



**INÊS MARQUES
RIBEIRO**

**MELHORIA DA DISPONIBILIDADE DE UMA LINHA
DE PRODUÇÃO ATRAVÉS DA METODOLOGIA TPM**



**INÊS MARQUES
RIBEIRO**

**MELHORIA DA DISPONIBILIDADE DE UMA LINHA
DE PRODUÇÃO ATRAVÉS DA METODOLOGIA TPM**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor João Carlos de Oliveira Matias, Professor Catedrático do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro e sob coorientação do Doutor Radu Godina, Investigador Pós-Doutoramento do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais. Sem a ajuda e o apoio deles não teria chegado até onde estou hoje.

o júri

Presidente

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira
professor associado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor João Paulo da Silva Catalão
professor associado com agregação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Agradeço à Renault Cacia pela oportunidade que me deu em realizar o estágio curricular, contribuindo para o meu crescimento e aprendizagem, quer a nível pessoal como profissional.

Ao meu orientador na Renault Cacia, o Engenheiro Eduardo Rodrigues, pelo seu profissionalismo, pela paciência e pela transmissão de conhecimentos essenciais para o sucesso deste projeto.

A todos os colaboradores da Renault Cacia, em especial, ao Ricardo Gama e ao Pedro César pelo apoio na minha integração na fábrica e pela motivação e ajuda diária que me deram.

Ao meu orientador da Universidade de Aveiro, o Professor Doutor João Matias, pela disponibilidade, pela simpatia e pelo profissionalismo. Também agradeço ao meu coorientador, o Investigador Doutor Radu Godina, pela ajuda e pelo acompanhamento na realização do projeto.

A todos os meus amigos que me deram força e motivação nos dias menos bons.

A toda a minha família pelo esforço que fizeram ao longo destes cinco anos.

palavras-chave

Total Productive Maintenance (TPM); Lean Maintenance; Disponibilidade; Fiabilidade; Manutibilidade

Resumo

O presente projeto foi desenvolvido na Renault Cacia e teve como objetivo a melhoria da disponibilidade de uma linha de produção crítica através da metodologia TPM e apoiada por ferramentas do *Lean Maintenance*. Para tal, foi realizada uma análise à situação inicial da linha onde foram identificados os principais problemas. Em resposta aos problemas encontrados foi desenvolvido e implementado um plano de ações: utilização da ferramenta dos 5 porquês de modo a encontrar a causa raiz do número elevado de avarias num dos equipamentos da linha, a revisão do Plano de Manutenção Autónoma (PMA), a reorganização dos armários dos óleos e das peças de desgaste com a utilização dos 5S e da gestão visual, a animação do desempenho e do progresso da manutenção, assim como o desenvolvimento de um programa de formação para o aumento de competências dos operadores. Os resultados destas ações foram positivos uma vez que a linha ficou mais organizada, os operadores começaram a perceber que são fundamentais para o sucesso da linha de produção, o valor do MTBF aumentou, o valor do MTTR diminuiu e, conseqüentemente, a disponibilidade aumentou.

Keywords

Total Productive Maintenance (TPM); Lean Maintenance; Availability; Reliability; Maintainability

Abstract

This project was developed at Renault Cacia and it had the objective of improving the availability of a critical production line through TPM methodology and Lean Maintenance tools. For this reason, an analysis was made of the initial state of the line in which the main problems were identified. In response to the problems found an action plan was developed and implemented, in which was proposed the use of the 5 whys tool in order to find the root cause of the high number of faults in one of the line equipment, the revision of the Autonomous Maintenance Plan, the reorganization of the oil and machine parts cabinets with 5S and visual management, creation of a maintenance support dashboard and development of a training program to increase operator skills. The results of these actions ended to be quite positive. The line became more organized, operators began to realize that they are a key for the success of the production line, the value of MTBF increased, MTTR value decreased and thus, consequently, the availability increased.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	3
1.4. Estrutura do trabalho	4
2. Apresentação do problema.....	7
2.1. Grupo Renault	7
2.2. Renault Cacia	8
2.2.1. Produtos.....	9
2.3. A manutenção na Renault Cacia	11
2.3.1. Ordem de trabalho - OT.....	13
2.3.2. Plano de manutenção preventiva - PMP.....	14
2.3.3. Planificação das ações de manutenção.....	17
2.4. TPM na Renault Cacia.....	17
2.4.1. Indicador de eficiência.....	18
2.5. Escolha da linha de produção para o desenvolvimento do projeto.....	20
2.6. Linha de produção do cárter intermédio.....	21
2.6.1. Maquinação do cárter intermédio.....	23
3. Revisão da literatura.....	25
3.1. Manutenção Industrial	25
3.1.1. Evolução histórica	25
3.1.2. A função manutenção.....	25
3.1.3. Tipos de manutenção	26
3.1.4. Níveis de manutenção	27
3.2. Gestão da manutenção	28

3.2.1.	Indicadores de desempenho	30
3.3.	<i>Total Productive Maintenance</i> - TPM	31
3.3.1.	<i>Overall Equipment Efficiency</i> – OEE	33
3.3.2.	Seis grandes perdas	34
3.3.3.	Os pilares do TPM	35
3.4.	Lean Maintenance.....	39
3.4.1.	Ciclo PDCA	39
3.4.2.	5 Porquês.....	40
3.4.3.	5W2H.....	41
3.4.4.	Gestão Visual.....	42
4.	Análise da situação inicial	45
4.1.	Rendimento Operacional - RO	45
4.2.	Indicadores de desempenho da manutenção.....	46
4.2.1.	Fiabilidade.....	46
4.2.2.	Manutibilidade	47
4.2.3.	Disponibilidade.....	48
4.3.	Perdas.....	49
4.3.1.	Equipamentos mais penalizantes	50
4.4.	Plano de manutenção autónoma (PMA).....	53
4.5.	Material de apoio à manutenção	56
4.5.1.	Armário dos óleos desorganizado	56
4.5.2.	Armário das peças de desgaste desorganizado	57
4.6.	Comunicação entre a fabricação e a manutenção.....	57
4.7.	Nível de competências dos operadores da linha	58
5.	Apresentação e implementação de propostas de melhoria	61
5.1.	Utilização da ferramenta dos 5 porquês para diminuir o número de avarias devido à queda das ferramentas	61
5.2.	Revisão do plano de manutenção autónoma (PMA)	63

5.3.	Organização do armário dos óleos	65
5.4.	Organização do armário das peças de desgaste	66
5.5.	Animação do desempenho e do progresso.....	67
5.5.1.	<i>Chantier</i> de Fiabilização <i>Lean</i>	67
5.6.	Programa de formação de aumento de competências	70
6.	Análise dos resultados obtidos	71
6.1.	5 Porquês	71
6.2.	Revisão do PMA	72
6.3.	Material de apoio à manutenção.....	74
6.4.	Animação do desempenho e do progresso.....	74
6.5.	Desempenho da manutenção.....	75
7.	Conclusão.....	79
7.1.	Considerações finais e limitações.....	79
7.2.	Trabalho futuro	81
7.3.	Trabalhos resultantes deste relatório de projeto	81
	Referências bibliográficas.....	83
	Anexos	91
	Anexo A – Exemplo de um pictograma do PMA	92
	Anexo B – Folha <i>standard</i> do PMA na Renault Cacia	93
	Anexo C – Folha de registo do PMA	94
	Anexo D – Etiquetas DCA	95
	Anexo E – Exemplo de um quadro de etiquetas DCA	96
	Anexo F – Folha <i>standard</i> do PMP na Renault Cacia.....	97
	Anexo G – Os 10 básicos da manutenção programada	98
	Anexo H – Folha de preparação da paragem programada.....	100
	Anexo I – Mapa com a localização da linha do cárter intermédio	101
	Anexo J – Principais subconjuntos da máquina 2100.....	102

Anexo K – PMA da máquina 2100 antes de ser revisto	103
Anexo L – PMA da máquina 2100 atualizado	104

Lista de figuras

Figura 1 - Ciclo da Investigação-Ação	3
Figura 2 - Vista aérea da Renault Cacia	8
Figura 3 - Caixas de velocidade a) JR e b) ND	9
Figura 4 - Distribuição dos ateliês pela fábrica.....	10
Figura 5 - Organigrama de um grupo de manutenção.....	12
Figura 6 - Diagrama de tempos	19
Figura 7 - Distribuição das avarias pelas tecnologias dos equipamentos (Nºav) – (entre junho e novembro de 2017)	21
Figura 8 - Cárter intermédio a) em bruto e b) pronto para expedição.....	22
Figura 9 - Exemplo de uma máquina da linha da a) tecnologia 5 e b) tecnologia 1	24
Figura 10 - Tipos de manutenção	27
Figura 11 - Estrutura para a gestão da manutenção	29
Figura 12 - Relação entre as 6 perdas e o OEE.....	35
Figura 13 - Os 8 pilares do TPM.....	35
Figura 14 - Ciclo PDCA.....	40
Figura 15 – RO da maquinação do cárter intermédio (%) – (2017)	45
Figura 16 - Desvio-padrão do RO real em relação ao RO objetivo.....	46
Figura 17 – MTBF dos equipamentos da maquinação do cárter intermédio (hrs) – (2017)	47
Figura 18 – MTTR dos equipamentos da maquinação do cárter intermédio (hrs) – (2017)	48
Figura 19 – Disponibilidade dos equipamentos da maquinação do cárter intermédio (%) – (2017)	49
Figura 20 – Distribuição das perdas (entre agosto e dezembro de 2017)	50
Figura 21 – Distribuição da perda “Avaria Máquina”- (agosto e dezembro de 2017).....	50
Figura 22 - Avarias ocorridas nos subconjuntos da máquina 2100 – (entre 2016 e 2017)	52

Figura 23 - Avarias no armazém das ferramentas da máquina 2100 (%) – (entre 2016 e 2017).....	52
Figura 24 - Avarias na árvore da máquina 2100 (%) – (entre 2016 e 2017).....	53
Figura 25 - Carga horário do PMA.....	54
Figura 26 - Distribuição da carga do PMA consoante o estado da máquina	54
Figura 27 - Anomalias identificadas a) botão de emergência sem a correta identificação e etiqueta do PMA desgastada; b) falta de gestão visual no manómetro; c) falta do amostrador de temperatura	55
Figura 28 - Armário dos óleos desorganizado	56
Figura 29 - Situação encontrada no armário das peças de desgaste	57
Figura 30 - Aplicação dos 5 porquês	62
Figura 31 - Anomalias tratadas a) aplicação de gestão visual no manómetro; b) colocação de novas etiquetas do PMA e identificação correta do botão de emergência; c) colocação do mostrador de temperatura	65
Figura 32 - O depois do armário dos óleos.....	65
Figura 33 - O depois do armário das peças de desgaste.....	66
Figura 34 - Ficha de Inspeção (5W+2H).....	68
Figura 35 - Folha de registo das DCA	68
Figura 36 - <i>Chantier</i> de Fiabilização <i>Lean</i>	69
Figura 37 - Comparação da carga do PMA antigo e do revisto.....	73
Figura 38 – Comparação da carga (%) do PMA tendo em consideração o estado da máquina 2100	73
Figura 39 - Evolução do RO (%) na maquinação do cárter intermédio	76
Figura 40 - Evolução das perdas do RO (N-RO) (%).....	77
Figura 41 - Distribuição da perda "Avaria Máquina" – (entre janeiro e março de 2018) ...	78

Lista de tabelas

Tabela 1 - Equipamentos e respectivas operações	23
Tabela 2 - Exemplo de questões de verificação dos 5W2H	42
Tabela 3 - Comparação do MTBF, MTTR e Disponibilidade	76

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

5W2H – *Who, what, where, when, why, how, how much*

AFNOR – Associação Francesa de Normalização

APW – *Alliance Production Way*

AT – Ateliê

CA – Chefe de serviço

CUET – Chefe de Unidade Elementar de Trabalho

DCA – Detecção e Correção de Anomalias

Do – Disponibilidade Operacional

FOS – Folha de Operação *Standard*

GMAO – Gestão da Manutenção Assistida por Computador

JIPE – Japan *Institute of Plant Engineers*

JIPM – Japan *Institute of Plant Engineers*

JIT – *Just in Time*

LM – *Lean Maintenance*

MP – Manutenção Preventiva

MPC – Manutenção Preventiva Condicionada

MPS – Manutenção Preventiva Sistemática

MTBF – *Mean Time between Failures*

MTTR – *Mean Time to Repair*

MWT – *Mean Waiting Time*

N-RO – Não Rendimento Operacional

OEE – *Overall Equipment Efficiency*

OP – Operação

OT – Ordem de Trabalho

PBF – Peças Boas Fabricadas

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

PMA – Plano de Manutenção Autónoma

PMP – Plano de Manutenção Preventiva

PMPro – Plano de Manutenção Profissional

RO – Rendimento Operacional

Rv – Rendimento de Velocidade

SPR – Sistema de Produção Renault

TA – Tempo Afetado

TBF – Tempo de Bom Funcionamento

TF – Tempo de Funcionamento

TNA – Tempo Não afetado

TPM – Total Productive Maintenance

TPS – *Toyota Production System*

Tq – Taxa de qualidade

UET – Unidade Elementar de Trabalho

1. Introdução

Este capítulo tem como objetivo contextualizar e definir os objetivos do presente projeto desenvolvido na fábrica Renault Cacia, no departamento de manutenção, no âmbito do estágio curricular do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, da Universidade de Aveiro.

1.1. Contextualização

O mercado global, cada vez mais competitivo, exige o aumento da disponibilidade e da fiabilidade dos equipamentos. As atividades de manutenção dos equipamentos, assim como outras atividades que contribuam para a sua eficiência, disponibilidade e fiabilidade são cada vez mais importantes pois têm um impacto direto sobre a qualidade, custo e entrega dos produtos ou serviços (Bakri, Rahim, Yusof, & Ahmad, 2012). Posto isto, é de extrema importância a melhoria da qualidade e da capacidade de resposta do departamento de manutenção de uma organização (Kumar Gupta & Garg, 2012).

Apesar de, durante muitos anos, a função manutenção ter sido considerada como um mal necessário da função produtiva, hoje em dia, ela está presente na lista de sucesso de programas de redução de custos. A manutenção, como uma importante função de suporte em grandes organizações, tem como objetivo preservar o adequado funcionamento dos equipamentos de modo a que estes continuem a operar tal como foram idealizados (Tsang, 2002).

A importância das atividades de manutenção está a crescer cada vez mais e a contribuir para a fiabilidade, qualidade do produto, segurança dos equipamentos e para as boas relações interpessoais (Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2005; Tsarouhas, 2007). De acordo com um estudo realizado por Mobley (2002) em 1990, entre 15% a 40% do custo total de produção foi atribuído às atividades de manutenção. Estes custos estavam associados às equipas de manutenção, à política de manutenção existente (manutenção preventiva e corretiva), mão-de-obra e peças suplentes.

Ao longo das últimas décadas, as organizações têm utilizado diferentes abordagens para a melhoria da eficiência da função manutenção. Uma das abordagens mais utilizadas para melhorar o desempenho das atividades de manutenção é a implementação do *Total Productive Maintenance* (TPM) (Ahuja, 2009). O TPM envolve o trabalho em equipa dos vários departamentos de uma organização, entre estes os departamentos de produção e de manutenção, de modo a reduzir o desperdício, minimizar os tempos de paragens e aumentar a qualidade do produto final (Eti, Ogaji, & Probert, 2004). O TPM pretende

maximizar a eficiência de um equipamento estabelecendo um sistema de manutenção produtiva durante toda a vida útil do equipamento e que abrange todos os subconjuntos do mesmo. O TPM contribui para o sucesso de uma organização em diversos aspectos: desempenho, segurança, limpeza, moral dos funcionários e satisfação do cliente (Brah & Chong, 2004).

Nas fábricas de mecânica, o fator principal que contribui para a redução da performance dos equipamentos é, entre outras, a perda por avaria que provoca a indisponibilidade dos meios produtivos (Rodrigues, 2015).

A Renault Cacia, apesar de se encontrar a atravessar um bom momento com elevados níveis de produção, tem ainda diversos pontos negativos que necessitam de melhorias constantes. As avarias são uns dos pontos que necessitam de ser estudados pois representam um dos fatores que mais contribui para a redução da performance dos equipamentos. As perdas por avarias provocam a indisponibilidade dos meios e a conseqüentemente diminuição da produtividade. No ano de 2015, verificou-se que mais de 52% das perdas de performance estavam relacionadas com as avarias (Rodrigues, 2015). O perfil ideal de um equipamento produtivo é ter zero avarias e, para isso, é necessário o desenvolvimento de um conjunto de ações.

Perante este cenário, torna-se essencial a identificação dos equipamentos críticos, ou seja, aqueles que mais contribuem para as perdas existentes na fabricação. Posteriormente é fundamental a aplicação de ferramentas e metodologias do TPM e do *Lean Maintenance* com o intuito de diminuir o número elevado de avarias existentes e, conseqüentemente, aumentar a disponibilidade dos equipamentos.

Posto isto, o tema proposto para a realização deste projeto é a melhoria da disponibilidade de manutenção de uma linha de produção, através da aplicação dos conceitos do TPM e das ferramentas do *Lean Maintenance*.

1.2. Objetivos

O principal objetivo deste projeto é a melhoria da disponibilidade de uma linha de produção, tendo a Renault como objetivo obter valores de disponibilidade superior a 98%.

Para alcançar este principal objetivo, outros têm de ser igualmente alcançados, tais como:

- Diminuição das perdas por avarias que contribuem para a diminuição da performance;
- Diminuição do MTTR e aumento do MTBF;

- Inculcar a filosofia TPM em todos os colaboradores, desde os operadores das máquinas, passando pelos técnicos de manutenção e acabando nos gestores de topo;
- Aplicação de práticas *Lean Maintenance* e princípios TPM na linha de produção escolhida;
- Enfatizar a importância que os operadores dos equipamentos têm para o sucesso da manutenção nos mesmos;
- Melhoria das competências técnicas de todos os intervenientes nas atividades de manutenção dos equipamentos.

1.3. Metodologia

A metodologia utilizada para a realização do presente projeto foi a Investigação-Ação. Esta, tal como o nome indica, é caracterizada por uma combinação entre pesquisa e ação com o objetivo de gerar mudança numa organização. Nesta metodologia o investigador está diretamente envolvido com a mudança ocorrida na organização uma vez que este além de intervir através da criação de mudanças organizacionais, ao mesmo tempo estuda o impacto dessa mudança (Checkland & Holwell, 2007). Neste sentido, a Investigação-Ação é adequada para resolver problemas organizacionais e produzir diretrizes para as melhores práticas no sistema organizacional onde ocorreu um determinado problema (Brown, George, & Mehaffey-Kultgen, 2018).

Segundo Shuhidan (2012), esta metodologia é baseada numa espiral de ciclos, cada um composto por 5 etapas, representadas na Figura 1: 1. Definição do problema; 2. Planeamento das ações; 3. Implementação das ações; 4. Avaliação dos resultados; 5. Reportar os resultados.

