os modos normais de produção, a FMEA dos modos alternativos presente neste projeto foi construída com base nos critérios existentes na denominada MQA.

Comparando também a garantia de qualidade das MQA dos modos operatórios normais e alternativos, através dos Gráficos 11 e 12, verifica-se que a diminuição de eficiência não se considera significativa.

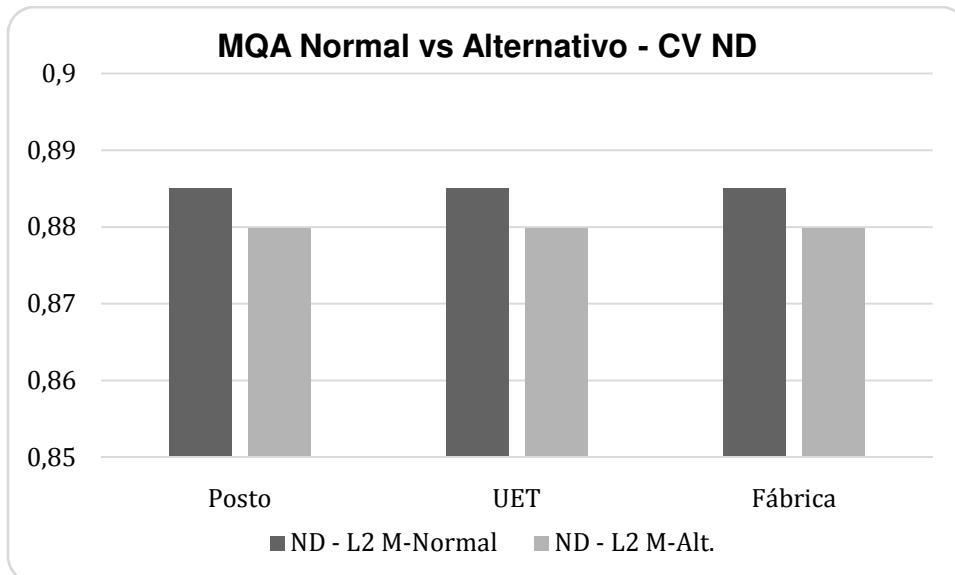


Gráfico 11 - Comparação do nível global de garantia de qualidade em produção normal e alternativa para a CV ND.

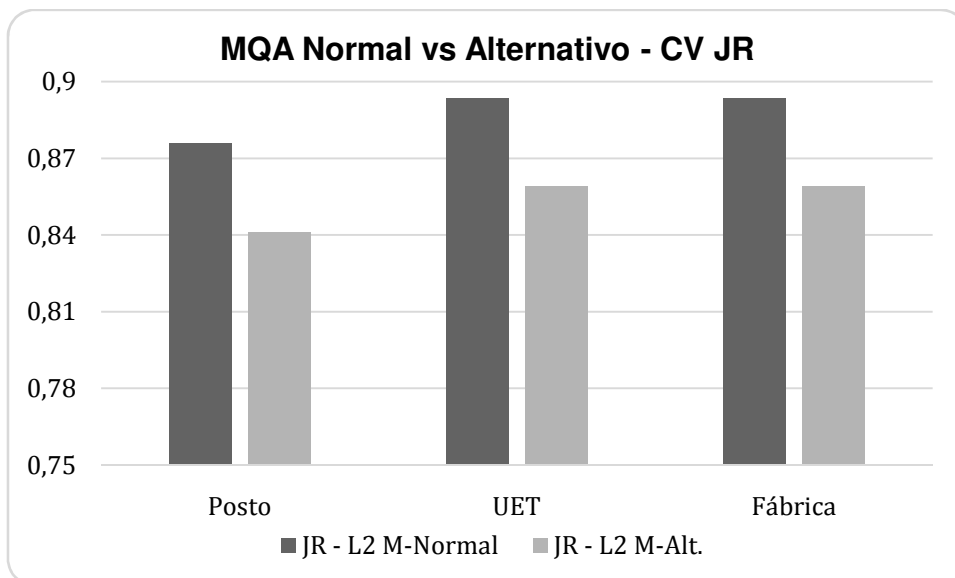


Gráfico 12 – Comparação do nível global de garantia de qualidade em produção normal e alternativa para a CV JR.

#### 4.8. Outras atividades realizadas

Como foi necessário analisar a MQA dos modos normais de produção, foram verificadas algumas falhas. Nos seguintes tópicos estão descritas as anomalias detetadas:

- . A garantia de conformidade ao tipo do anel de elevação da CV ND e respetivo parafuso estava apontada na Op508, no entanto, após realizar o teste, verificou-se que não é alertado defeito nesta operação, mas sim no banco de ensaios, uma vez que não permite o ensaio da CV. Este modo de falha (“Anel de elevação N/C ao tipo”) não estava presente na MQA da caixa JR. Foi testado e verificou-se que não é detetado ao longo da linha, situação considerada grave, uma vez que causa impossibilidade de montagem para o cliente - fábrica;
- . O modo de falha da falta de *anticorit* na OP600 estava em falta na MQA, no entanto não é uma situação grave uma vez que está garantido em termos de qualidade;
- . Detecção de erro de pontuação de deteção na OP600 de gravação da CV: estavam estipulados 3 pontos para o controlo visual, e, segundo as regras (Matriz QA), este tipo de controlo equivale a apenas 1 ponto. Sendo assim, esta situação não se encontra garantida na MQA dos modos operatórios normais, dado que a gravidade é de B (equivale a 3 pontos) e a deteção apenas soma 2 pontos (duas vezes controlo visual pelo operador);
- . O índice de gravidade do modo de falha “Falta de cola no parafuso da AS” estava classificado com A na linha 3 e com B na linha 2 de montagem, o que demonstra incoerência. Após análise, esta classificação foi uniformizada para B (3 pontos);
- . Para o modo de falha “Caixa diferencial trocada”, estava a operação de controlo “deteção de zipagem da etiqueta” a valer 1 ponto, o que não estava de acordo com os requisitos. Passou-se assim para o símbolo representante dos 5 pontos.



Os seguintes gráficos representam a evolução do nível de garantia global de janeiro de 2015 a março de 2016, calculado através da MQA dos modos normais de produção.

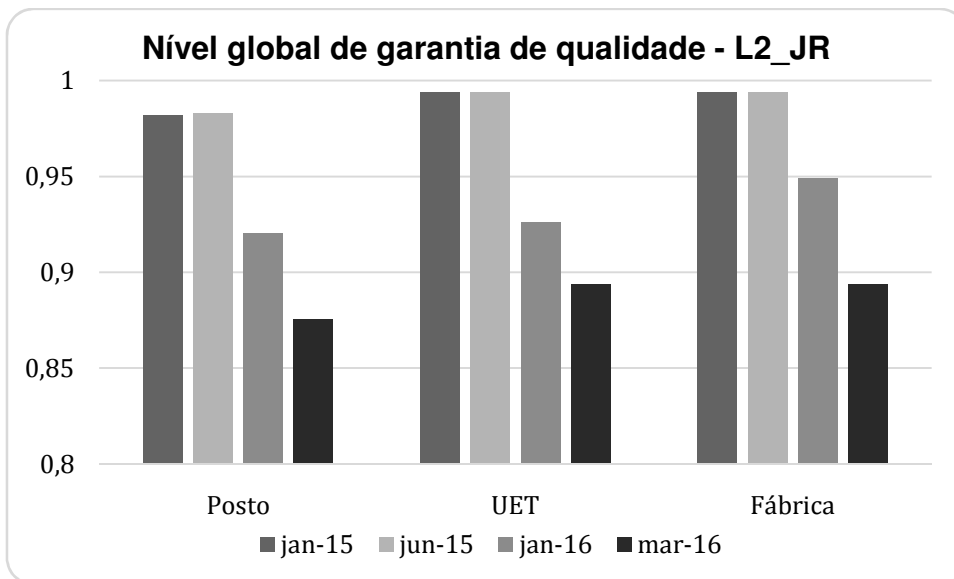


Gráfico 13 – Evolução da garantia de qualidade da CV JR.