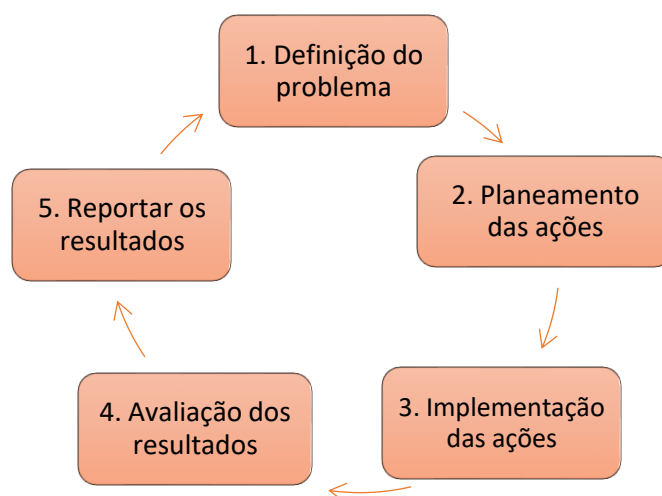


Figura 1 - Ciclo da Investigação-Ação

De acordo com Shuhidan (2012), na primeira etapa do ciclo de Investigação-Ação, o investigador realiza observações gerais na área em estudo, através do recurso a literatura existente. De seguida, este planeia os passos que são necessários seguir de modo a lidar com o problema identificado. Numa terceira etapa, são executados os passos definidos anteriormente e são recolhidos dados. Posteriormente, os dados recolhidos são analisados e discutidos. Por último, é necessário escrever um relatório sobre os resultados obtidos. As descobertas do primeiro ciclo são consideradas melhorias para um novo ciclo. O investigador pode melhorar o seu trabalho através da reflexão sobre os pontos positivos e negativos obtidos no primeiro ciclo. Como resultado, isso pode contribuir para o alcançar de melhores resultados, assim como pesquisas de maior qualidade num segundo ciclo.

Deste modo, numa primeira fase foi feita uma análise à situação inicial das avarias existentes na fábrica com o objetivo de escolher qual a linha de produção onde iria ser realizado este projeto. Para isso, foram identificados os equipamentos com mais avarias e, posteriormente, identificada a linha de produção onde estes se encontravam. De seguida, foi realizado um estudo à situação inicial da linha de produção escolhida, onde foram analisados diversos indicadores, como foi o caso da disponibilidade, do MTBF e do MTTR. Foram também efetuadas observações na linha com o intuito de perceber o modo de funcionamento dos operadores e dos técnicos de manutenção aquando da ocorrência de avarias. Através do recurso a estas observações e da análise feita inicialmente foram identificados os principais problemas.

Numa segunda fase, foi desenvolvido um plano de ações de melhoria com vista à irradicação ou contenção dos problemas identificados na etapa anterior. Deste plano de ações podem-se destacar a utilização da ferramenta 5 porquês para a descoberta da causa raiz de uma das principais avarias, a aplicação de gestão visual e a revisão do plano de manutenção autónoma do equipamento mais penalizante.

Depois de implementado o plano de ações, foi analisado e avaliado o seu impacto através da comparação dos resultados obtidos com os objetivos definidos inicialmente. Esta avaliação foi feita através do acompanhamento dos seguintes indicadores: MTBF, MTTR, OEE (RO, no caso da Renault Cacia) e, em particular, a disponibilidade. Por último, foram efetuadas conclusões ao projeto, assim como nomeadas as perspetivas de trabalho futuro para um novo um ciclo.

1.4. Estrutura do trabalho

O presente projeto é constituído por sete capítulos. O primeiro capítulo diz respeito à introdução, onde é feita uma contextualização ao problema e inumerados os objetivos

deste projeto. É ainda referido qual a metodologia de investigação adotada e a estrutura que a dissertação irá seguir.

No segundo capítulo é apresentada a empresa no qual se desenvolveu o projeto, a Renault Cacia, assim como o departamento onde o mesmo foi realizado e a linha de produção em estudo.

No terceiro capítulo é apresentada a componente teórica relacionada com os temas abordados e que sustenta todo o projeto.

O capítulo 4 é dedicado à análise da situação inicial da linha de produção em estudo, onde são calculados alguns indicadores importantes para a manutenção e expostos os principais problemas encontrados durante o período de observação.

No capítulo 5 são apresentadas as soluções implementadas e propostas para os problemas identificados no capítulo anterior.

No capítulo 6 é feita uma análise aos resultados obtidos com a implementação das melhorias.

Por último, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões, o balanço do trabalho realizado assim como as perspetivas de trabalho futuro e o trabalho resultante deste projeto.

2. Apresentação do problema

Neste capítulo é apresentada a empresa onde foi realizado o presente projeto de estágio, a Renault Cacia. Sendo esta uma empresa conhecida mundialmente e já com alguns anos de história, são referidos alguns dos acontecimentos mais importantes desde a sua construção até ao momento atual. Os principais produtos da empresa de Cacia, assim como a sua estrutura organizacional são apresentados.

Ainda neste capítulo, é referido o funcionamento do departamento de manutenção e descrito como é que a filosofia TPM é definida na Renault Cacia.

Por último é explicado como é que foi feita a escolha da linha de produção crítica, sendo esta posteriormente apresentada.

2.1. Grupo Renault

O grupo Renault foi fundado em 1898 pelos irmãos Renault e dedica-se à fabricação de veículos. É um grupo composto pela Renault, Dacia, Renault Samsung Motors (RSM), Alpine e LADA. Devido às suas estratégias geográficas e à complementaridade de posições, estas cinco marcas são apelativas para um número cada vez mais elevado de clientes em todo o mundo. Ao longo dos mais de 118 anos de existência, o grupo solidificou a sua identidade através da utilização de uma tecnologia útil e económica.

Em 2017, o grupo vendeu mais de 3.7 milhões de veículos, um record para a Renault que espera em 2018 ter um crescimento de 2.5%. Atualmente, o grupo tem mais de 120 mil trabalhadores, 36 fábricas de produção de veículos e componentes e mais de 12 mil pontos de venda espalhados por 127 países.

Em 1999, a Renault iniciou uma colaboração com o construtor japonês Nissan formando a aliança Renault-Nissan. Com esta aliança, a Renault adquiriu a dimensão de um grande construtor automóvel internacional, numa indústria altamente competitiva, o que permitiu acelerar o seu desenvolvimento internacional, realizando anualmente sinergias suplementares ao nível das compras, engenharia, grupos motopropulsores e logística.

Em 2016, a aliança alargou e passou a incluir a Mitsubishi Motors Corporation (MMC). Esta nova combinação criou uma força na indústria automóvel passando a ser um dos maiores grupos de veículos do mundo com economias de escala, elevada capacidade tecnológica e de fabricação para produzir veículos que correspondam às necessidades dos clientes.

2.2. Renault Cacia

A Renault Cacia é uma fábrica do Grupo Renault e dedica-se à produção de órgãos e componentes para a indústria automóvel. Foi construída em 1980 e iniciou a sua atividade produtiva em 1981 com a produção de caixas de velocidade. No ano seguinte, em 1982, iniciou a atividade de maquinação e montagem de motores. Em 1999 a fábrica foi filiada, tendo sido constituída uma nova sociedade: C.A.C.I.A. (Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel), SA. Dois anos depois, ocorreu uma mudança estratégica que consistiu na concentração das atividades para o Grupo Renault e a implementação de um Sistema de Produção Renault (SPR). Em 2012, a até ao momento C.A.C.I.A., passou a ter uma nova e atual denominação: Renault Cacia. Em 2014 o SPR foi substituído pelo *Alliance Production Way* (APW) como resultado da convergência da Aliança Renault Nissan. Este novo sistema abrange as boas práticas e abordagens industriais dos sistemas de produção da Renault (SPR) e da Nissan, Nissan *Production Way* (NPW).

Ao longo dos seus mais de 36 anos de atividade, a Renault Cacia já produziu os mais diversos componentes mecânicos, motores e caixas de velocidade. Atualmente produz caixas de velocidade e diversos componentes para motores. Os produtos são exportados a 100% para as fábricas do grupo Renault de montagem de veículos e de mecânica, situadas por tudo o mundo como Espanha, França, Roménia, Turquia, Eslovénia, Brasil, Chile, Marrocos, Africa do Sul, Irão e Índia.

A Renault Cacia é a maior unidade industrial do distrito de Aveiro e a segunda maior unidade fabril de construtores de automóveis do país, as suas instalações ocupam uma superfície total de 300 000 m² e uma área coberta de 70 000 m², que pelo seu perfil físico, permite a facilidade de fluxos de pessoas, equipamentos e produtos. Na Figura 2 pode-se observar a fábrica através de uma vista aérea, onde é possível identificar os vários edifícios.



Figura 2 - Vista aérea da Renault Cacia

Identificação dos diferentes edifícios:

- 1 – Receção;
- 2 – Direção, Departamento de Recursos Humanos, Departamento de Comunicação e Departamento Financeiro/Compras;
- 3 – Edifício das caixas de velocidade;
- 4 – Departamento de Logística Industrial (DLI);
- 5 – Edifício dos componentes mecânicos;
- 6 – Oficina Central;
- 7 – Central de fluídos;
- 8 – Tratamentos térmicos;
- 9 – ETAR;
- 10 – Posto médico e restaurante;
- 11 – Campus do Centro Cultural e Desportivo (CCD);
- 12 – Centro de Formação Técnica (CFT);
- 13 – Departamento de Informática e departamento de Engenharia;
- 14 – Departamento dos serviços técnicos.

2.2.1. Produtos

As caixas de velocidade que a fábrica produz atualmente são a JR e ND. Na Figura 3 estão representadas estas duas caixas. A caixa JR é uma caixa de 5 velocidades que equipa uma vasta gama de veículos da Renault, Dacia, Daimler e Mobius com motorizações 1.5 DCI, 0.9 TCe e 1.2 TCe. A caixa ND é uma caixa de 6 velocidades que equipa veículos particulares da Renault e Nissan com motorizações 1.6 DCI, 1.9 DCI e 2.0 RS.

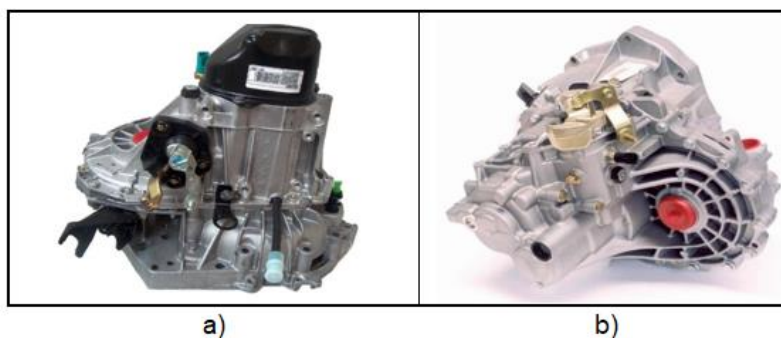


Figura 3 - Caixas de velocidade a) JR e b) ND

No ano de 2016 foram produzidas cerca de 635 000 caixas de velocidade, o que correspondeu a 20% da produção das fábricas da aliança que produzem os mesmos

produtos. Em 2017, a Renault Cacia atingiu o marco histórico de 10 milhões de caixas produzidas. Neste mesmo ano, foi distinguida como a melhor fábrica de produção de caixas de velocidade da Aliança Renault-Nissan, pelo segundo ano consecutivo (Renault, 2017).

As caixas de velocidade são constituídas por diversos componentes mecânicos que são também produzidos na fábrica de Cacia e, posteriormente, montados nas caixas de velocidade nas linhas de montagem. Foram produzidos, no ano de 2016, mais de 5 milhões de componentes mecânicos para caixas de velocidades (Renault, 2017).

Além das caixas de velocidades e dos respetivos componentes mecânicos, a Renault Cacia produz uma grande variedade de componentes mecânicos para os motores dos veículos, tendo sido produzidos cerca de 3,5 milhões de componentes mecânicos no ano de 2016, onde se pode destacar a produção de bombas de óleo, cerca de 1,4 milhões, e a produção de peças para o motor do tipo H, cerca de 1,8 milhões de peças (Renault, 2017).

A produção na Renault Cacia é dividida em dois departamentos: caixas de velocidade e componentes mecânicos. Estes departamentos são divididos por cinco ateliês (AT) de produção. O AT1 produz componentes para as caixas de velocidades e é dividido em dois subateliês, AT1-PB (peças brancas) e AT1-PN (peças negras), o primeiro diz respeito à maquinação das peças antes de passarem pelos tratamentos térmicos, o segundo depois de passarem pelos tratamentos térmicos. O AT2 dedica-se à produção de cárteres, caixas diferenciais e eixos. O AT3 produz bombas de óleo e componentes em alumínio. O AT4 produz árvores de equilibragem, coletores e volantes. Por fim, o AT5 diz respeito às linhas de montagem das caixas de velocidade. O AT1-PB, AT1-PN, AT2 e AT5 localizam-se na área de fabricação das caixas de velocidade enquanto o AT3 e AT4 situam-se na zona de fabricação dos componentes mecânicos. Os ateliês estão divididos por Unidades Elementares de Trabalho (UET). A Figura 4 mostra a divisão dos ateliês.

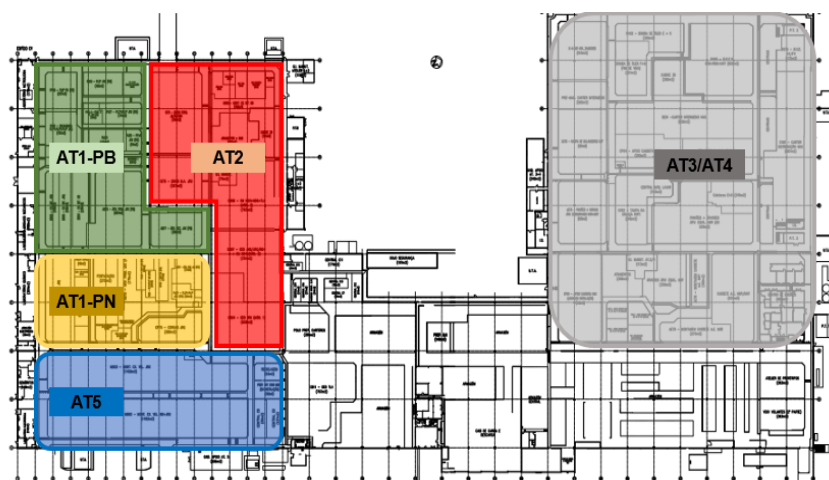


Figura 4 - Distribuição dos ateliês pela fábrica

2.3. A manutenção na Renault Cacia

O resultado esperado da manutenção é fornecer à Renault Cacia a fiabilidade e a disponibilidade das instalações e dos equipamentos industriais, de modo a responder às exigências dos utilizadores e à regulamentação, respeitando os objetivos de qualidade, custos, prazos, segurança e ambiente. Estas exigências e objetivos são desdobrados em planos de ações, em revisões de processos e em ideias concretas de progresso.

Para a Renault, as condições de domínio da manutenção baseiam-se numa organização que permita:

- Aplicar uma organização *standard*;
- Planificar as atividades e recursos;
- Gerir os alertas e as ações corretivas;
- Animar o desempenho e o progresso;
- Desenvolver o profissionalismo e a utilização dos *standards*;
- Capitalizar as experiências nos projetos.

Neste sentido, a repartição das atividades de manutenção, segundo 5 níveis, é a seguinte:

- A manutenção considerada de nível 1 e 2 é garantida pelo pessoal da fabricação e a esta manutenção é chamada de manutenção autónoma;
- As intervenções de nível 3 e 4 são garantidas pelos profissionais de manutenção. As suas tarefas são complementadas por atividades de fiabilidade, restauração, formação, análises e seguimentos, apoiadas por especialistas da manutenção;
- A partir do nível 3, as operações complexas que necessitam uma coordenação de várias funções de manutenção, são realizadas começando pela consulta de Folhas de Operação Standard (FOS) e outros documentos;
- O nível 5 é garantido pelos fabricantes dos equipamentos ou pelos fornecedores de componentes.

Como já foi referido, a fabricação da Renault Cacia é dividida em dois departamentos: produção de caixas de velocidade e produção de componentes mecânicos. Consequentemente, existem também dois grupos de manutenção responsáveis pela gestão da manutenção, um em cada departamento. A estrutura organizacional destes dois grupos é igual, mudando apenas o número de técnicos de manutenção. Na Figura 5 está representado o organigrama de um grupo de intervenção.

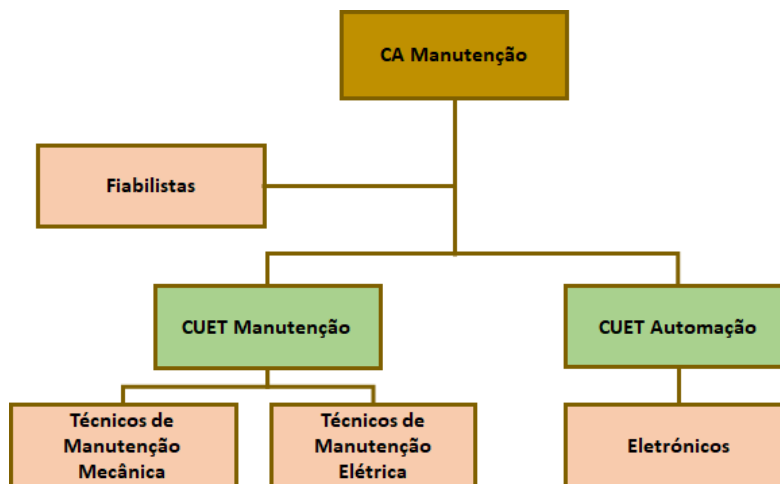


Figura 5 - Organograma de um grupo de manutenção

Considerando o grupo de manutenção das caixas de velocidade o “GM1” e o dos componentes mecânicos o “GM2”, vai ser dada ênfase ao modo de funcionamento do GM2 uma vez que a linha de produção onde foi realizado este projeto pertence ao departamento dos componentes mecânicos, sendo o GM2 responsável pelo bom funcionamento da manutenção neste departamento e, conseqüentemente, nesta linha.

O GM2 é constituído por um chefe da manutenção (CA manutenção), por dois fiabilistas que têm como responsabilidade analisar as linhas e os equipamentos mais críticos, procurando aumentar a disponibilidade e a fiabilidade destes, propondo e implementando ações de melhoria de modo a eliminar os problemas recorrentes. Subordinados ao CA da manutenção existe o chefe da unidade elementar de trabalho (CUET) da manutenção e o CUET da automação. Estes são responsáveis por coordenar as suas equipas de trabalho, garantindo que os trabalhos de manutenção preventiva e corretiva são realizados e que existem os meios humanos e materiais corretos para a sua realização.

No turno da manhã existem dois técnicos de manutenção mecânica e dois técnicos de manutenção elétrica, todos eles trabalhadores internos. No turno da tarde existem quatro técnicos de manutenção mecânica, um deles é subcontratado, e um técnico de manutenção elétrica. No turno da noite trabalha um técnico de manutenção mecânica e um técnico de manutenção elétrica, este último é subcontratado. Os eletrônicos não têm um horário fixo uma vez que trabalham consoante as necessidades.

Ao fim de semana, os técnicos são chamados consoante as necessidades, contudo existem um técnico de manutenção mecânica e outro de manutenção elétrica fixos em cada

turno. Em qualquer um destes turnos, por vezes são subcontratados mais técnicos quando ocorre a necessidade de realização de muitas ações corretivas.

Este grupo de manutenção possui um espaço reservado, onde se encontram instalados alguns meios técnicos para uma rápida intervenção aos equipamentos, nomeadamente: carros elevatórios, carros de ferramentas, bancadas de trabalhos e computador. Os profissionais de manutenção são encarregues da manutenção dos seus próprios meios de trabalho, assim como dos equipamentos associados (iluminação ou a ventilação).

2.3.1. Ordem de trabalho - OT

As rotinas de manutenção corretiva e preventiva são realizadas pelos elementos da equipa do grupo de manutenção do respetivo ateliê. Relativamente à manutenção preventiva, as ações a realizar são da responsabilidade de um programa computacional, Gestão da Manutenção Assistida por Computador (GMAO), que emite automaticamente as ordens de trabalho (OT) alguns dias antes da data da realização. Isto possibilita uma melhor gestão dos recursos humanos e dos materiais necessários.

Quando acontece uma avaria em algum equipamento, o operador alerta o seu superior hierárquico. Se não conseguirem resolver em conjunto essa avaria, emitem uma OT ao grupo de manutenção. As OT são emitidas pelo CUET no GMAO. Para emitir uma OT de forma correta, o CUET tem de colocar o local da avaria, que tipo de técnico de manutenção vai ser necessário (eletricista, mecânico ou eletrónico) e qual a prioridade da OT. A prioridade de realização de uma OT é definida da seguinte forma:

- Prioridade muito alta (0): quando o equipamento se encontra com perda total de produção, não produzindo qualquer peça. Por exemplo, uma rutura de um tubo ou uma garra que não aperta a peça;
- Prioridade alta (1): quando o equipamento apresenta perda parcial de produção, ou seja, o equipamento está a produzir um número de peças inferior ao estipulado. Por exemplo, consumo de óleo em excesso ou tempo de ciclo não conforme;
- Prioridade média (2): quando o equipamento não apresenta perda de produção uma vez que a avaria não afeta a produção. Por exemplo, uma lâmpada fundida ou um parafuso com desgaste;
- Não prioritária (3): quando a intervenção é decorrente da manutenção preventiva, onde é necessária uma preparação prévia. Por exemplo, encomenda de material.

Consoante a prioridade estabelecida, a OT é realizada. No final da realização da mesma, o especialista responsável tem de fechar a OT no sistema, indicando as seguintes

informações: o subconjunto e o elemento que foi intervencionado, o material utilizado, o tempo total de paragem do equipamento, o tempo total que o técnico dispensou na intervenção, o defeito e a causa da avaria. O técnico de manutenção deve ainda escrever, na secção destinada aos comentários, o sintoma (S), a causa (C), o remédio (R), o domínio (D) e o tempo (T). O sintoma (S) diz respeito ao defeito que o equipamento apresenta no momento da avaria, a causa (C) está relacionada com a origem da avaria, o remédio (R) diz respeito às ações realizadas para resolver a avaria detetada, no domínio (D) o técnico de manutenção informa se a avaria foi resolvida por completo, ou seja, se esta foi dominada ou não e, por último, no tempo (T) devem ser sinalizadas as razões que levaram ao tempo utilizado na intervenção.

2.3.2. Plano de manutenção preventiva - PMP

Com o TPM pretende-se atingir valores máximos de performance, sendo para isso necessário diminuir o número de perdas. Como tal, hoje em dia, todos os equipamentos instalados na Renault Cacia têm um Plano de Manutenção Preventiva (PMP) que é constituído pelo Plano de Manutenção Autónoma (PMA) e pelo Plano de Manutenção Profissional (PMPPro), estes devem ser aplicados de forma rigorosa, profissional e eficiente. O conteúdo do PMP é definido em função dos desempenhos e dos resultados atingidos, das orientações estratégicas, das recomendações dos fornecedores, das exigências regulamentares e da capitalização das experiências dos profissionais de manutenção.

2.3.2.1. Plano de manutenção autónoma -PMA

A manutenção autónoma é realizada pelos operadores de forma periódica. Esta é suportada por uma folha onde está presente o Plano de Manutenção Autónoma (PMA) para apoio à execução das diversas operações de manutenção autónoma. O PMA é realizado pelos operadores da UET onde estão inseridos e tem como objetivo garantir que os equipamentos estão sempre em boas condições de funcionamento.

O PMA utilizado na Renault Cacia é constituído por diversas tarefas divididas em três grupos: limpeza, lubrificação e verificação. A cada tarefa são associados o subconjunto e o elemento do equipamento onde essa tarefa tem de ser realizada, o material necessário, o tempo previsto para a sua execução, a periodicidade com que esta tem de ser realizada, o estado em que a máquina tem de estar, informações sobre a substituição de peças (se for necessário), assim como os valores limites para as pressões e temperaturas.

O estado do equipamento aquando da realização de uma tarefa varia consoante a localização do subconjunto assim como a complexidade da tarefa e pode estar em quatro

possíveis estados: parado sem tensão, parado com tensão, em marcha em produção e em marcha sem produção.

A periodicidade das tarefas é diferente em tarefas diferentes uma que vez existem subconjuntos e elementos que necessitam de mais manutenção, de acordo com as instruções do fabricante e a partir de outras fontes. A periodicidade das tarefas pode ser por equipa, diária, semanal, quinzenal, mensal, bimensal, trimestral, semestral e anual.

As tarefas do PMA são numeradas uma vez que são utilizados pictogramas para identificar no equipamento os locais onde se devem realizar cada uma das tarefas do PMA. Cada pictograma é constituído pela seguinte informação: periodicidade, tempo de realização, pelo estado da máquina e pelo número da tarefa. No Anexo A está presente um pictograma do PMA. Além disto, o PMA é acompanhado por fotografias do equipamento onde são colocados os números das tarefas no respetivo local. O objetivo é facilitar o trabalho do operador.

O PMA encontra-se, em formato A3, junto de cada equipamento e acompanhado por uma folha de registo de execução das tarefas. No Anexo B pode ser consultado o PMA *standard* da Renault Cacia e no Anexo C a respetiva folha de registo dos operadores.

Cada UET tem disponíveis cinco minutos por equipa para realizar as tarefas do PMA assim como quatro horas semanais onde é realizada a manutenção programada e que deve ser aproveitada pelos operadores para realizar as tarefas do PMA necessárias.

2.3.2.2. Detecção e correção de anomalias - DCA

Durante as atividades de manutenção autónoma, os operadores ao realizarem as tarefas de limpeza dos vários componentes estão, de certo modo, a inspecionar o equipamento e a detetar anomalias existentes como por exemplo: fugas de óleo, mangueiras desgastadas, empenos e fugas de ar. Durante as atividades de limpeza, e sempre que seja detetada uma anomalia, os operadores devem comunicar essa anomalia através da colocação de etiquetas DCA junto a essa mesma anomalia. Existem dois tipos de etiquetas DCA: etiquetas azuis e vermelhas. As etiquetas azuis são utilizadas quando a anomalia pode ser resolvida pela fabricação, enquanto as etiquetas vermelhas são utilizadas para identificar anomalias que a produção não tem capacidade para resolver, ou seja, são dirigidas à manutenção. Pode ser consultado no Anexo D uma etiqueta DCA.

Estas etiquetas têm duas vias, uma é colocada no equipamento junto do local da anomalia e a outra é colocada num quadro específico para etiquetas DCA, existente em cada UET. Este quadro está dividido em anomalias elétricas, mecânicas, de meio

ambiente, de segurança ou outras, sendo que o operador deve colocar a etiqueta no local mais apropriado de acordo com o tipo de anomalia. Além disto, no momento de colocação da etiqueta no quadro o operador pode colar um autocolante vermelho, verde ou não colocar nenhum consoante a gravidade da anomalia, isto é, se a anomalia afetar diretamente a segurança do Homem ou da máquina, podendo induzir perdas graves, é colocado um autocolante vermelho. Se a anomalia afetar diretamente a performance da UET, é colocado um autocolante verde. Contudo, se a anomalia identificada não se encaixar em nenhum destes dois tipos, não é colocado nenhum autocolante. Estes autocolantes servem para priorizar as anomalias a tratar, sendo que as etiquetas DCA com autocolante vermelho são as prioritárias, seguidas das com autocolante verde e por último as que não têm autocolante. No Anexo E está presente um exemplo de um quadro DCA.

2.3.2.3. Plano de Manutenção Profissional - PMPro

É importante referir que, tal como na manutenção autónoma, na manutenção para os profissionais existem as folhas de manutenção preventiva e as operações de manutenção são, sempre que necessário, apoiadas por Folhas de Operação Standard (FOS) para que a operação seja realizada corretamente.

O plano de manutenção profissional (PMPro) é destinado aos técnicos de manutenção. A constituição do PMPro é semelhante à do PMA, as únicas diferenças são as tarefas não numeradas e a não existência de fotografias do equipamento com a localização das tarefas. A gestão da execução dos PMPro é garantida manualmente ou programada pelo GMAO, através da emissão de uma OT. As tarefas do PMPro são realizadas durante a paragem semanal de quatro horas que cada UET tem disponível.

No PMPro são executados trabalhos planeados e sistemáticos, uma vez que as ações são realizadas periodicamente, como é o caso da substituição de determinados elementos do equipamento que já não estão no estado que se pretende e que poderão vir a causar problemas se não forem substituídos no momento. Além disto, são também realizadas tarefas de manutenção condicionada, ou seja, são analisados os diversos componentes de funcionamento do equipamento (vibrações, tensões, desgastes, ruídos, entre outros) de modo a prever futuras ocorrências de avarias através da comparação com valores-padrão de funcionamento do equipamento. No Anexo F está presente o PMPro *standard* da Renault Cacia.

2.3.3. Planificação das ações de manutenção

Todas as linhas de produção da fábrica dispõem de 4 horas semanais de paragem programada para a realização das atividades de TPM. Estas atividades englobam a realização das tarefas do PMA e do PMPro. As paragens programadas da linha são planificadas e preparadas pelos grupos de manutenção em conjunto com um elemento da linha de produção em questão, através de reuniões semanais TPM. Estas reuniões são suportadas por uma folha de preparação do TPM onde é definido quem faz o quê, o tempo previsto, os meios/materiais necessários, os riscos de segurança e o que é interdito. Para a correta realização das paragens programadas devem ser seguidos os 10 básicos da paragem programada presentes no Anexo G.

Na folha de preparação do TPM começa-se por colocar a UET onde vai ser realizada a paragem programa, o horário, a data e o nome de coordenador. De seguida, são definidas as máquinas onde vai incidir a paragem programada assim como as tarefas a realizar nas mesmas. Para cada tarefa é necessário preencher a prioridade de realização da mesma, de forma a possibilitar a gestão das tarefas no dia da paragem programada uma vez que podem surgir imprevistos (falta de recursos humanos e materiais). Caso aconteça algum imprevisto, devem ser realizadas as tarefas com prioridade 1 e 2 e agendadas para a paragem programada seguinte as tarefas com prioridade 3. É, também, necessário definir se a tarefa a realizar é decorrente de uma etiqueta DCA, do PMP ou se é uma ação corretiva e/ou sistemática. Caso a tarefa esteja associada a alguma OT, deve ser preenchida a coluna respetiva. Existem ainda outras colunas a preencher, tais como: a necessidade de utilizar ou não meios de elevação (no caso de existirem trabalhos em altura), a realização de trabalhos que exigem autorização de fogo (trabalhos de soldadura ou rebarbagem), o estado da máquina para a realização de cada tarefa, o tempo previsto de duração e os executantes para cada tarefa.

Depois da paragem programada semanal ter sido realizada, é necessário verificar se todas as tarefas foram realizadas com sucesso. Em caso negativo, é verificado o que correu mal e as tarefas passam para a paragem programada seguinte. No Anexo H pode ser consultado a folha *standard* de preparação da paragem programada da Renault Cacia.

2.4. TPM na Renault Cacia

Atualmente as empresas focam-se em projetos de melhoria contínua para assim conseguirem avançar rapidamente no caminho para a melhoria da fiabilidade, da qualidade e da segurança, ou seja, para atingir o sucesso na performance industrial. Para a Renault Cacia esta deve ser a missão dos seus colaboradores, só assim é possível criar uma

dinâmica ganhadora de espaço à concorrência e ao mesmo tempo dar a resposta correta às orientações e aos objetivos da gestão de topo da empresa. Deste modo, no contexto do antigo Sistema de Produção Renault (SPR) surgiu o TPM há cerca de 18 anos.

Embora o conceito do TPM seja aplicável a qualquer organização, na prática existem empresas que adaptam este conceito de acordo com a sua cultura e com os seus objetivos. Na Renault, pretendem-se atingir dois objetivos principais com a aplicação do TPM (Rodrigues, 2011):

1. Objetivo de processo – desenvolvimento da capacidade dos colaboradores em identificar, medir, analisar e eliminar todas as causas de perdas dos equipamentos, assim como partilhar os objetivos e ações com os colegas de trabalho;
2. Objetivo de resultado – Diminuir as perdas ligadas ao processo e à organização, para responder aos pedidos e às exigências dos clientes, fornecendo produtos de qualidade garantida.

Para que estes objetivos sejam atingidos, é fundamental *standardizar* a condução e manutenção dos equipamentos desde a sua conceção e implementação e melhorá-los em ciclos PDCA. É essencial a participação dos diferentes departamentos da organização, desde a fabricação, a manutenção e até da engenharia, nas atividades de análises de perdas, deteção e correção de anomalias e na gestão visual. Só assim é possível a mudança para melhor.

A prática do TPM obriga a algumas mudanças dos hábitos e das mentalidades dos seus colaboradores visto que, com esta filosofia, pretende-se não só o cumprimento do trabalho diário de execução dos programas de fabrico e normas de trabalho, mas também evoluir na gestão, na forma de observação, nos métodos de trabalho, na resolução de problemas, na melhoria dos meios e custos associados (Rodrigues, 2009a) (Rodrigues, 2009b).

Segundo Rodrigues (2009b), para obter a liderança em TPM é fundamental atingir objetivos ambiciosos, recorrendo ao auxílio Humano e, para isso, são necessários verdadeiros líderes da mudança, pois educar profissionalmente não significa ensinar às pessoas o que não sabem, mas sim ensiná-las a adquirirem comportamentos que não conhecem. Tudo isto está na mão de todos, por isso o TPM terá de ser obra de todos.

2.4.1. Indicador de eficiência

Para medir a performance na Renault Cacia, o indicador utilizado é o Rendimento Operacional (RO) que é calculado de forma equivalente ao *Overall Equipment Efficiency*

(OEE), como mostra a equação (1), onde o Do é a disponibilidade operacional, o Rv o rendimento de velocidade e o Tq a taxa de qualidade (ver cálculo do OEE em 3.3.1). A forma como são calculados cada um destes elementos está representada nas equações (2), (3) e (4), respetivamente. Para um melhor entendimento das partes que constituem cada uma das equações ver a Figura 6.

O RO na Renault Cacia pode também ser calculado pela equação (5) sendo esta a maneira mais simples e mais usada.

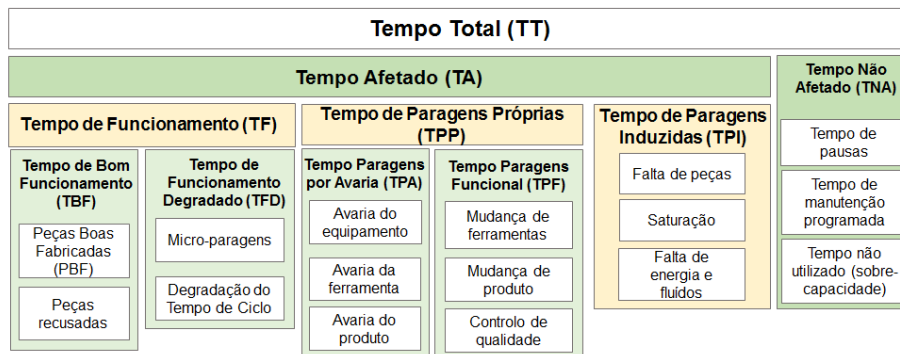


Figura 6 - Diagrama de tempos

$$RO = Do \times Rv \times Tq \quad (1)$$

$$Do = \frac{\text{Tempo de Funcionamento (TF)}}{\text{Tempo Afectado (TA)}} \quad (2)$$

$$Rv = \frac{\text{Tempo de Bom Funcionamento (TBF)}}{\text{Tempo de Funcionamento (TF)}} \quad (3)$$

$$Tq = \frac{\text{Peças Boas Fabricadas (PBF)}}{\text{Peças Fabricadas}} \quad (4)$$

$$RO = \frac{PBF}{N^{\circ} \text{ peças fabricáveis}} \quad (5)$$

Uma vez que as perdas existentes são um ponto importante na gestão da manutenção, ou seja, é nelas que são concentrados os planos de ações, a Renault Cacia também contabiliza essas perdas através do indicador Não Rendimento Operacional (N-RO). As perdas são divididas em quatro categorias: perdas devido às paragens induzidas,

às paragens funcionais, às paragens por avaria e, por último, ao funcionamento degradado. Relativamente às paragens induzidas, estas ocorrem devido à falta de peças, à saturação da linha ou à falta de energia. As paragens funcionais são causadas pela mudança de ferramenta, mudança de produto ou devido ao controlo de qualidade. As paragens devido a avarias devem-se às avarias ocorridas na máquina ou na ferramenta. As paragens devido ao funcionamento degradado devem-se às micro-paragens ou degradação do tempo de ciclo. A soma de todas estas perdas dá origem ao N-RO. Tanto o RO como o N-RO são indicadores medidos em percentagem (%), sendo que a soma destes dois indicadores tem de dar 100%. Na Figura 6 pode-se observar a distribuição dos tempos de trabalho e das perdas de rendimento operacional.

2.5. Escolha da linha de produção para o desenvolvimento do projeto

A primeira etapa para o desenvolvimento do projeto foi a escolha da linha de produção onde se iria realizar este projeto. Para isso fez-se um estudo que envolveu a análise das avarias registadas nos equipamentos de toda a fábrica no período entre junho e novembro de 2017. Nessa análise, verificou-se que o número de máquinas onde houve pelo menos uma avaria era muito elevado e, por essa razão, decidiu-se filtrar as 50 máquinas com mais avarias. Como algumas destas máquinas tinham em comum a tecnologia decidiu-se agrupá-las por famílias com o intuito de perceber quais as tecnologias mais penalizantes.

A Figura 7 mostra um diagrama de Pareto, onde as colunas representam a frequência de avarias, ou seja, o número de avarias, e a linha contínua a frequência acumulada, entre os meses de junho e novembro. No gráfico, por uma questão de compromisso para com os fornecedores, não são relevados os nomes das tecnologias. Pode-se observar que das 32 famílias de tecnologias identificadas, a mais penalizante foi a tecnologia 1 com um total de 125 avarias.

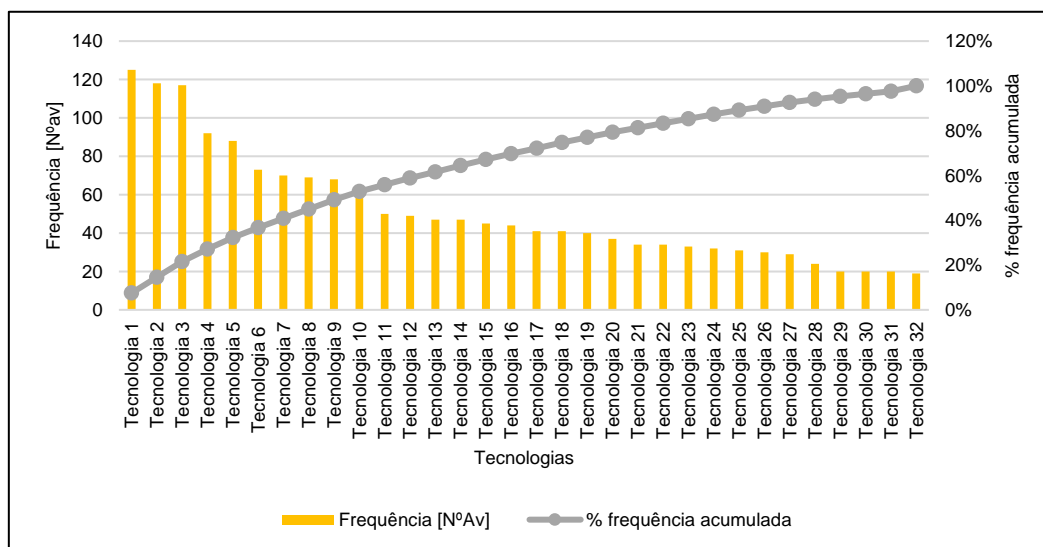


Figura 7 - Distribuição das avarias pelas tecnologias dos equipamentos (Nºav) – (entre junho e novembro de 2017)

O número de equipamentos da tecnologia 1 que originaram as 125 avarias foram cinco. De seguida, verificou-se que estes cinco equipamentos pertenciam todos à mesma linha de produção: a linha de produção do cárter intermédio.

Posto isto, a linha de produção do cárter intermédio foi a escolhida para a realização deste projeto.