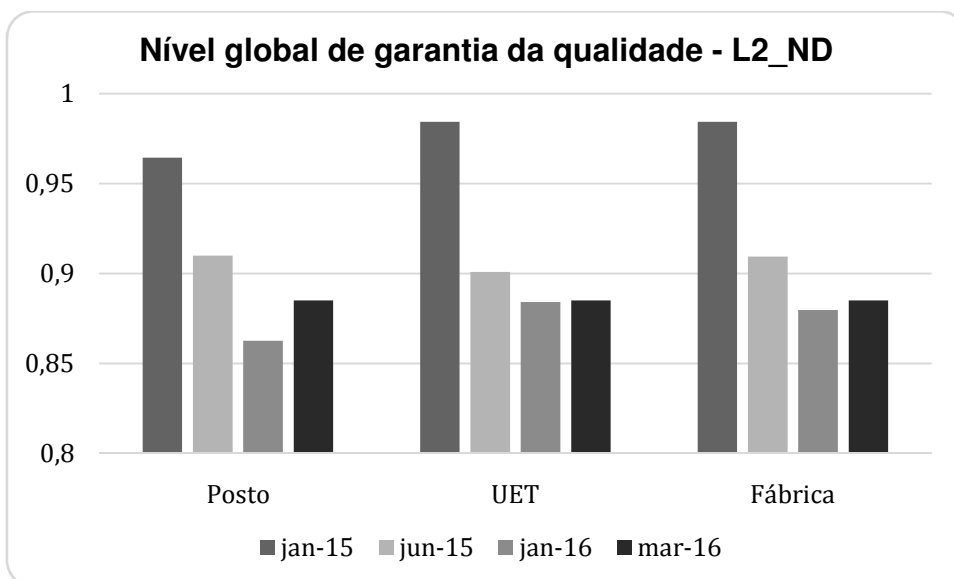


Gráfico 14 - Evolução da garantia de qualidade da CV ND.

De acordo com a análise à evolução de garantia de qualidade, presente nos Gráficos 13 e 14, verifica-se uma diminuição de garantia de qualidade em janeiro de 2016. Esta redução deve-se à adição de modos de falha que não estavam presentes na MQA, aos meios de controlo mal cotados e à atribuição de criticidades em desacordo com as normas estipuladas.

## 5. Conclusões

Para a Renault CACIA, o presente estudo de caso contribuiu para alcançar a otimização pretendida da linha de montagem através das metodologias empregadas, uma vez que, de uma forma organizada, permitem não só otimizar os processos, como também mantê-los para serem geridos e atualizados continuamente.

Na análise dos resultados é necessário ter em conta que os objetivos foram traçados para o final de 2016 e todas as melhorias implementadas até ao final do desenvolvimento e implementação deste trabalho, contribuirão para o alcance dos mesmos.

Das metas traçadas referidas na introdução, existem algumas para as quais este estudo não teve contribuição, que é o caso do “aumento de cobertura MOD com análise VA/NVA”, “supressão total das operações de controlo manuais” e o “aumento da taxa de automatização”. Além destes três objetivos se afastarem um pouco dos dois grandes temas deste trabalho, as limitações de tempo do estágio foi obstáculo para atingir melhorias a estes níveis.

Para que existisse mais rigor nos componentes aqui estudados, deveriam ser considerados todos os recursos, diretos e indiretos à linha de montagem, como por exemplo, os abastecimentos.

O projeto enfrentou algumas limitações em diversos aspetos ao longo do tempo, sendo o principal obstáculo a limitação de orçamento para a implementação de todas as oportunidades de melhoria sugeridas, tanto para a otimização de tempo de ciclo como para a pilotagem dos modos alternativos de produção.

Na elaboração deste projeto, a comunicação com todos os envolventes da linha de montagem, de operadores a engenheiros, foi fundamental, uma vez que foi necessário obter informações específicas do histórico da linha.