2.6. Linha de produção do cárter intermédio

A linha de produção do cárter intermédio está situada no edifício dos componentes mecânicos do complexo industrial da Renault Cacia e dedica-se à produção de cárteres intermédios. No Anexo I está representada a localização da linha do cárter intermédio. O cárter intermédio envolve a parte inferior do motor de um automóvel e é neste que fica acumulado o óleo lubrificante. A função deste componente mecânico é manter um determinado nível de óleo de modo a garantir a lubrificação do motor.

Os cárteres intermédios chegam em bruto à Renault Cacia onde são maquinados através de processos de usinagem, tais como a fresagem, furação e torneamento. Posteriormente, são colocados determinados componentes nas peças já maquinadas, tais como esferas, tampões e válvulas. Por último, os cárteres intermédios são levados para o armazém de produto acabado onde são expedidos para o cliente. Na Figura 8 está representado o cárter intermédio que chega à linha em bruto (a) e o mesmo pronto para expedição, depois de passar pelas diversas operações da linha (b).

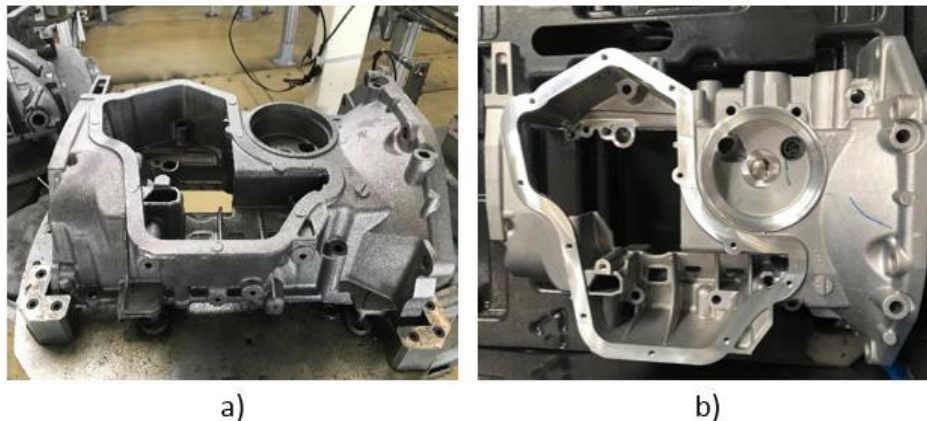


Figura 8 - Cárter intermédio a) em bruto e b) pronto para expedição

A linha está dividida em três partes: pré- maquinação, maquinação e montagem. Este projeto foca-se na maquinação do cárter intermédio pois é na maquinação que se encontram as máquinas da tecnologia 1, identificada como a tecnologia mais crítica. De seguida apresenta-se um resumo das atividades realizadas na pré-maquinação, maquinação e montagem:

1. Pré-maquinação: O operador coloca os brutos, que estão num contentor, num transportador com paletes integradas. De seguida, um robot retira os brutos do transportador alimentando a máquina onde vai ser realizada a pré-maquinação. Após a pré-maquinação, o robot retira a peça da máquina e volta a colocá-la no transportador para seguimento da operação de lavagem da peça. Após esta operação, a peça passa por um posto de controlo onde são realizados testes de estanqueidade. Se a peça estiver conforme, esta passa para a maquinação. Caso contrário, esta é considerada sucata e é colocada num contentor devidamente identificado.
2. Maquinação: O operador coloca os cárteres nas paletes do transportador para o seguimento de duas operações diferentes. Na primeira operação a peça é maquinada horizontalmente e na segunda operação verticalmente. De seguida, o operador retira a peça e coloca-a na paleta do transportador para seguimento da operação de lavagem das peças.
3. Montagem: Após a operação de lavagem, a peça é transportada para a ilha de montagem robotizada onde é realizada a montagem das peças de origem externa no cárter. Finalmente, a peça é colocada num tapete transportador para controlo final e respetivo acondicionamento.

A linha funciona num fluxo *pull*, ou seja, o cliente é que determina as necessidades. O conjunto dos meios instalados na linha tem uma capacidade de produção de aproximadamente 560 mil peças por ano, sendo para isso necessário produzir aproximadamente 650 peças por equipa de semana e 970 peças por equipa de fim-de-semana. De modo a atingir a produção esperada, a linha trabalha sete dias por semana e com cinco diferentes equipas, três durante a semana e duas equipas de fim-de-semana. Cada equipa é constituída por sete operadores, um condutor de linha e pelo chefe da linha.

2.6.1. Maquinação do cárter intermédio

Apesar da linha completa do cárter intermédio ser constituída por três partes, o presente projeto foca-se apenas na maquinação, onde são realizadas duas operações: operação 110 (OP110) e operação 120 (OP120). Na OP110 a peça é maquinada na horizontal e na OP120 a peça é maquinada verticalmente. Na Tabela 1 estão representados os equipamentos responsáveis por realizar cada uma das operações. Existem 15 equipamentos responsáveis pelas operações, 6 fazem a OP110, outros 6 a OP120 e existem ainda três máquinas com uma tecnologia mais recente que têm a capacidade de realizar as duas operações (OP110/120), não precisando a peça de ser maquinada em dois equipamentos diferentes. Na Figura 9 estão representadas as duas tecnologias existentes na maquinação.

Tabela 1 - Equipamentos e respetivas operações

Operação	Tecnologia	Nºequipamento	Designação
110	Maquinação da peça na horizontal	2119	Tecnologia 1
		2223	
		2100	
		2101	
		2250	
		2249	
120	Maquinação da peça na vertical	2109	Tecnologia 1
		2219	
		2220	
		2114	
		2227	
		2222	
110/120	Maquinação da peça na horizontal e vertical	62018238	Tecnologia 5
		62018239	
		62018420	

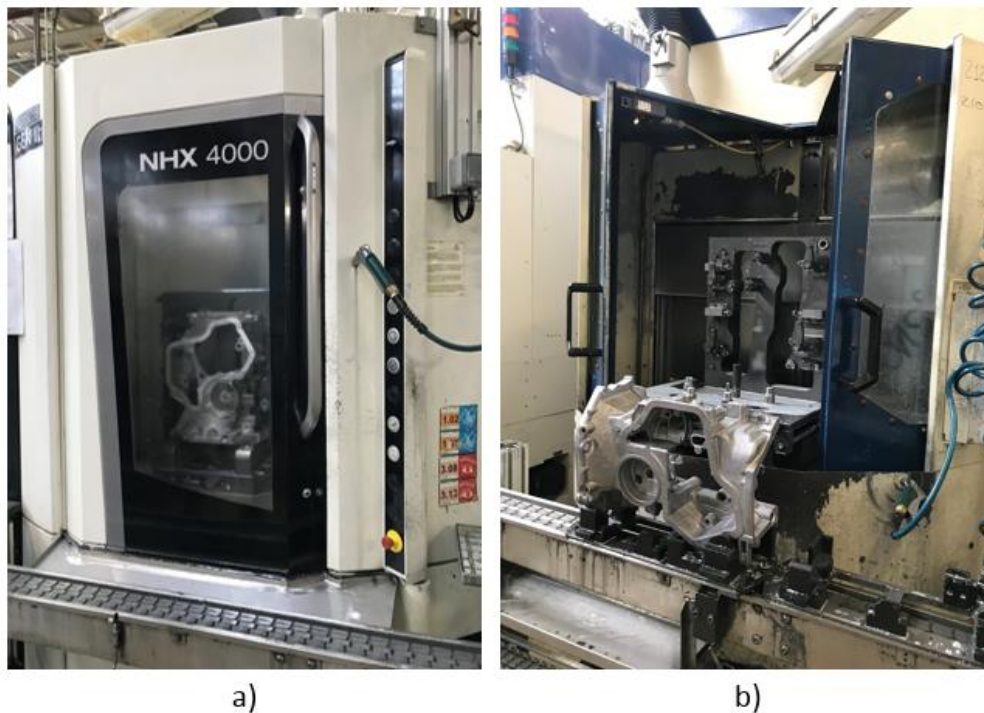


Figura 9 - Exemplo de uma máquina da linha da a) tecnologia 5 e b) tecnologia 1

Uma vez justificada e apresentada a linha de produção escolhida, apresenta-se, de seguida, a revisão de literatura que serviu de base para o desenvolvimento da parte prática deste projeto.

3. Revisão da literatura

Este capítulo está dividido em 4 tópicos e apresenta a revisão de literatura realizada sobre os temas diretamente relacionados com o trabalho a desenvolver. No primeiro tópico é definida a manutenção industrial, a sua evolução, os tipos e os níveis de manutenção existentes. No segundo tópico é abordada a gestão da manutenção e os indicadores de desempenho utilizados para medir o sucesso e o desempenho da função manutenção. O terceiro tópico é dedicado ao TPM. Por último, é abordado o *Lean Maintenance* e as respetivas ferramentas utilizadas neste projeto.

3.1. Manutenção Industrial

3.1.1. Evolução histórica

A Revolução Industrial do século XIX fez sobressair a necessidade de reparar regularmente as máquinas, atribuindo essa responsabilidade a equipas especificamente construídas para o efeito, tendo sido deixadas a cargo dos próprios operadores. A partir da 1ª Guerra Mundial a indústria começou a ser pressionada a atingir determinados padrões de produção, o que levou à necessidade de criar equipas de trabalho especializadas para reparar as avarias das máquinas no menor tempo possível. Contudo, estas equipas apenas realizavam manutenção corretiva devido às exigências da produção (Moubray, 1997).

Esta situação manteve-se até à 2ª Guerra Mundial, altura em que as empresas foram forçadas a produzir grandes quantidades para recuperarem economicamente do pós-guerra. Foi neste momento que as empresas perceberam que o ritmo de trabalho exigido era incompatível com o tempo bastante elevado que uma máquina estava parada para reparação de avarias. Deste modo, houve a necessidade de organizar a manutenção de forma a intervir nas máquinas durante os tempos mortos da produção, mas com uma eficácia que diminuísse consideravelmente as paragens por avaria durante a produção (Farinha, 2011).

3.1.2. A função manutenção

De acordo com a Norma Europeia NP EN 13306:2007, Manutenção é a “Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante um ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo e repô-lo num estado em que se pode desempenhar a função requerida” (Instituto Português da Qualidade, 2007)

Em qualquer organização, seja ela de fabricação ou de serviços, é fundamental manter as condições de capacidade e qualidade da mesma. A existência da função

manutenção envolve todas as atividades que contribuam para o bom funcionamento dos equipamentos, sistemas e instalações de modo a aumentar a fiabilidade, manutibilidade e a disponibilidade dos meios (Milana, Khan, & Munive-Hernandez, 2017). A implementação de uma política de manutenção eficaz pode reduzir as consequências de uma falha ou avaria e prolongar a vida útil dos equipamentos, contribuindo assim para a organização atingir os níveis máximos de *performance*. Além disto, a manutenção contribui significativamente para os gastos de uma organização, sendo este um dos principais pontos de procura de melhoria de desempenho para o departamento de manutenção (Waeyenbergh & Pintelon, 2002).

O principal objetivo da manutenção é tornar os equipamentos o mais eficientes possível de modo a que a produção possa atingir as suas metas. Para tornar os equipamentos eficientes é necessário diminuir o número de avarias, minimizar os tempos de reparação dos equipamentos, procurar agir antes da ocorrência das avarias e preparar adequadamente as atividades de manutenção programada. Todas as tarefas de manutenção devem ser realizadas em boas condições de segurança, procurando sempre manter a qualidade do equipamento e a redução dos custos (Rukijkanpanich & Pasuk, 2018).

3.1.3. Tipos de manutenção

Com o rápido desenvolvimento de tecnologia moderna, os equipamentos estão-se a tornar cada vez mais complexos. Para manter um equipamento em boas condições de funcionamento é necessário a realização de atividades de manutenção de rotina, como limpeza e lubrificação, bem como substituições e calibrações periódicas. A este tipo de manutenção chama-se manutenção preventiva (MP) e é realizada com o intuito de evitar a ocorrência de avarias (Tsang, 2002). Existem dois tipos de manutenção preventiva: manutenção preventiva sistemática (MPS) e manutenção preventiva condicionada (MPC). Na primeira, as tarefas de manutenção são realizadas segundo o que foi agendado, independentemente da condição atual do equipamento. Na manutenção preventiva condicionada as tarefas de manutenção são realizadas tendo em conta a informação recolhida através da monitorização dos parâmetros de funcionamento do equipamento. Deste modo, evitam-se intervenções desnecessárias pois só ocorre uma intervenção quando o equipamento apresenta indícios de mau funcionamento e iminência de ocorrência de uma avaria (Jardine, Lin, & Banjevic, 2006).

Além da manutenção preventiva existe a manutenção corretiva, onde a intervenção é realizada após uma avaria ocorrer, ou seja, sem existência de um planeamento prévio

(Nilsson & Bertling, 2007). O uso da manutenção corretiva, apesar de ser a estratégia mais simples a adotar por uma organização, pode tornar-se uma verdadeira dor de cabeça. A avaria de um pequeno elemento num equipamento pode vir a causar elevados danos num elemento mais importante, o que vai trazer elevados custos de substituição e/ou reparação (Nielsen & Sørensen, 2011). A Figura 10 mostra os diferentes tipos de manutenção.



Figura 10 - Tipos de manutenção

3.1.4. Níveis de manutenção

Com o desenvolvimento da filosofia TPM, as empresas procuram que os seus operadores desenvolvam competências de modo a executarem eles mesmos as atividades de manutenção dos equipamentos. De acordo com o grau de complexidade técnica das tarefas, da qualificação requerida dos executantes e dos meios técnicos envolvidos nas respetivas tarefas, estas são divididas em diferentes níveis. A Associação Francesa de Normalização (AFNOR), através da norma NF X60-010 classifica as tarefas da manutenção em 5 níveis (Le Fouler et al., 2002):

- Nível 1: Intervenções simples nos órgãos acessíveis, sem necessidade de desmontar ou abrir o equipamento. Estas intervenções podem ser executadas pelo operador do equipamento, com o auxílio de ferramentas de uso geral e de instruções de operação, como é o caso da documentação técnica do equipamento;
- Nível 2: Resolução de avarias através da substituição de elementos previstos para esse efeito e intervenções simples relativas à manutenção preventiva. Este tipo de manutenção é realizado por técnicos de qualificação média, com o auxílio de ferramentas específicas, documentação técnica e seguindo as instruções de segurança;

- Nível 3: Intervenções que implicam procedimentos complexos e/ou equipamentos de suporte portáteis de utilização complexa. Deste nível fazem parte a identificação e diagnóstico de avarias e reparações que envolvam a substituição de elementos funcionais. Os trabalhos referentes a este nível são realizados no local ou na oficina de manutenção, por técnicos especializados, com o auxílio das ferramentas definidas no manual de manutenção;
- Nível 4: Intervenções cujos procedimentos envolvem o domínio de técnicas e tecnologias específicas e/ou o uso de equipamentos de suporte específicos. Estas intervenções são realizadas por técnicos ou por equipa especializada, auxiliados pelas instruções gerais ou específicas do manual de manutenção;
- Nível 5: Intervenções cujos procedimentos envolvem *know-how*, utilizando técnicas e tecnologias particulares. Este tipo de intervenções de manutenção é, tipicamente, realizado pelo fabricante ou por uma empresa com equipamento de suporte definido pelo fabricante.

3.2. Gestão da manutenção

Ao longo dos anos, a importância da função manutenção assim como da gestão da manutenção têm vindo a crescer (Garg & Deshmukh, 2006). Há algumas décadas, as empresas começaram a perceber que as qualidades da engenharia sozinhas não eram suficientes para supervisionar o departamento de manutenção, isto levou à criação da gestão da manutenção.

A manutenção tornou-se uma parte importante e fundamental do conceito de negócio de qualquer organização. Algumas das razões que levaram ao interesse em desenvolver o conceito de gestão da manutenção como uma das principais funções de suporte da produção foram: a crescente pressão competitiva que exige o controlo rigoroso dos custos, a tendência cada vez maior de automação que exige equipamentos produtivos altamente confiáveis e o elevado interesse nas filosofias de origem japonesa com o intuito de melhorar o processo de produção (Pintelon & Gelders, 1992). A gestão da manutenção não só contribui para melhorar a qualidade, o custo e o tempo de entrega do produto, mas também para aumentar a segurança dos trabalhadores e as relações interpessoais (Yadav, Singh, & Kumar, 2017).

Segundo Ng, Goh e Eze (2011), existem alguns critérios fundamentais para atingir o sucesso na gestão da manutenção, tais como o apoio da gestão de topo, *benchmarking*, planeamento estratégico, dar suporte aos colaboradores, formação, treino e fazer a melhor gestão possível dos colaboradores.

Num estudo realizado por Rukijkanpanich e Pasuk (2018), o ciclo de Deming mostrou ser uma excelente ferramenta a utilizar pela gestão da manutenção para o planeamento da mesma. Sendo esta capaz de mudar o comportamento das pessoas envolvidas de modo a que as máquinas e todas as atividades de manutenção estivessem de acordo com o plano da gestão da manutenção. Uma vez realizado o primeiro ciclo, é depois realizado o segundo, o terceiro e assim sucessivamente. Deste modo, consegue-se atingir a melhoria contínua.

O processo começa com o planeamento estratégico, onde são avaliadas as condições e as capacidades do equipamento, incluindo a idade do mesmo assim como os problemas existentes. Além disto, a avaliação do investimento para a melhoria do equipamento é calculada. A segunda parte do ciclo diz respeito ao planeamento tático, onde são planeadas e/ou melhoradas as atividades de manutenção. A última parte é o planeamento operacional onde os operadores e técnicos de manutenção são formados e treinados para o uso correto dos equipamentos, incluindo as atividades de manutenção realizadas por estes (Rukijkanpanich & Pasuk, 2018). Na Figura 11 está representado o ciclo de Deming, adaptado para o funcionamento da gestão da manutenção, segundo Rukijkanpanich e Pasuk.

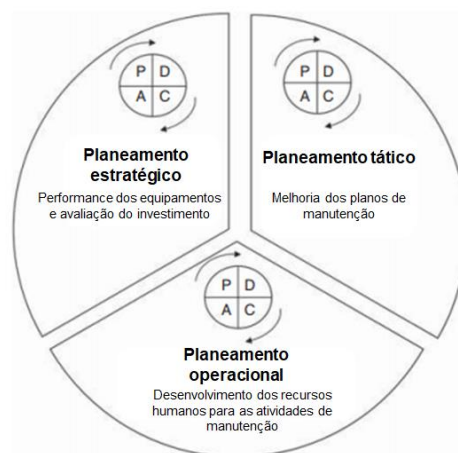


Figura 11 - Estrutura para a gestão da manutenção

Em suma e de acordo com a Norma Europeia, a gestão da manutenção “compreende todas as atividades da gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção, e os implementam por meios como o planeamento, o controle e a supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos” (Instituto Português da Qualidade, 2007)

3.2.1. Indicadores de desempenho

A utilização de indicadores de desempenho, em inglês *Key Performance Indicators* – KPI's, é um princípio fundamental de gestão. Tal como noutras funções, a medição do desempenho na função manutenção é importante. Indicadores de desempenho bem definidos podem dar um forte apoio na identificação de lacunas existentes entre o desempenho atual e o desejado, assim como fornecer indicações de melhoria no sentido de eliminar as lacunas identificadas (Muchiri, Pintelon, Gelders, & Martin, 2011).

Os indicadores de desempenho fornecem informações bastante importantes sobre o desempenho da manutenção e podem ajudar potencialmente os gestores de manutenção a concentrar as equipas as suas equipas e os recursos existentes em determinadas áreas específicas do sistema de produção.