Para a aprendizagem das metodologias lecionadas ao longo do curso, é fundamental a abordagem a um estudo de caso deste tipo para que sejam desenvolvidos conhecimentos e inovações da aplicação de cada uma das ferramentas, pois desta forma o autor do projeto tem assim a oportunidade de contribuir para mais um exemplo de aplicação prática de metodologias de otimização de linhas de montagem referidas e apresentadas na literatura.

## 5.1. Trabalhos futuros

É de todo exequível a continuação do projeto em estudo, devendo tratar-se de uma melhoria contínua.

Futuramente, seria interessante a elaboração de uma simulação da linha montagem, executada num dos *softwares* próprios de simulação, como por exemplo o *Arena Software*. A simulação seria uma ferramenta importante uma vez que, além de poder ter uma visão geral e ao mesmo tempo focada de todo o processo, tinha-se também a percepção de todos os recursos ao mesmo tempo, como por exemplo, os abastecimentos, as falhas em cada operação, o tempo de ciclo de cada uma, entre outros. A simulação serviria também para analisar possíveis melhorias aos objetivos mencionados na conclusão dos quais este estudo não contribuiu.

O processo deve ser visto como um conjunto de variáveis, simples de observar para uma conseqüente análise eficaz dos possíveis problemas e possíveis oportunidades de melhoria.

## Referências Bibliográficas


- Apel, W., Yong Li, J., & Walton, V. (2007). Value Stream Mapping for Lean Manufacturing Implementation, 1–56.
- Breyfogle, F. W. (2003). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods. Technometrics* (Vol. 42).
- Corbel, J. C. (2003). *Les outils qualité. Management de projet*.
- Duret, D., & Pillet, M. (2005). Qualité en Production. In *Qualité en Production* (3rd ed., pp. 193–214). Paris.
- Faria, M., Brasil, M., Lu, E. P., Orientador, C. O., Pedro, E. R., & Faculdade, A. (2011). Aplicação da Metodologia Lean na Área de Linhas de Montagem na GE Power Controls Portugal.
- Feg-unesp, D. C. D. A. (2008). Fmea De Processo : Uma Proposta De Aplicação Baseada Nos Conceitos Da Iso 9001 : 2000. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*.
- Fonseca, M. (2006). Metodologia Fmea E Sua Aplicação. *Analysis*, 1–12.
- Garcia, M. D. (2000). Uso Integrado Das Técnicas De Haccp, Cep E Fmea.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). Mapping Tools. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(1), 46–64.
- Hirano, H. (2012). *JIT Implementation Manual -- The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing: Volume 6 -- JIT Implementation Forms and Charts*.
- Jones, D., & Womack, J. (2000). *Seeing the Whole: Mapping the Extended Value Stream*. Lean Enterprise Institute.
- Jones, Daniel; Womack, J. (1996). *Lean Thinking*.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook*. (5, Ed.).
- Kaizen Institute. (2013). *Office Standard Work*.
- Kasparian, H. (2009). *Standardização no Posto de Trabalho*. Manual Interno Renault.
- Kirchner, M. (2010). *The Kaizen Event. Products Finishing* (Vol. 74).
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*.
- Lolli, F., Ishizaka, A., Gamberini, R., Rimini, B., & Messori, M. (2015). FlowSort-GDSS – A novel group multi-criteria decision support system for sorting problems with application to FMEA. *Expert Systems with Applications*, 42(17-18), 6342–6349.

- Mansir, B. B., & Schacht, N. R. (1989). TQM: A guide to implementation.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean: a filosofia das organizações vencedoras*.(Lidel, Ed.). Lisboa.
- Rother, M. (2010). *Toyota KATA*.
- Slack, N., & Johnston, R. (2007). *Operations Management*.
- Somsuk, N., & Pongpanich, P. (2008). The application of FMEA in defect reduction for the spindle motor assembly process for hard disk drives. *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology, ICMIT*, 704–709.
- Valillo, R. (2005). O Aumento da Produtividade com o uso do Value Stream Mapping.
- Vinodh, S., & Santhosh, D. (2012). Application of FMEA to an automotive leaf spring manufacturing organization. *The TQM Journal*, 24(3), 260–274.

## **Anexos**

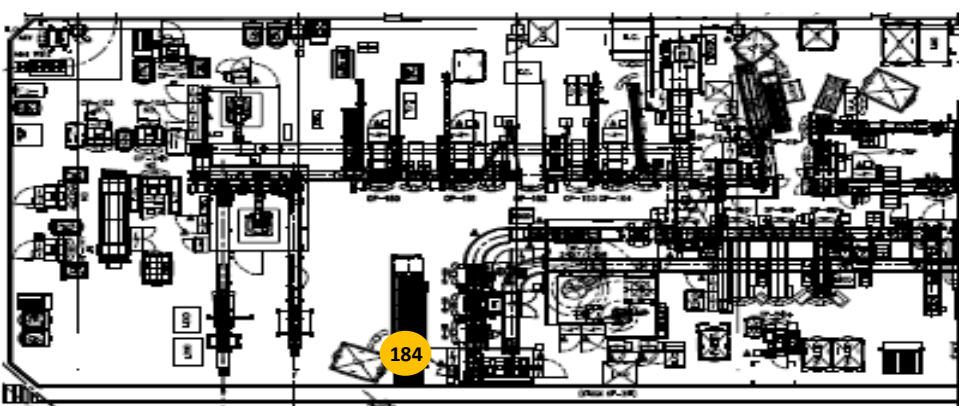
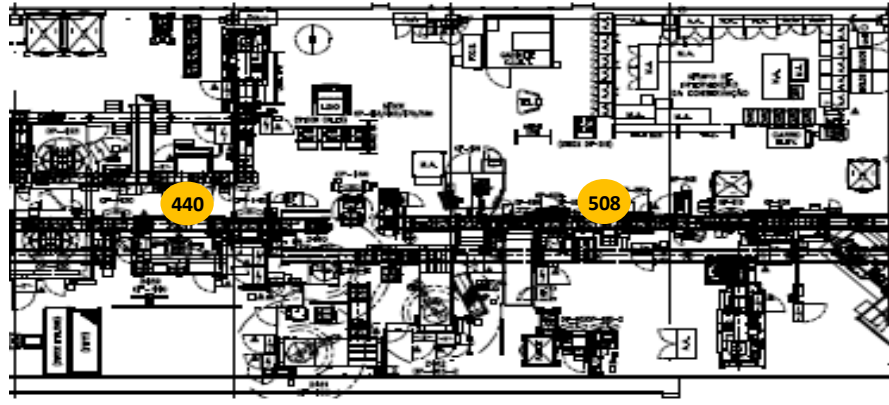
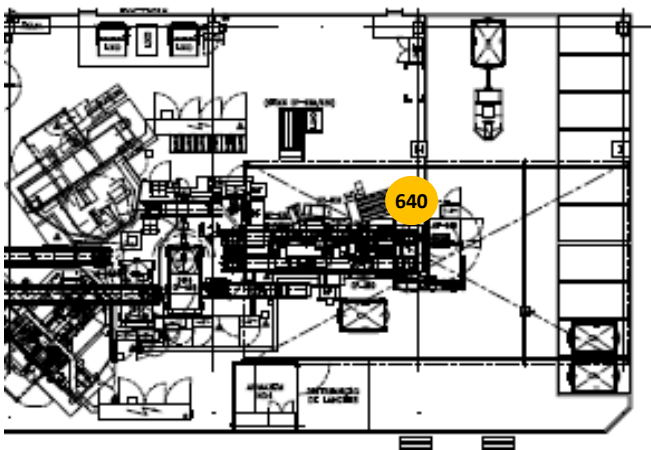


# Anexo I. Cartografias modos alternativos – Caixa ND



## ESTADO DE REFERENCIA 5S

<b>Zona : MB02 - Caixa ND</b>		N	1	2	3	4	5	6	7
	Data de modificação	09-12-2015							
<b>Modos Alternativos de Produção</b>	Validado por:	JT							
		Chefe UET	1						
			2						
			3						
Função suporte									