3.2.1.1. Mean Time Between Failures - MTBF

Mean Time Between Failures (MTBF) é um indicador que fornece informações relativas à fiabilidade de um equipamento ou de um subconjunto (Pan, Sheng, Wang, & Han, 2016). Este exprime o tempo médio de bom funcionamento, ou seja, o tempo que decorre, em média, entre duas avarias consecutivas (Balc et al., 2017). Para um determinado período de tempo, o MTBF é calculado através do quociente entre o tempo de funcionamento (TF) e número de avarias (Lomte, Bhosle, Ambad, & Gaikwad, 2018).

$$MTBF = \frac{TF}{N^{\circ} \text{ de avarias}} \quad (6)$$

3.2.1.2. Mean Time to Repair – MTTR

Mean Time to Repair (MTTR) exprime o tempo médio necessário para reparar uma avaria. Para um determinado período, o MTTR calcula-se através do quociente entre o tempo utilizado nas reparações das avarias (TR) e o número de avarias (Lomte et al., 2018):

$$MTTR = \frac{TR}{N^{\circ} \text{ de avarias}} \quad (7)$$

3.2.1.3. Mean Waiting Time – MWT

Mean Waiting Time (MWT) representa o tempo médio de espera pelo serviço de manutenção. Este indicador fornece informações sobre as condições de atendimento do

serviço de manutenção relativamente às situações de avaria e é calculado através da seguinte fórmula (Cabral, 2006):

$$MWT = \frac{\text{Tempo de Espera}}{N^{\circ} \text{ de Avarias}} \quad (8)$$

3.2.1.4. Disponibilidade - D

Segundo a NP EN 13306, a disponibilidade é definida como “a aptidão de um bem para estar em estado de cumprir uma função requerida em condições determinadas, num dado instante ou em determinado intervalo de tempo, assumindo que é assegurado o fornecimento dos necessários meios externos” (Instituto Português da Qualidade, 2007).

A disponibilidade (D) depende da manutibilidade e da fiabilidade, já referidos anteriormente, e é calculada como mostra a equação (9) (Aggarwal, Kumar, & Singh, 2017):

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (9)$$

Ou a sua forma alternativa (Schuerger, Arno, & Dowling, 2016):

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT} \quad (10)$$

3.3. **Total Productive Maintenance - TPM**

As empresas enfrentam diariamente diversos obstáculos e desafios para atingirem o sucesso devido ao ambiente competitivo que existe atualmente no mundo do trabalho. Para serem bem-sucedidas, as organizações necessitam de ser suportadas por práticas e procedimentos de manutenção eficazes e eficientes.

Para responder a estas necessidades crescentes, as organizações têm vindo a adotar diferentes técnicas e abordagens. Uma técnica utilizada para melhorar a *performance* das atividades de manutenção é a implementação e o desenvolvimento da metodologia TPM – *Total Productive Maintenance* –, ou em português – Manutenção Total Produtiva (Ahuja & Khamba, 2008).

TPM é uma metodologia com origem no Japão na década de 50, para apoiar o sistema de produção *Just In Time* (JIT) uma vez que, segundo os japoneses, ter equipamentos seguros e eficientes são um pré-requisito básico para a implementação de atividades *Lean* numa organização (Ahuja & Khamba, 2008) .

TPM focou-se inicialmente na manutenção preventiva, onde aquando da instalação de um novo equipamento era necessário implementar as ações de manutenção preventivas recomendadas pelo fornecedor do equipamento. Em 1957, foi introduzido o conceito de Manutenção Corretiva cujo objetivo era melhorar o equipamento de modo a que as falhas pudessem ser facilmente eliminadas (Singh, Gohil, Shah, & Desai, 2013).

Em 1960, o TPM focou-se na manutenção produtiva onde foi reconhecida a importância da fiabilidade, manutenção e eficiência económica no *design, procurement* e nas diferentes fases de gestão de um equipamento (Wireman, 2004).

Finalmente, no início da década de 70, o TPM evoluiu para uma estratégia focada numa abordagem eficiente da manutenção produtiva através de um sistema baseado na participação de todos os colaboradores. Foi neste momento que se juntou a palavra “total” à manutenção produtiva, formando a Manutenção Total Produtiva.

Hoje em dia, o TPM é uma marca registada no *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) e encontra-se implementada em vários países com resultados notáveis (Wireman, 2004).

Seiichi Nakajima, vice-presidente do *Japanese Institute of Plant Engineers* (JIPE) e o fundador do *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), foi quem mais contribuiu para o desenvolvimento do TPM no Japão e tornou-se conhecido como o pai do TPM. Nakajima define TPM como uma abordagem inovadora para a manutenção que otimiza a eficiência de um equipamento, elimina as avarias e promove a manutenção autónoma realizada pelos operadores através de atividades diárias (Ahuja & Khamba, 2008).

O conceito de TPM assenta nos seguintes pontos (Singh et al., 2013):

- Maximizar a eficiência dos equipamentos;
- Elaboração um sistema global de manutenção produtiva para toda a vida útil do equipamento;
- Envolver todos os funcionários e todos os departamentos, desde a gestão de topo até aos trabalhadores do chão de fábrica;
- Reforçar a motivação dos colaboradores através da criação de pequenos grupos autónomos de manutenção produtiva.

A contribuição do TPM para a melhoria da produtividade no setor industrial começou a ser reconhecido desde que o JIPM introduziu o conceito na comunidade industrial como uma forma de eliminar os seis grandes desperdícios, especialmente aqueles que estavam relacionados com equipamentos onde não era realizado qualquer tipo de manutenção (Morales Méndez & Rodriguez, 2017).

3.3.1. Overall Equipment Efficiency – OEE

O objetivo do TPM é maximizar a eficiência dos equipamentos através da eliminação das falhas, defeitos e outras formas de perdas e desperdícios. Para determinar a eficiência de um equipamento é utilizado o indicador *Overall Equipment Efficiency* (OEE). Este indicador mede a produtividade da fabricação e é utilizado como medidor do sucesso da implementação do TPM (Candra, Susilawati, Herisiswanto, & Setiady, 2017). Uma percentagem de 100% do OEE significa que apenas foram produzidas peças boas sem tempos de paragem, ou seja, 100% de qualidade resultado da produção de apenas peças boas, 100% de desempenho significa que foram produzidas o mais rápido possível, e 100% de disponibilidade, sem tempo de paragens. O valor de OEE é resultado do produto entre a disponibilidade operacional (Do), o rendimento velocidade (Rv) e a taxa de qualidade (Tq), tal como é demonstrado na equação (11):

$$OEE = Do \times Rv \times Tq \quad (11)$$

A Disponibilidade Operacional (Do) está relacionada com todas as paragens e corresponde ao rácio entre o tempo em que o equipamento está em funcionamento (TF) e o tempo total disponível de utilização do mesmo (Tempo Afetado). Para o cálculo deste indicador não é contabilizado o tempo relativo às paragens programadas, como é o caso das pausas e das atividades de manutenção programadas. A disponibilidade é calculada através da equação (12):

$$Disponibilidade\ Operacional(Do) = \frac{Tempo\ de\ Funcionamento\ (TF)}{Tempo\ afetado\ (TA)} \times 100 \quad (12)$$

Onde o Tempo de Funcionamento (TF) é o tempo durante o qual um equipamento está a produzir peças boas ou peças defeituosas, respeitando ou não o tempo de ciclo e com a totalidade ou parte das suas funções em uso. O Tempo Afetado (TA) corresponde ao tempo total disponível do equipamento subtraindo o Tempo Não Afetado (TNA) que corresponde às paragens programadas, ou seja, aquelas que decorrem de pausas programadas dos operadores, intervenções de manutenção programadas e tempo não utilizado (sobre capacidade).

O Rendimento Velocidade (Rv) é calculado através da divisão entre o Tempo de Bom Funcionamento (TBF) e o Tempo de Funcionamento (TF). O TBF corresponde ao tempo durante o qual o equipamento está a produzir peças boas no tempo de ciclo teórico e com todas as suas funções em serviço.

$$Rendimento\ Velocidade\ (Rv) = \frac{Tempo\ de\ Bom\ Funcionamento\ (TBF)}{Tempo\ de\ Funcionamento\ (TF)} \times 100 \quad (13)$$

A taxa de qualidade (Tq) é calculada através do quociente entre o número de peças boas fabricadas (PBF) e o total de peças fabricadas. O número de peças boas corresponde ao número de peças que são entregues ao cliente.

$$\text{Taxa de qualidade (Tq)} = \frac{\text{Peças Boas Fabricadas (PBF)}}{\text{Peças Fabricadas}} \quad (14)$$

3.3.2. Seis grandes perdas

Para atingir a eficiência dos equipamentos, existem seis grandes perdas que o TPM pretende eliminar (Ahuja & Khamba, 2008; Ben-daya & Duffuaa, 1995):

- Falhas e avarias nos equipamentos: Uma das maiores perdas de tempo e eficiência num setor produtivo é causado pelas avarias dos equipamentos (Glock, 2013).
- Mudanças de produto e ajustamentos – *setup*: Perda que resulta de paragens associadas à mudança de produto e respetivas afinações. Corresponde ao intervalo de tempo entre a paragem de produção do produto que estava a ser produzido e o início de produção do novo produto.
- Pequenas paragens: Perdas que ocorrem quando o equipamento para temporariamente devido a problemas momentâneos. Por exemplo, quando um sensor atua devido à deteção de um produto defeituoso. Neste caso, o equipamento volta a operar normalmente com a retirada da peça defeituosa ou através de um re-arranque.
- Quebras de velocidade: Perdas devido a quebras de velocidade, quando um equipamento está a trabalhar a uma velocidade inferior à que era suposto estar, ou seja, é a diferença entre a velocidade nominal e real de um equipamento.
- Produtos com defeitos e retrabalho: Perda relacionada com os produtos defeituosos e com a necessidade de retrabalho. Perdas de tempo e de dinheiro necessárias para reparar produtos com defeitos de modo a recuperá-los.
- Arranque dos equipamentos: Perdas que ocorrem no início da produção.

As duas primeiras perdas são consideradas perdas de tempo, as duas seguintes perdas de velocidade e as duas últimas perdas estão relacionadas com a qualidade (Tsarouhas, 2007). A Figura 12 mostra a relação que existe entre as seis perdas anteriormente identificadas com o indicador OEE.

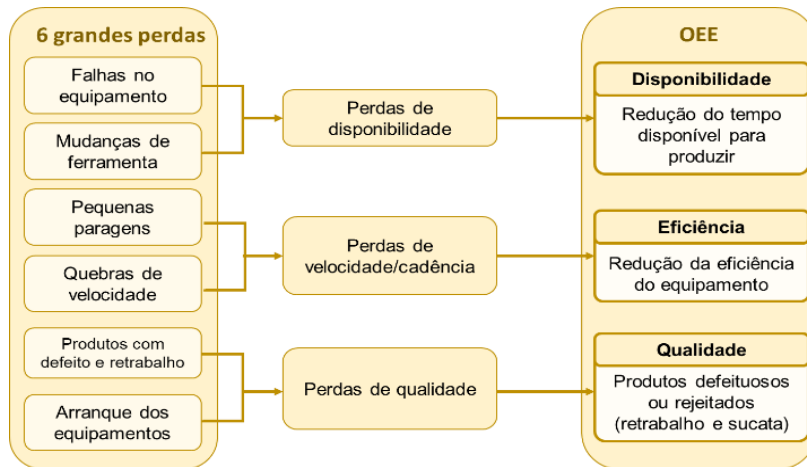


Figura 12 - Relação entre as 6 perdas e o OEE

3.3.3. Os pilares do TPM

Segundo Nakajima S. (1988) existem oito pilares básicos que necessitam de ser seguidos para uma correta implementação do TPM. Estes pilares são essenciais para o alcançar das metas do TPM: zero perdas, zero defeitos e zero acidentes. Na Figura 13 estão representados estes oito pilares.

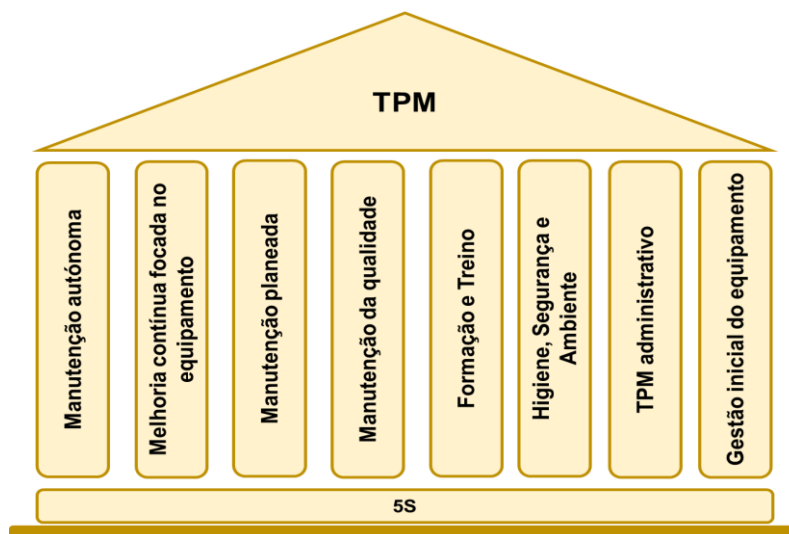


Figura 13 - Os 8 pilares do TPM

3.3.3.1. 5S

A base para a implementação do TPM são os 5S (Jörn-Henrick Thun, 2006). Os 5S, *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*, cinco palavras com origem na língua japonesa e que começam por “S”, referem-se a um conjunto de práticas que têm como objetivo a redução do desperdício e a otimização da produtividade e da qualidade através da manutenção das condições ótimas dos locais de trabalho e do uso de gestão visual com o

intuito de obter resultados operacionais mais consistentes. Quando traduzidas, estas cinco palavras significam literalmente organização, arrumação, limpeza, padronização e disciplina. No funcionamento diário de uma empresa, as rotinas que mantêm a organização e a ordem são essenciais para um fluxo de atividades eficiente. De seguida, são apresentados cada um dos 5S (Bayo-Moriones, Bello-Pintado, & Merino-Díaz de Cerio, 2010; Suarez Barraza, Smith, & Mi Dahlgaard-Park, 2009; Warwood & Knowles, 2004):

- *Seiri* – Triar: distinção entre aquilo que é realmente necessário para a realização das tarefas do posto de trabalho e aquilo que não o é e que necessita de ser eliminado;
- *Seiton* – Ordenar: foca-se na criação de locais adequados para armazenar e organizar cada coisa. Neste ponto deve-se definir a frequência de utilização do objeto de modo a criar uma localização com base no uso do objeto;
- *Seiso* – Limpar: envolve a limpeza correta da área de trabalho, assim como das áreas envolventes;
- *Seiketsu* – *Standardizar*: depois dos primeiros 3S terem sido implementados, o próximo passo é *standardizar* as melhores práticas de modo a garantir que as técnicas e métodos sejam claros e compreendidos por todos;
- *Shitsuke* – Melhorar: por norma é o “S” mais difícil de implementar. Neste ponto deve-se executar e melhorar os *standards*, verificar a boa aplicação dos standards, aplicar ações corretivas e melhorar a situação atual.

3.3.3.2. Manutenção Autónoma - *Jishu Hozen*

A Manutenção autónoma é chamada pelos japoneses *Jishu Hozen*. Este pilar é considerado como a parte mais ambiciosa da implementação do TPM pois depende da reação que os operadores do chão de fábrica têm perante a necessidade de mudança (J.-H. Thun, 2008).

Este pilar é baseado no conceito de que se os operadores aplicarem cuidados básicos de manutenção nas máquinas do seu posto, irão libertar os técnicos de manutenção que se poderão concentrar nas atividades de valor acrescentado e em reparações técnicas. Os operadores são responsáveis por manter os seus equipamentos em condições aceitáveis através de atividades diárias que evitem a sua deterioração. O objetivo da manutenção autónoma é tornar os equipamentos operacionais sem falhas, os operadores flexíveis para realizar as suas tarefas e eliminar os defeitos através da participação ativa dos funcionários (Singh et al., 2013). Para a implementação da

manutenção autónoma é importante adotar as seguintes políticas (Singh Rajput & Jayaswal, 2012):

- Operação ininterrupta dos equipamentos;
- Operadores flexíveis para operar e realizar atividades de manutenção noutros equipamentos;
- Eliminar os defeitos na raiz do problema através da participação ativa dos funcionários.

São sete as etapas para a aplicação da manutenção autónoma:

1. Limpeza inicial: eliminar por completo a sujidade que se incorpora no equipamento, bem como a deteção de inconveniências e a sua reparação;
2. Medidas de combate contra a fonte de sujidade e locais de difícil acesso: realizar melhorias quanto à fonte de sujidade, prevenção de derrames e locais de difícil limpeza e lubrificação, reduzir o tempo gasto nesses procedimentos;
3. Elaboração de normas de limpeza e lubrificação: realizar normas de limpeza com o objetivo de executar as atividades de limpeza no menor tempo possível;
4. Inspeção geral: deteção e restauração de falhas nos equipamentos através da aplicação de técnicas de inspeção geral;
5. Inspeção autónoma: Elaboração e execução da folha de inspeção;
6. Organização e ordem: executar a padronização dos itens de controlo dos diversos locais de trabalho e a sistematização total da sua manutenção: normas de inspeção de limpeza e de lubrificação, normas de fluxo de materiais no local de trabalho, padronização do registo de dados, normas de controlo de ferramentas, moldes e dispositivos;
7. Consolidação: desenvolver as diretrizes, as metas e executar regularmente o registo das atividades de melhorias.

3.3.3.3. Manutenção planeada

O objetivo da manutenção planeada é tornar os equipamentos sem falhas e a produzir sem defeitos para garantir a satisfação total do cliente. A manutenção planeada é uma abordagem pró-ativa que usa equipas de manutenção com pessoas especializadas para ajudar os operadores a saber como manter os equipamentos em bom estado. O objetivo da manutenção planeada é alcançar e manter a disponibilidade do equipamento num nível ideal de custo, melhorar a fiabilidade e a manutibilidade dos equipamentos, obter zero avarias/falhas e garantir a disponibilidade de peças de desgaste (Singh et al., 2013).

3.3.3.4. Melhoria contínua focada no equipamento – Kobetsu Kaizen

Kaizen significa “mudança para melhor”. O conceito envolve melhorias em equipamentos realizadas de forma contínua envolvendo colaboradores de todos os níveis da organização. Segundo o *Kaizen* “um grande número de pequenas melhorias é mais eficiente do que melhorias de grande valor em pequenas quantidades” (Singh et al., 2013). O objetivo deste pilar é a eliminação das maiores perdas de modo a melhorar a eficiência dos equipamentos (Batumalay & Santhapparaj, 2009).

3.3.3.5. Formação e treino

A formação é uma parte fundamental para a implementação dos pilares anteriormente referidos uma vez que as atividades de manutenção que anteriormente eram realizadas pelos técnicos de manutenção passam a ser realizadas pelos operadores dos equipamentos. Perante esta situação, os operadores precisam de compreender melhor o funcionamento dos equipamentos assim como aumentar o conhecimento sobre atividades de manutenção (J.-H. Thun, 2008).

3.3.3.6. Higiene, segurança e ambiente

O objetivo deste pilar é criar um ambiente de trabalho seguro, prevenir acidentes e reduzir os perigos para a saúde dos trabalhadores (Ali, Allama, & Parvez, 2010). Cerca de 6% dos colaboradores de uma organização estão diariamente envolvidos em atividades de manutenção. Devido à diversidade de atividades realizadas, estes estão expostos a muitos e variados perigos. Segundo números do EUROSTAT, entre 10% a 15% de todos os acidentes mortais estão relacionadas com atividades de manutenção (Milczarek & Kosk-Bienko, 2010).

3.3.3.7. TPM administrativo

O TPM administrativo foca-se na identificação e eliminação das perdas existentes nas atividades administrativas. Existem quatro passos básicos para a implementação deste pilar (Kanta Patra, Tripathy, & Choudhary, 2005):

1. Melhorar o ambiente de trabalho através de implementação dos 5S;
2. Identificação das anormalidades;
3. Sensibilização para a educação e formação;
4. Criação da sensação de domínio através da manutenção autónoma.