Operação	M.A.
184	Configuração manual dos adaptadores (documentada)
440	Colocação do cordão Threebond manual (documentado)
508	Aperto na Op 510
640	Aperto manual do bujão na Op 630



# Anexo II. Cartografias modos alternativos – Caixa JR



## ESTADO DE REFERENCIA 5S

<b>Zona : MB02 - Caixa JR</b>		N	1	2	3	4	5	6	7
	Data de modificação	09-12-2015							
<b>Modos Alternativos de Produção</b>	Validado por:	JT							
		Chefe UET	1						
			2						
		3							
Função suporte									






Operação	M.A.
184	Configuração manual dos adaptadores (documentada)
205	Prensagem na Op 210
175	Transporte diff manual
440	Colocação do cordão Threebond manual (documentado)
505	Colocação da loctite manual
508	Aperto na Op 510
600	Gravação na gravadora "suplente"
640	Aperto manual do bujão na Op 630



# Anexo IV. FOS Procedimento

FOP nº		FOS	Tempo para aprendizagem	FOLHA DE OPERAÇÃO STANDARD		Página 1/1							
Nome do processo (Nome da operação)		OP640 (JR) - MB02 - Aperto manual do bujão do óleo.		(PROCEDIMENTO)									
Equipamento protecção individual (E.P.I.)				Tempo total das etapas		Data de modificação							
Ferramentas utilizadas				min		Validado por							
Componentes utilizados (ref.)				Licença e/ou Qualificações		Chefe ATÉLIER							
						Equipa							
						Equipa							
						Equipa							
						Equipa							
						Equipa							
Nº	Etapa principal	Tempo	Ponto chave	Razão do ponto chave. Desenho explicativo. Regras operativas e outras.									
	O630 - Aperto manual do bujão e anilha.												
1	Solicitar intervenção da equipa de manutenção para ativação do modo alternativo: Garantir linha sem paletes a partir de imediatamente antes da OP630 até à OP640 e, no armário da OP620/630, rodar a chave da posição OP640 para a OP630 (figura).												
3	Pegar com a mão esquerda, na chave de aperto do bujão, de seguida pegar com a mão direita, num bujão e colocá-lo na chave.												
4	Rodar a paleta 180º no sentido dos ponteiros do relógio.												
5	Pegar, com a mão direita, numa anilha de bujão e introduzi-la no bujão, de seguida apontar o conjunto (bujão + anilha) no furo do carter de mecanismo.		1) apontar o conjunto (* Fuga de óleo)										
6	Pegar, com ambas as mãos, na aparafusadora, encaixá-la na chave de aperto do bujão e apertar o bujão até que a luz verde da aparafusadora acenda, de seguida retirar com a mão direita, a chave de aperto do bujão da aparafusadora e colocá-la no respectivo suporte.												
7	Rodar novamente a paleta 180º no sentido dos ponteiros do relógio e pressionar a botoneira verde.												
8	Pressionar botoneira verde.												
9	Voltar ao ponto 3.												
10	Para desativar o modo alternativo, garantir posto livre de paletes e solicitar novamente a equipa de manutenção para colocar a chave do armário elétrico na posição inicial (OP630).												
O que é interdito e porquê. (Explicação dos possíveis problemas ou defeitos)		TOTAL	min	Como tratar as anomalias Items ou notas explicativas									

## Anexo V. Folha de Teste dos Modos Alternativos

 <p style="text-align: center;"><b>REGISTO MENSAL</b> <b>VERIFICAÇÃO MODOS ALTERNATIVOS</b></p>						
<b>RENAULT CACIA</b>						
<b>UET - 3590</b>						
<p><b>Modo Alternativo a verificar:</b> Golpilhagem do Módulo de comando</p> <p><b>AT5 - OP300</b></p>						
<b>Mês</b>	<b>Data</b>	<b>Equipa</b>	<b>Rubrica</b>	<b>Conf</b>	<b>NC</b>	<b>Observações</b>
Janeiro						
Fevereiro						
Março						
Abril						
Maio						
Junho						
Julho						
Agosto						
Setembro						
Outubro						
Novembro						
Dezembro						