3.3.3.8. Manutenção da qualidade – *Hinshitsu Hozen*

Este pilar tem como objetivo estabelecer as condições ideais do equipamento de modo a reduzir a ocorrência de defeitos, assim como o controlo destas condições de modo a atingir zero defeitos.

3.3.3.9. Gestão inicial do equipamento

A gestão inicial do equipamento diz respeito a um conjunto de atividades realizadas durante o planeamento de novos equipamentos de modo a conferir aos mesmos elevados graus de fiabilidade, manutibilidade, operacionalidade e segurança. Esta gestão é aplicada a equipamentos, ao *layout*, a instalações assim como a novos processos e produtos. O objetivo é reduzir o custo de ciclo de vida do equipamento, minimizando as despesas com a manutenção e os processos de deterioração (Sharma & Bhardwaj, 2012).

3.4. **Lean Maintenance**

A palavra *Lean* tem origem no *Toyota Production System* (TPS) e foi inicialmente desenvolvida pelos japoneses para que estes pudessem competir com os líderes do mercado, os fabricantes americanos, através da eliminação do desperdício existente na produção. Desde então, o *Lean* tornou-se uma filosofia de gestão reconhecida internacionalmente cuja finalidade é melhorar a eficiência dos processos produtivos (Syltevik, Karamperidis, Antony, & Taheri, 2018). O *Lean Maintenance* (LM) é considerado como a melhor prática para melhorar os processos dentro da manutenção através da adoção de princípios *Lean* nas atividades de manutenção (Ebeid, El-Khouly, & El-Sayed, 2016). Existem diversas ferramentas *Lean* que podem ser aplicadas na área da manutenção, contudo apenas serão abordadas as ferramentas utilizadas ao longo do projeto: o ciclo PDCA, os 5 porquês, 5W2H e a gestão visual.

3.4.1. **Ciclo PDCA**

O ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), também conhecido como ciclo de Shewhart ou ciclo de Deming, é uma ferramenta muito utilizada na gestão da qualidade e tem como objetivo o controlo e a melhoria contínua dos processos de uma organização. Esta ferramenta ajuda as organizações a planear uma ação, a realizá-la, a verificar o que foi feito, com o intuito de saber se foi tudo executado como previsto e, por último, a atuar perante falhas que existiram (Johson, 2002). Em 1939, Walter A. Shewhart desenvolveu o ciclo PDCA e, passado uma década, W. Edwards Deming promoveu a utilização do ciclo

PDCA no Japão. Os japoneses de imediato adotaram este ciclo nas suas organizações e, como forma de agradecimento, decidiram honrar o Deming e chamar ao ciclo PDCA o ciclo de Deming (Johson, 2002).

O ciclo PDCA é constituído por quatro etapas bem definidas e distintas, como se pode observar na Figura 14: *plan*, *do*, *check* e *act* ou, em português, planejar, executar, verificar e atuar (Benjamin, Marathamuthu, & Murugaiah, 2015; Chang & Liang, 2009):

1. *Plan* – Planejar: nesta etapa são definidos, em primeiro lugar, as estratégias e os objetivos da organização. Seguidamente são identificados e analisados os problemas, estabelecidas as metas e desenvolvido um plano de ações;
2. *Do* – Executar: colocar em prática o plano de ações definido na etapa anterior;
3. *Check* – Verificar: avaliar aquilo que foi realizado comparando os resultados obtidos com os resultados esperados de modo a identificar possíveis falhas que ocorreram. Deste modo, consegue-se observar se os objetivos definidos na primeira etapa do ciclo foram alcançados;
4. *Act* – Atuar: realização de ações corretivas que têm como objetivo a correção das falhas verificadas na etapa anterior. Após a identificação de correções o ciclo volta ao início. Deste modo, garante-se a melhoria contínua.

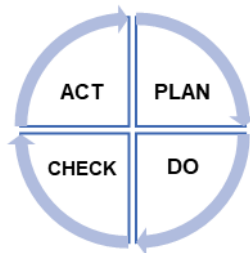


Figura 14 - Ciclo PDCA

3.4.2. 5 Porquês

A ferramenta dos 5 porquês é uma ferramenta de análise de problemas criada pelo Taiichi Ohno no Japão da década de 70, com o objetivo de melhorar a eficiência e a qualidade dos seus produtos (Alukal, 2007). Ohno, o pai do sistema de produção Toyota, percebeu que os seus trabalhadores se culpavam uns aos outros sempre que ocorriam problemas durante a produção. Por essa razão, Ohno desenvolveu esta metodologia que tem como objetivo descobrir a causa raiz de um problema e trabalhar nela, em vez de culpar o colega de trabalho (Zahoor, Shehzad, Mufti, Zahoor, & Saeed, 2017).

Esta ferramenta consiste em questionar “Porquê” cinco vezes ou as vezes que forem necessárias até encontrar a resposta a um determinado problema (Benjamin et al., 2015). As respostas aos vários porquês não têm como objetivo encontrar pessoas culpadas pois

o foco na busca das causas raiz está no processo do problema e não nas pessoas envolvidas. Para a utilização da ferramenta de forma correta, as etapas a executar são (Card, 2017; Testa & Sipe, 2006):

1. Definir o problema, ou seja, entender o problema e ter pleno conhecimento dos factos e do contexto em que ele se insere;
2. Fazer a pergunta “Porquê?” ao problema o número de vezes necessárias até chegar à causa raiz;
3. Verificar o caminho inverso através da palavra “Então”, ou seja, ao realizar o caminho inverso todas as frases devem fluir naturalmente com o “Então”, se a análise for lógica;
4. Definir os planos de ação para eliminar as causas raiz identificadas de modo a erradicar o problema.

Benjamim, Marathamuthu e Murugaiah (2015) usaram a metodologia dos cinco porquês para descobrir a causa raiz do desperdício no sistema de produção da Toyota. O estudo destes três autores mostrou que o uso dos cinco porquês na indústria da produção fornece uma abordagem realista do problema, desde a sua identificação até à sua irradicação, a fim de reduzir e eliminar os defeitos.

3.4.3. 5W2H

A ferramenta 5W2H foi criada por profissionais da indústria automobilística do Japão como uma ferramenta auxiliar na utilização do PDCA, principalmente na fase de planeamento. Na manutenção, a ferramenta 5W2H pode ser usada na pesquisa da origem de problemas e consiste na resposta a 7 perguntas: quem (*who*), o quê (*what*), onde (*where*), quando (*when*), porquê (*why*), como (*how*) e quanto (*how much*). Na Tabela 2 estão descritos alguns exemplos de questões que devem ser colocadas para aplicar da melhor maneira as 7 perguntas anteriormente apresentadas (Klock, Gasparini, & Pimenta, 2016).

É importante referir que as 7 perguntas estão interligadas e que no final do seu preenchimento, surge um plano de ações detalhado, de fácil compreensão e visualização, que define as ações a realizar, a maneira como vão ser realizadas e quais os responsáveis pela execução de tais atividades (Silva, Roratto, Servat, Dorneles, & Polacinski, 2013).

A disciplina imposta pelos 5W2H é bastante vantajosa ao levar à uniformização e ao respeito pelas etapas de pesquisa e de desdobramento. Esta ferramenta é moldável e adaptável consoante os tipos de problemas e departamentos onde é aplicada. O

departamento de manutenção poderá desenvolver, com base no que está apresentado na Tabela 2, uma estrutura de questões para cada uma das etapas do 5W2H.

Tabela 2 - Exemplo de questões de verificação dos 5W2H

5W	Who?	Quem?	Quem poderá estar envolvido? Quem mais pode ajudar? A quem se dirige a intervenção?
	Where?	Onde?	Em que local acontece? Onde poderá acontecer? Onde encontrar meios?
	What?	O quê?	O que é que acontece? O que é necessário fazer? Qual o objetivo?
	When?	Quando?	Quando acontece? Quando começar e terminar?
	Why?	Porquê?	Porque acontece? Porquê fazer?
2H	How? How much?	Como? Quanto custa?	Como se desenvolve o problema? Como resolver o problema? Como avaliar? Quanto custa?

3.4.4. Gestão Visual

A gestão visual, também conhecida como controlo visual, pode ser definida como um método para clarificar e mostrar as diferenças entre as condições normais e anormais de funcionamento de um sistema de produção (Murata & Katayama, 2010). Neste sentido, as ferramentas de gestão visual formam uma parte importante do processo de comunicação dentro de uma organização uma vez que qualquer pessoa deve ser capaz de observar e entender, em qualquer momento, os diferentes aspetos e estados de um processo. Isto é conseguido tornando os principais fluxos de processos visíveis e compreensíveis do início ao fim, através de meios físicos e organizacionais, medições e exibição pública de informações (B. Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2009). Deste modo, o processo torna-se transparente permitindo um feedback imediato do estado atual, indicando onde um determinado ajuste pode ser necessário (Parry & Turnerz, 2006). Na prática, a gestão visual é implementada através do uso de ferramentas de gestão visual, quer de forma individual ou combinada. Segundo Parry e Turnerz (2006), existem quatro tipos de ferramentas:

- Indicadores visuais que fornecem apenas informação (por exemplo: sinais de segurança e de trânsito);
- Sinais visuais que sinalizam e chamam a atenção para uma ação (por exemplo: semáforos);
- O controlo visual que limita e guia processos (por exemplo: rodovias ou faixas de estacionamento);

- Garantia visual, *poka-yokes*, que garantem o resultado desejado nos processos, eliminando ou alertando sobre erros.

Estes quatro tipos de ferramentas visuais ou a sua combinação como sistemas visuais são usados para criar um local de trabalho onde a gestão visual é realizada para apoiar o aumento da eficácia e eficiência das operações. O passo inicial para um local de trabalho visual é, muitas vezes, a implementação de uma metodologia sistemática de manutenção e estruturação do local de trabalho chamada de 5S (ver ponto 3.3.3.1).

Depois de implementar a estruturação visual, os padrões visuais e os quadros visuais de desempenho, conceitos mais avançados, como controlos visuais e garantias visuais são introduzidos. Controlos visuais podem ser usados no controlo nos materiais logísticos, controlo de processos, controlo de qualidade, controlo de segurança, entre outros. Artefactos e métodos relativamente simples, como cartões coloridos, codificação por cores e sombreados podem ser aplicados para realizar estes controlos (A. Tezel & Aziz, 2017).

Um *kanban* é um excelente exemplo de controlo visual. *Kanban* é um termo de origem japonesa e significa literalmente “cartão” ou “sinalização”, ou seja, é um cartão de sinalização visual que controla os fluxos de produção. Este cartão pode ser aplicado em diversas áreas dentro de uma organização e, consoante o tipo de área, obter diferentes resultados. De uma forma geral, a utilização do *kanban* permite visualizar o fluxo de trabalho, limitar a quantidade de trabalho, gerir e medir o fluxo de produção e tornar os fluxos de trabalho explícitos (Sendil Kumar & Panneerselvam, 2007).

4. Análise da situação inicial

Neste capítulo é feita uma análise à situação inicial da maquinação do caráter intermédio. Para tal, são calculados alguns indicadores, como é o caso do Rendimento Operacional, o MTBF, o MTTR e a Disponibilidade. De seguida, são analisadas as perdas dos equipamentos e dos respetivos subconjuntos mais penalizantes. Ainda neste capítulo, são nomeados e analisados os principais problemas encontrados inicialmente, na linha em estudo.

4.1. Rendimento Operacional - RO

Como foi referido no capítulo 2, na Renault Cacia é utilizado o indicador Rendimento Operacional (RO), equivalente ao OEE, para medir a eficiência de uma linha de produção. Na Figura 15 está representado, nas colunas a laranja, o RO mensal obtido durante o ano de 2017 na maquinação do caráter intermédio, assim como o RO objetivo para o mesmo ano, representado através da linha contínua. A última coluna diz respeito à média obtida para este indicador no ano de 2017.

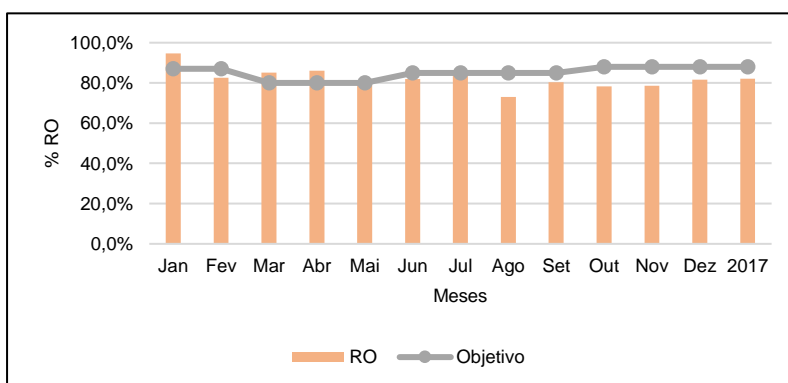


Figura 15 – RO da maquinação do caráter intermédio (%) – (2017)

O objetivo de RO para o ano de 2017 era de 88%, contudo a média anual mostra que este indicador se ficou pelos 82,1%. Observa-se, ainda, que apenas nos meses de janeiro, março e abril foi atingido o objetivo. O valor mais baixo, obtido no mês de agosto, justificase por este ser um mês de paragem da fábrica. Considerando os últimos cinco meses de 2017, nenhum deles conseguiu atingir o RO objetivo e, tirando o mês de setembro e dezembro com 80,4% e 81,6%, respetivamente, mais nenhum mês conseguiu ultrapassar a barreira dos 80% de RO.

Para um melhor entendimento acerca das diferenças entre o RO obtido e o RO objetivo foi construído um gráfico (ver Figura 16) que mostra o desvio do RO mensal relativamente ao objetivo. Através da análise do tamanho da barra vertical para cada ponto

do gráfico pode-se afirmar que os meses de outubro e novembro apresentam um desvio-padrão de aproximadamente 5%, unicamente ultrapassados pelo mês de agosto com um desvio padrão de 6%. O desvio-padrão verificado nestes meses demonstra o quão longe estes tiveram de atingir o objetivo para o Rendimento Operacional.

O desvio-padrão obtido nos meses de janeiro, março e abril, ao contrário do que aconteceu nos meses referidos anteriormente, representa a obtenção de um valor de RO superior ao RO objetivo.

Pode-se também afirmar que os meses de maio e julho são aqueles onde o desvio-padrão foi menor, não ultrapassando 1%. Quanto menor for o desvio-padrão, melhor uma vez que isso significa que os resultados obtidos vão de encontro aos resultados esperados. A existência de desvios padrões elevados indica que a linha de produção não está a ter o desempenho esperado, levando à necessidade de identificação dos problemas existentes e à sua conseqüente resolução.

A linha de tendência, representada através da linha a tracejado, mostra que com o decorrer do ano de 2017, o valor do rendimento operacional da maquinação do caráter intermédio teve uma tendência negativa.

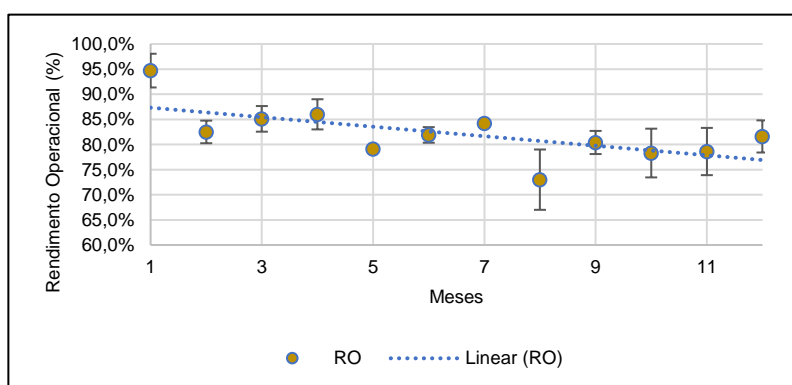


Figura 16 - Desvio-padrão do RO real em relação ao RO objetivo

4.2. Indicadores de desempenho da manutenção

Neste subcapítulo são calculados os indicadores de manutenção para os equipamentos da maquinação do caráter intermédio com o intuito de perceber o ritmo a que ocorrem as avarias, os tempos de reparação e a disponibilidade dos equipamentos.

4.2.1. Fiabilidade

Para estudar a fiabilidade dos equipamentos da maquinação do caráter intermédio foi calculado o MTBF mensal ao longo do ano de 2017. Sabendo que o MTBF representa o

tempo médio entre avarias, pretende-se identificar o tempo que decorre entre avarias consecutivas neste conjunto de equipamentos.

Analisando a Figura 17, pode-se afirmar que o mês de março foi o que teve mais avarias uma vez que este representa o valor mais baixo do MTBF com um tempo médio entre avarias de 91,45 horas, ou seja, em média, a cada 91,45 horas ocorreu uma avaria num dos equipamentos da linha.

Observa-se uma grande oscilação do MTBF entre os meses de julho, agosto e setembro, algo que se pode justificar por agosto ser um mês de paragem dos equipamentos da fábrica e setembro ser o mês de re-arranque dos mesmos. Tendo em consideração os últimos 5 meses do ano, o MTBF apresentou uma diminuição considerável entre agosto e novembro, ou seja, o número de avarias foi aumentando ao longo destes meses. No mês de dezembro o valor do MTBF aumentou consideravelmente, representando um resultado positivo.

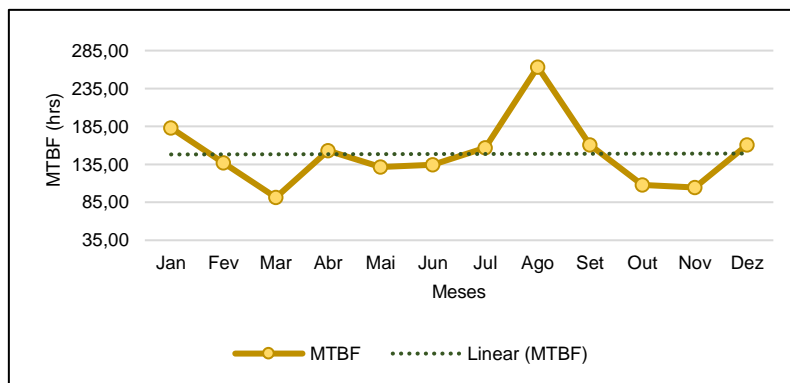


Figura 17 – MTBF dos equipamentos da maquinaria do cârter intermédio (hrs) – (2017)

4.2.2. Manutibilidade

Para estudar a manutibilidade dos equipamentos da maquinaria do cârter intermédio foi necessário calcular o MTTR. Este indicador informa sobre o tempo médio que uma avaria demora a ser reparada, portanto, quanto menor for o MTTR melhor. Na Renault Cacia, o tempo de reparação de uma avaria começa no momento em que é lançada uma OT até ao momento em que essa OT é fechada e, por essa razão, o MWT está incluído no MTTR. Na Figura 18 está representado o MTTR obtido ao longo do ano de 2017.

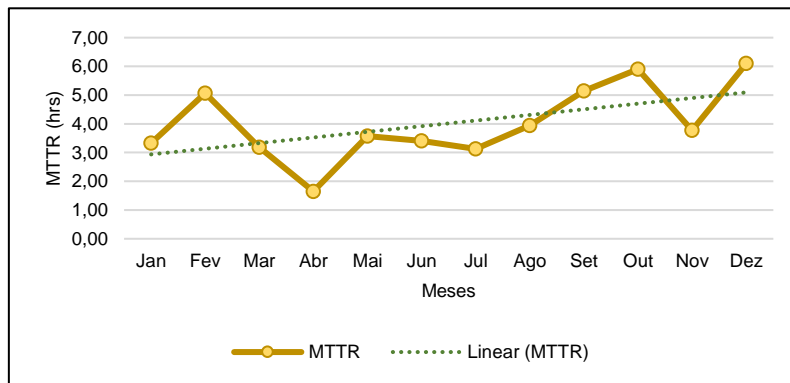


Figura 18 – MTTR dos equipamentos da maquinação do caráter intermédio (hrs) – (2017)

Ao analisar a Figura 18 pode-se afirmar que o MTTR apresenta uma tendência positiva, o que no caso deste indicador representa um resultado negativo para a gestão da manutenção uma vez que a tendência positiva indica que o tempo de reparação dos equipamentos foi aumentando ao longo do ano de 2017. O mês onde a média do tempo de reparação foi maior foi dezembro com uma média de 6 horas para reparar uma avaria nos equipamentos. Por outro lado, o mês de abril foi aquele onde o tempo necessário para reparar uma avaria foi menor, com uma média de 1,65 horas. Os valores elevados de MTTR podem ter diversas causas, tais como a complexidade da avaria, a falta de conhecimento dos técnicos de manutenção, a falta de recursos humanos e a falta de material.

4.2.3. Disponibilidade

Num cenário perfeito, onde fosse possível efetuar todas as reparações de avarias fora das horas programadas de operação, a disponibilidade de qualquer equipamento ou conjunto de equipamentos era 100%, contudo não é isso que acontece na realidade. Tendo em consideração o MTTR e o MTBF calculados anteriormente, calculou-se a disponibilidade dos equipamentos no ano de 2017, representada na Figura 19.

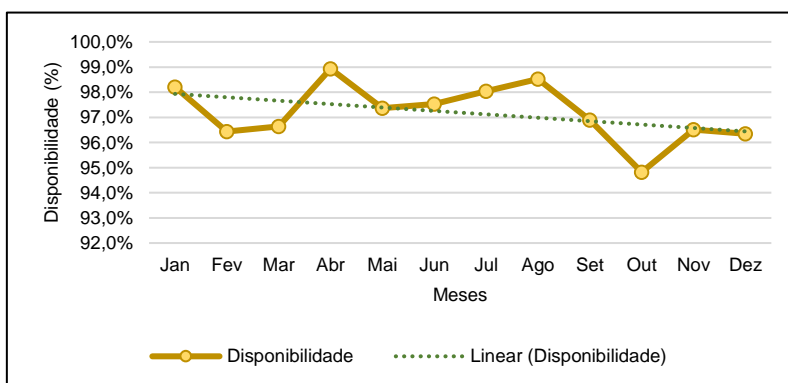


Figura 19 – Disponibilidade dos equipamentos da maquinaria do caráter intermédio (%) – (2017)

Através da observação da Figura 19, verifica-se que a disponibilidade apresenta uma tendência negativa ao longo do ano de 2017. O mês de abril foi o mês onde a disponibilidade obteve o maior valor, com cerca de 98,9%. Por outro lado, o mês de outubro representa o mês com uma disponibilidade mais baixa, com cerca de 94,8%. Este valor está relacionado com o elevado MTTR obtido para o mês de outubro, uma vez que a disponibilidade está relacionada com este indicador.

4.3. Perdas

Como já foi referido anteriormente, na Renault Cacia as perdas são divididas em diversas categorias e para efeitos contabilísticos estas são divididas da seguinte forma: avaria da máquina (AV), avaria da ferramenta (AF), avaria do produto (AP), paragem induzida (PI), paragem de qualidade (PQ), paragem frequencial (PF), mudança de rafale (MF), mudança de ferramenta (MF), falta externa (FE) e paragens devido à necessidade de diminuição do tempo de ciclo (TC). No diagrama de Pareto presente na Figura 20 estão representadas as perdas ocorridas na maquinaria do caráter intermédio, assim como a gravidade das mesmas, ou seja, o tempo de perda que cada uma delas causou. As colunas representam o tempo de perda, em horas, e a linha contínua representa esse mesmo tempo em percentagem acumulada, entre os meses de agosto e dezembro de 2017, na maquinaria do caráter intermédio.

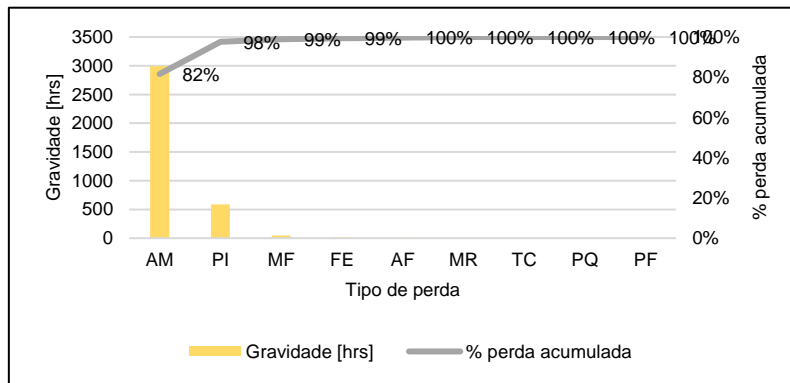


Figura 20 – Distribuição das perdas (entre agosto e dezembro de 2017)

Pode-se observar que a avaria das máquinas (AM) corresponde à perda mais penalizante, representado 82% das perdas que ocorreram, neste período. Sendo este valor muito elevado comparado com as restantes perdas, decidiu-se que a perda devido à avaria dos equipamentos iria ser analisada com o objetivo de identificar quais as causas desta elevada percentagem para, posteriormente, definir ações de modo a minimizar este valor.

4.3.1. Equipamentos mais penalizantes

Depois de apresentada a perda mais penalizante, foram identificados quais os equipamentos da linha que mais contribuíram para o elevado valor associado à avaria da máquina. Na Figura 21 encontra-se a distribuição desta perda pelos diferentes equipamentos, onde as colunas dizem respeito ao tempo de paragem, em horas, e a linha continua à percentagem acumulada.

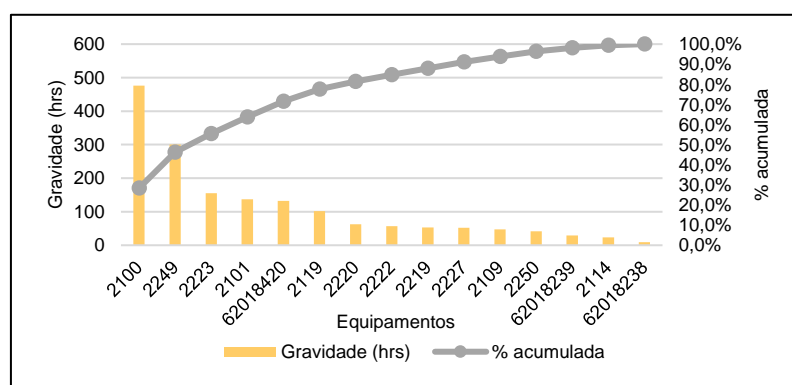


Figura 21 – Distribuição da perda “Avaria Máquina”- (agosto e dezembro de 2017)

O equipamento mais crítico, ou seja, aquele que mais contribuiu para a perda “Avaria Máquina”, com aproximadamente 480 horas em avaria e com uma percentagem de 28,4%, foi o equipamento 2100.

A partir da Figura 21 é ainda possível observar que, considerando apenas os três equipamentos mais penalizantes, estes representam mais de metade das perdas devido a avarias, com cerca de 55%. Além do mais, estes três equipamentos têm todos a mesma tecnologia, a tecnologia 1. Dos 15 equipamentos em estudo, os 12 da tecnologia 1, ou seja, 80% do total dos equipamentos, representam 89% das avarias ocorridas na maquinação do carácter intermédio. Deste modo, pode-se concluir que estes 12 equipamentos iguais são os principais responsáveis pelo número elevado de avarias que ocorreram.

Com base no que foi referido, a máquina 2100 foi escolhida como a máquina escola, ou seja, é nesta que se vão concentrar as ações decorrentes de análises de causas aos problemas existentes. É nesta máquina que todas as questões técnicas, económicas e humanas vão ser analisadas para erradicação e/ou contenção das perdas. Todas as ações vão ser implementadas com pertinência, transparência, responsabilidade e com a participação de todos. Se as ações que vierem a ser implementadas nesta máquina mostrarem resultados positivos, as mesmas serão posteriormente aplicadas nas restantes 11 máquinas que são iguais.

4.3.1.1. Subconjuntos mais penalizantes

Para diminuir o número de avarias nos equipamentos é fundamental perceber quais as causas das avarias e, para isso, é necessário, em primeiro lugar, identificar quais os subconjuntos que mais avariaram. Por conseguinte, foram analisadas todas as OT registadas para a máquina anteriormente identificada como a mais penalizante, a 2100, no período entre 2016 e 2017. Foi considerado um período alargado pois quanto maior for o intervalo de análise mais realistas são os resultados.

No diagrama de Pareto da Figura 22 estão representados os subconjuntos que tiveram registo de avarias, onde as colunas representam a frequência de avarias, ou seja, o número vezes que determinado subconjunto esteve em avaria. Analisando este gráfico, conclui-se que as avarias mais frequentes ocorreram no armazém e na árvore do equipamento, representando estes dois subconjuntos cerca de 59% do número total de avarias. Pode ser consultado no Anexo J uma representação dos principais subconjuntos da máquina 2100, que é equivalente às restantes 11 máquinas da mesma tecnologia.

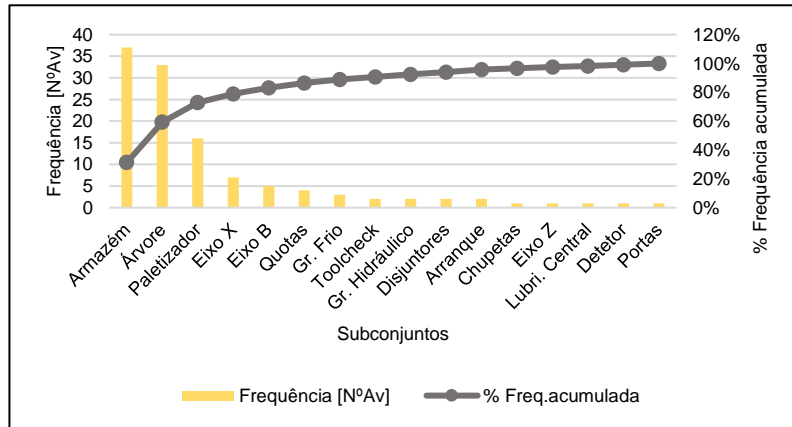


Figura 22 - Avarias ocorridas nos subconjuntos da máquina 2100 – (entre 2016 e 2017)

Apesar da Figura 22 dar informação a cerca dos subconjuntos com mais avarias, o mesmo nada informa sobre quais as causas que levaram a ocorrência de avarias nestes subconjuntos. Assim sendo, foram examinadas mais aprofundadamente as OT onde ocorreram as avarias no armazém e na árvore, com o intuito de perceber o que levou à ocorrência elevada de avarias nestes dois subconjuntos. Os resultados obtidos estão representados nas Figura 23 e Figura 24.

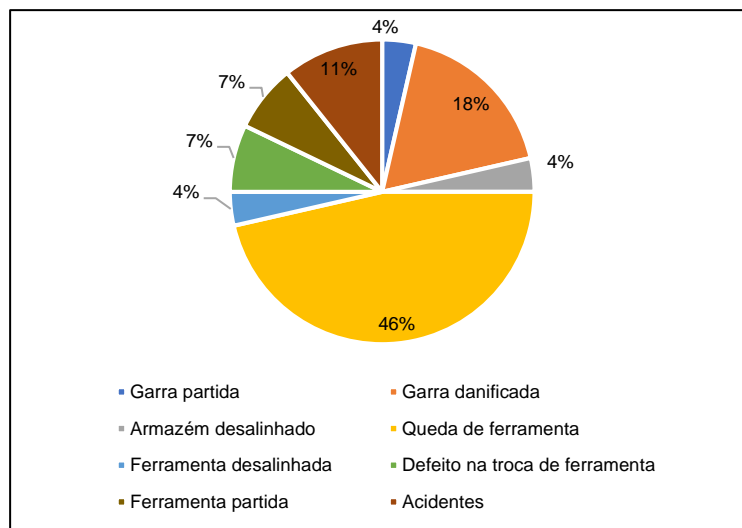


Figura 23 - Avarias no armazém das ferramentas da máquina 2100 (%) – (entre 2016 e 2017)

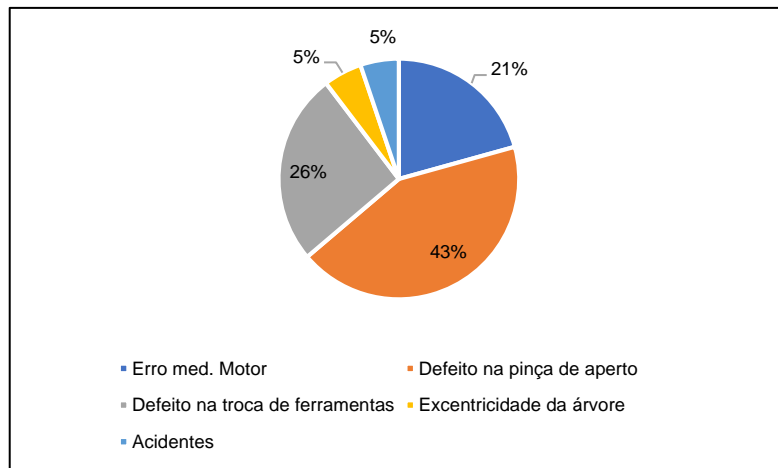


Figura 24 - Avarias na árvore da máquina 2100 (%) – (entre 2016 e 2017)

É importante referir que são os técnicos de manutenção que escrevem por eles próprios a causa de uma avaria, o que faz com que as OT tenham um carácter subjetivo e, por conseguinte, a leitura das mesmas seja mais difícil. Por exemplo, no caso do armazém das ferramentas, alguns técnicos escreveram como causa da avaria a queda da ferramenta, mas outros foram mais longe e escreveram que a ferramenta caiu devido às garras estarem danificadas. Posto isto, segundo a Figura 23, conclui-se que 46% das avarias ocorridas no armazém das ferramentas deveram-se à queda de ferramentas.

Relativamente às avarias ocorridas na árvore conclui-se, pela análise da Figura 24, que 43% ocorreram devido a defeitos na pinça de aperto. Estes defeitos estão normalmente associados à não abertura das pinças na troca de ferramentas ou então à falta de aperto da pinça na presença de uma ferramenta. Avarias deste tipo têm, frequentemente, como consequência, a queda da ferramenta.

Em suma, tendo em conta os resultados obtidos com a construção dos dois gráficos acima, concluiu-se que a queda de ferramentas é uma das principais causas para a ocorrência de avarias no equipamento 2100.

4.4. Plano de manutenção autónoma (PMA)

Sendo o plano de manutenção autónoma (PMA) fundamental para o bom funcionamento de qualquer equipamento, foi observado no terreno como é que os operadores aplicam e lidam com o mesmo.

Nas visitas realizadas à linha, os operadores mostraram algum desagrado com o PMA existente para a máquina mais penalizante, a 2100, pois este apresentava demasiadas tarefas e os tempos previstos para a realização das mesmas não eram os corretos. Além disto, os operadores reconheceram que muitas vezes só têm tempo para

realizar algumas das tarefas devido às exigências por parte da produção. O PMA referente a esta máquina pode ser consultado no Anexo K.

Devido às queixas recolhidas por parte dos operadores, foi calculada a carga horária do PMA existente, presente na Figura 25. Verificou-se que este apresenta uma carga anual de aproximadamente 310 horas, um valor bastante elevado uma vez que a carga anual de um PMA não deve ultrapassar as 70 horas.

Pela análise da Figura 25 pode-se afirmar que, das 310 horas anuais, cerca de 215 horas devem-se às tarefas realizadas por equipa, cerca de 65 horas às tarefas diárias e as restantes 30 horas são distribuídas pelas tarefas semanais, quinzenais, mensais, semestrais e anuais.

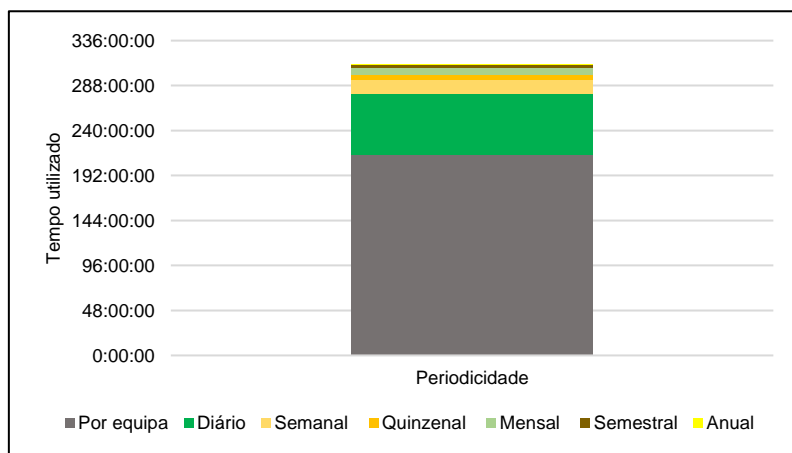


Figura 25 - Carga horário do PMA

Foram ainda divididas as tarefas consoante o estado em que a máquina tem de estar no momento da realização das mesmas: parada ou em produção. O resultado está apresentado na Figura 26.

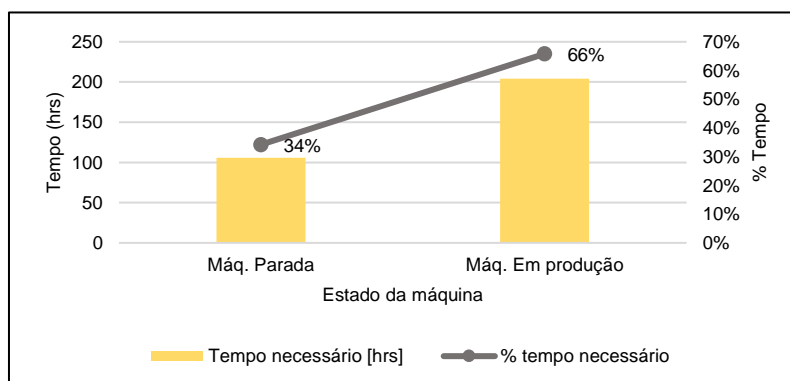


Figura 26 - Distribuição da carga do PMA consoante o estado da máquina

Das 310 horas necessárias para a realização do PMA, 106 horas tinham de ser realizadas com a máquina parada e 204 horas com a máquina em produção, ou seja, 66% das tarefas podiam ser realizadas enquanto a máquina estava a produzir. Quanto maior for esta percentagem melhor é para operador uma vez que ele pode ir realizando algumas tarefas do PMA enquanto espera que as máquinas realizem um ciclo de produção.

Apesar de apenas 34% das tarefas necessitarem de ser realizadas com a máquina parada, através de uma análise às tarefas e ao respetivo estado da máquina, foram constatados alguns erros. Por exemplo, existiam tarefas que, segundo o PMA, podiam ser realizadas com o equipamento em funcionamento, mas que para segurança do interveniente, teriam de ser realizadas com o equipamento parado.

Em deslocações ao terreno, verificou-se que o PMA existente no sistema e o qual os operadores seguem, estava desatualizado pois algumas das fotografias presentes no mesmo já não correspondiam à situação atual do equipamento, dado que este foi sofrendo algumas alterações ao longo do tempo. A coluna destinada às ferramentas a utilizar para a realização das tarefas estava incompleta pois existiam tarefas para as quais era necessária determinada ferramenta específica, mas nesta coluna nada dizia em relação ao que era necessário utilizar para realizar a tarefa da melhor forma. Para além do que já foi referido, observaram-se algumas anomalias relacionadas com as tarefas do PMA, presentes na Figura 27:

- Falta do mostrador de temperatura do grupo de refrigeração;
- Botão de emergência do painel de controlo sem a identificação correta;
- Alguns pictogramas do PMA colocados em locais errados, outros com alguma degradação e outros com os campos por preencher;
- Falta de gestão visual no manómetro onde se verifica a pressão do grupo pneumático.

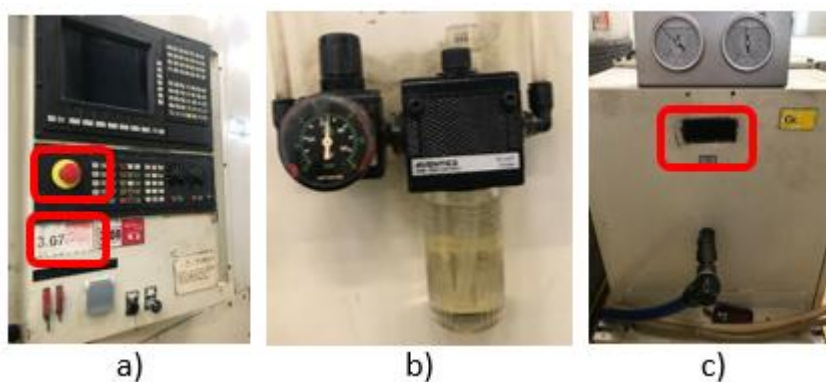


Figura 27 - Anomalias identificadas a) botão de emergência sem a correta identificação e etiqueta do PMA desgastada; b) falta de gestão visual no manómetro; c) falta do amostrador de temperatura

4.5. Material de apoio à manutenção

Em cada linha de produção existe um armário onde são colocados os óleos utilizados, pelos operadores, nas tarefas de lubrificação do Plano de Manutenção Autônoma (PMA). Além deste armário, existe outro referente às peças de desgaste dos equipamentos de cada linha de produção. Ambos os armários foram encontrados com problemas de organização e gestão visual. De seguida, é descrita a situação encontrada em cada um dos armários referidos.

4.5.1. Armário dos óleos desorganizado

O armário dos óleos da linha de produção em estudo encontrava-se desorganizado, as identificações de alguns óleos praticamente já não se notavam, estas identificações estavam feitas de forma confusa pois em alguns casos o nome do óleo estava escrito no próprio jerricã e noutros era identificado através de um papel. Verificou-se a existência de alguns óleos em excesso e outros em falta, alguns dos jerricãs não tinham tampa de proteção e existia imenso óleo na base do armário porque os operadores por vezes não fechavam corretamente a torneira do jerricã. A Figura 28 representa o estado em que foi encontrado o armário dos óleos.



Figura 28 - Armário dos óleos desorganizado

4.5.2. Armário das peças de desgaste desorganizado

O armário das peças de desgaste é composto pelas peças que são substituídas frequentemente nos equipamentos da linha de produção do cárter intermédio. Este armário foi encontrado no estado representado na Figura 29, com as caixas de cores completamente desorganizadas, caixas com material misturado e outras sem identificação do material que continham. Esta situação fazia com que os operadores ou os técnicos de manutenção demorassem imenso tempo à procura das peças que necessitavam, contribuindo para o aumento do MTTR.



Figura 29 - Situação encontrada no armário das peças de desgaste

4.6. Comunicação entre a fabricação e a manutenção

Teoricamente, todas as semanas a linha de produção do cárter intermédio deve parar, durante 4 horas, para a realização das atividades de manutenção programada. Está definido que esta linha deve parar todas as terças-feiras de cada mês, nos meses pares da parte da manhã e nos meses ímpares da parte da tarde. A folha de preparação do TPM é, normalmente, preenchida nas sextas-feiras anteriores a cada paragem. Contudo, verificou-se que, por vezes, as paragens programadas não eram realizadas e/ou não era feita a reunião para fazer a preparação do TPM.

Durante o período de acompanhamento, observou-se que em algumas semanas não foram realizadas as paragens programadas TPM devido a exigências de produção que impediam a paragem dos equipamentos ou devido ao número elevado de avarias nos equipamentos nos dias anteriores à paragem programada. Relativamente à preparação do TPM, verificou-se que, frequentemente, havia falta de compatibilidade entre as pessoas

que participavam nessa preparação. Apesar de estar definido que esta se realizava às sextas-feiras, não existia um horário estabelecido, sendo a reunião realizada de acordo com a disponibilidade de cada elemento. Isto fez com que muitas vezes a reunião não se realizasse com todos os elementos e até que esta se realizasse apenas na véspera do TPM.

Relativamente à animação da linha no que diz respeito às perdas dos equipamentos da linha não existia comunicação entre os vários intervenientes (produção e manutenção), tirando a reunião semanal para a preparação do TPM. De seguida são definidos os principais problemas observados:

- Inexistência de momentos diários, semanais ou mensais definidos onde sejam discutidas as avarias mais penalizantes e mais recorrentes, assim como quais os métodos a utilizar de modo a encontrar as causas principais das avarias para assim serem definidos planos de ações que as erradiquem;
- Falta de comunicação entre as necessidades da produção e as necessidades da manutenção de modo a programar mais eficazmente as atividades de manutenção programada;
- Falta de discussão sobre os valores obtidos com os indicadores utilizados. Apesar de mensalmente serem recolhidos os dados relativamente aos KPI's, estes não são discutidos.

4.7. Nível de competências dos operadores da linha

Um dos grandes problemas existentes na manutenção da Renault Cacia é a falta de técnicos de manutenção que leva a que muitas vezes a manutenção preventiva não seja realizada devido ao elevado número de ações corretivas para realizar. Uma vez que é cada vez mais difícil encontrar profissionais para a área da manutenção, como mecânicos e eletricitas, a contratação de técnicos especializados tem sido bastante escassa. Posto isto, a Renault Cacia tem procurado investir na formação dos operadores da linha de produção no que diz respeito à manutenção.

Numa análise realizada aos níveis de manutenção dos operadores da linha de produção em estudo deduziu-se que estes quando entram em funções têm um acompanhamento específico e algumas formações no terreno e nos equipamentos onde vão operar que lhes permite obter o nível 1 de formação. Relativamente ao nível 2, verificou-se que na 1^o equipa existiam 3 operadores com este nível, na 2^o equipa 1 operador, na 3^o equipa 2 operadores e na equipa de fim-de-semana 1 operador.

Considerando que cada equipa tem 7 operadores e 1 condutor de linha, o que dá no total de 32 operadores, apenas 7 têm o nível 2 de manutenção.

5. Apresentação e implementação de propostas de melhoria

Tal como exposto no capítulo anterior, através de uma análise à situação inicial da maquinação do carácter intermédio, foram identificados diversos problemas e oportunidades de melhoria. Assim sendo, foi necessário desenvolver e implementar propostas de melhoria que viessem reverter a situação encontrada e que, conseqüentemente, contribuíssem para a melhoria da disponibilidade da linha de produção em estudo. Deste modo, no presente capítulo é apresentado um conjunto de propostas de melhoria assim como uma descrição e explicação da sua implementação.

5.1. Utilização da ferramenta dos 5 porquês para diminuir o número de avarias devido à queda das ferramentas

Através da análise inicial realizada, verificou-se que as avarias no armazém das ferramentas e na árvore foram as duas principais causas de perda por avaria. Numa análise mais profunda identificou-se a queda de ferramentas como a causa principal para a ocorrência de avarias nestes dois subconjuntos.

Com o objetivo de encontrar a(s) causa(s) raiz da existência de tantas avarias relacionadas com a queda de ferramentas foi utilizada a ferramenta dos cinco porquês. Primeiramente, foi definida uma equipa de trabalho multidisciplinar constituída por técnicos de manutenção com alguns anos de experiência neste tipo de equipamentos, por um operador da linha, pelo instrutor sénior do TPM na Renault Cacia e pela autora deste projeto. De seguida, foram feitas diversas reuniões onde, numa primeira instância, se fez algum *brainstorming* com o intuito de identificar o máximo número possível de causas que levaram à queda de ferramentas. Posteriormente, depois de reunidas e selecionadas todas as causas consideradas válidas, estas foram esmiuçadas até chegar às causas raiz do problema em estudo. Ao longo da elaboração dos cinco porquês percebeu-se que o problema em análise era bastante complexo e que envolvia diversos fatores. Posto isto, houve a necessidade de utilizar mais do que cinco porquês para conseguir chegar às causas raiz. Uma vez identificadas, foram definidas quais as ações a tomar para erradicar as causas que levaram à queda de ferramentas. A Figura 30 representa o resultado obtido com a utilização da ferramenta dos cinco porquês.

Porque 1	Porque 2	Porque 3	Porque 4	Porque 5	Porque 6	Porque 7	Porque 8	Acções de Erradicação	Piloto/Prazo
Queda da ferramenta na árvore (E.B)	Pinça de aperto não está conforme	Pinça sem força de tração	Tirante não conforme (desapertado)	Degradação natural das molas	Não existe controlo MTBF	PMP não contempla este seguimento		Revisão completa e exaustiva do PMP	Gr. Máquina escola / Janeiro
			Fadiga ou fissura das molas (anilhas)	⊗				1	
			Cilindro hidráulico não conforme	⊗					
		Pinça com defeito de forma	Pinça fissurada	Sobre-esforços de compressão	Desalinhamento crónico do armazém com a E.B.	Folga na cadeia cinemática - rotação do armazém	PMP não é eficiente	1	
			Pinça com desgaste anormal	Lubrificação não conforme	Falta de lubrificação	Não existem instruções para a realização	Falta de standard	2	Inês Ribeiro / Janeiro
					Lubrificante incorreto			2	
				Desgaste do cone da ferramenta	Sobre-esforço nas pétalas	Desalinhamento na troca de ferramentas		1	
				Acumulação de limalha	Falta de manutenção	Não existem instruções para limpeza frequencial	PMP não contempla esta tarefa	1	
Queda da ferramenta no armazém	Armazém com km-0 não conforme	Garras não conformes	Garras empenadas	Colisões anormais	Má manipulação	Falta de competência para condução		Execução de standard de rearranque de máquina	Luis Vaz / Janeiro
						Não cumprimento do standard para rearranque após paragem súbita		3	
					Corte de energia súbito			3	
					Acumulação de limalha	Entrada anormal de limalha para o armazém	Falta de vedação da porta do armazém	Reparação das portas do armazém das ferramentas	Luis Vaz + Gr. Interv. / Fevereiro
			Fixação da garra não conforme	Fissura ou aperto não conforme	Colisões anormais (sobre-esforço)	Empeno do armazém	Acidentes	3	
			Abertura da garra não conforme	Mecanismo de accionamento não conforme				1	
				Limalha acumulada					
			Força aperto das garras não conforme	Limalha acumulada					
				Molas das garras não conformes	Mola empenada	Mola a funcionar à compressão desalinhada		Verificar a possibilidade de correção	Gr. Interv. / Fevereiro
					Mola fissurada	Mola com corrosão	Ataque químico pelo óleo de corte	Prever lubrificação e proteção	Inês Ribeiro / Janeiro
				Eixo da garra gripado	⊗			Substituição sistemática	Inês Ribeiro / Janeiro
		Centramento do armazém/E.B. - não conforme	Falha angular sistema rotação	Desgaste natural	PMP não é eficiente			1	
		Empeno armazém (estrutura)	Acidentes					3	

Figura 30 - Aplicação dos 5 porquês

O símbolo da bola vermelha com uma cruz significa que não existiram casos suficientes que justificassem a continuação do processo. Por exemplo, relativamente à queda de ferramentas na árvore, no quarto porquê existem três causas que levam à falta de força de tração da pinça: tirante não conforme, fadiga das molas e cilindro hidráulico

não conforme. Contudo, apenas se continuou o processo de descoberta da causa raiz para a primeira causa dado que as restantes ocorreram raras vezes.

Na realização dos cinco porquês foram identificadas como causas raiz do problema:

- O PMP não contemplar a substituição periódica das molas da pinça da árvore;
- O PMP não ser eficiente em algumas tarefas;
- A falta de *standard* para a lubrificação da pinça da árvore;
- A existência de desalinhamentos na troca de ferramentas;
- A falta de competências por parte do operador e/ou o não cumprimento de *standards* existentes;
- Cortes súbitos de energia;
- A falta de vedação da porta do armazém;
- Ocorrência de acidentes entre subconjuntos do equipamento;
- Mecanismo que aciona a abertura da garra do armazém não conforme;
- A mola das garras do armazém a funcionar desalinhadamente;
- Ataques químicos do óleo de corte nas molas das garras.

Posteriormente, foram identificadas as ações a realizar com o objetivo de erradicar e/ou diminuir as causas raiz anteriormente encontradas:

- A revisão completa e exaustiva do PMP;
- A execução de um *standard* para a lubrificação da árvore
- A execução de um *standard* para o re-arranque do equipamento;
- Reparação das portas do armazém das ferramentas;
- Verificação da correção do desalinhamento existente nas molas do armazém;
- Fazer uma previsão para a lubrificação e proteção devido ao ataque químico do óleo de corte;
- Fazer uma substituição sistemática das molas da garra do armazém das ferramentas.

Depois de construído o plano de ações, este foi realizado consoante o prazo previsto para tal e com o comando do respetivo piloto.

5.2. Revisão do plano de manutenção autónoma (PMA)

Para responder aos problemas detetados no ponto 4.4 relativamente ao PMA existente para a máquina 2100, este foi analisado e revisto. Constatou-se junto dos operadores que algumas tarefas não faziam sentido serem realizadas por estes, pois eram mais indicadas para os técnicos de manutenção. Além disto, verificou-se que muitas das

tarefas eram assinaladas como realizadas, mas na prática os operadores não realizavam as tarefas, por falta de tempo e/ou de vontade.

Posto isto, chegou-se à conclusão de que o que fazia mais sentido era avaliar as tarefas uma a uma e perceber quais é que eram realmente importantes de ter num plano de manutenção autónoma, tendo em consideração que o PMA existente tinha uma carga horária bastante superior à que se pretende. Na revisão do PMA foram tidas em consideração as tarefas que os operadores menos realizavam por falta de tempo ou por considerarem que não eram tarefas relevantes para o bom funcionamento do equipamento. Foi ainda utilizada a informação do manual de instruções do equipamento e o conhecimento do departamento de manutenção relativamente ao equipamento.

Relativamente às tarefas do grupo da limpeza foram retiradas as tarefas (1.06), (1.10), (1.11) e (1.12) uma vez que estas raramente eram realizadas pelos operadores e a sua importância não era muito elevada, podendo estas serem colocadas nas tarefas a realizar pelos técnicos de manutenção ou até retiradas. Além disto, foi aumentado o tempo para realizar a tarefa (1.04) pois em deslocações ao terreno verificou-se que os operadores necessitavam de mais tempo do que o estabelecido anteriormente para realizar a tarefa. Por último, foi completada a coluna das ferramentas onde foram colocados os materiais que são necessários usar para realizar cada uma das tarefas.

No que diz respeito às tarefas do grupo de lubrificação, foi retirada a tarefa (2.05) uma vez que o botão de lubrificação das paletes já não existia.

No grupo de verificação foi eliminada a tarefa (3.11) uma vez que para realizar esta tarefa é necessária a utilização de uma ferramenta que se encontra no grupo de manutenção, o que envolve duas deslocações do operador para poder realizar esta tarefa. Deste modo, considerou-se que fazia mais sentido ser o técnico de manutenção a realizá-la. A tarefa (3.12) foi igualmente eliminada uma vez que a sua periodicidade era semestral e, como tal, era sempre esquecida de se fazer pelos operadores, além do mais a importância da tarefa não era relevante para estar no PMA. Foram também alterados os tempos previstos para a realização de algumas das tarefas relativas à verificação, como é o caso das tarefas (3:07), (3:13) e (3:14) que passaram a durar 30 segundos em vez de 1 minuto e também da tarefa (3:08) cujo tempo foi reduzido de 2 minutos para 1 minuto. O PMA atualizado pode ser consultado no Anexo L.

Anteriormente, no capítulo 4, foram referidas algumas anomalias encontradas no equipamento e que dificultavam a realização das tarefas do PMA. Estas anomalias foram tratadas com o auxílio das etiquetas DCA. Na Figura 31 pode-se observar a colocação do visualizador de temperatura do grupo hidráulico, a colocação de pictogramas novos, a

sinalização correta do botão de emergência, assim como a gestão visual do manômetro do grupo pneumático.

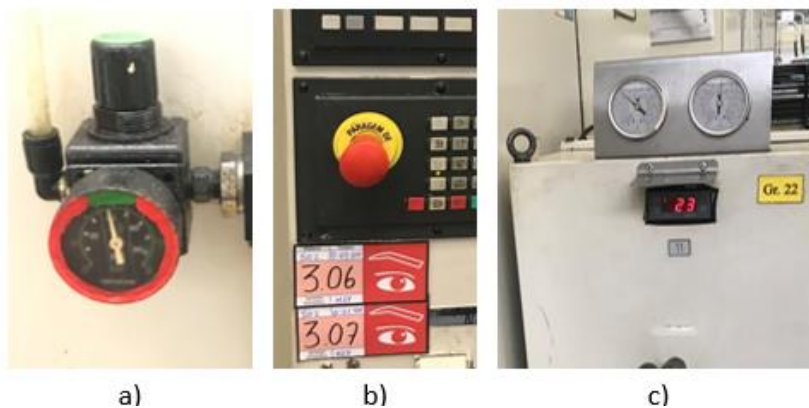


Figura 31 - Anomalias tratadas a) aplicação de gestão visual no manômetro; b) colocação de novas etiquetas do PMA e identificação correta do botão de emergência; c) colocação do mostrador de temperatura

5.3. Organização do armário dos óleos

Perante os problemas identificados no ponto 4.5.1 relativamente ao armário dos óleos, houve a necessidade de organizar o mesmo de modo a tornar as tarefas dos operadores mais simples e facilitadas. Como tal, em primeiro lugar, foram recolhidos todos os óleos necessários aos diversos equipamentos da linha de produção. De seguida, foram etiquetados todos os jerricãs, identificando o óleo que cada um continha. Para garantir que os operadores, depois de utilizar os óleos, colocam o jerricã no devido lugar, foi desenvolvido um *layout* com a localização dos jerricans e colocada numa das portas laterais do armário. Na Figura 32 está representado o novo armário dos óleos.



Figura 32 - O depois do armário dos óleos

5.4. Organização do armário das peças de desgaste

Em respostas aos problemas detetados no armário das peças de desgaste no ponto 4.5.2 foram aplicados os 5S e também alguma gestão visual. Começou-se por retirar todas as caixas coloridas do armário para posteriormente identificar o material desnecessário que existia em cada uma delas. De seguida, as peças que realmente faziam sentido estar neste armário foram separadas, colocadas em gavetas e identificadas com o respetivo código e subconjunto da máquina a qual fazem parte. Optou-se pela substituição das caixas pelas gavetas uma vez que estas são mais práticas e torna o processo de gestão das peças mais simples e organizado. Para facilitar o processo de encontrar a peça que se necessita foi elaborado um *dossier* que contem as peças de desgaste que são utilizadas para cada operação. As etiquetas amarelas são para a OP110, as verdes para a OP120 e as azuis para a OP110/120. No armário existe uma folha, representada na figura pela letra A, onde o utilizador regista a peça que tirou assim como a quantidade.

Em cada gaveta existe um *kanban* com a identificação da peça e com o stock-mínimo da mesma. O objetivo é de quando for atingido esse *stock* mínimo, colocar o *kanban* no recipiente correto, representado na Figura 33 com o número 1, e proceder à requisição dessa peça ou, pedir a alguém autorizado que faça a requisição. Depois de ter sido realizada a encomenda, o *kanban* é colocado no recipiente 2. Quando a peça de desgaste encomendada chegar, esta é colocada na gaveta corretamente identificada e o *kanban* presente no recipiente 2 é devolvido à gaveta da peça em questão. Por último, foi desenvolvida uma FOS que explica o modo de utilização do armário das peças de desgaste, representada pela letra B na Figura 33.



Figura 33 - O depois do armário das peças de desgaste

5.5. Animação do desempenho e do progresso

Uma vez que o TPM afirma que as pessoas são o bem mais precioso de uma organização e que só através da participação de todos é possível atingir os objetivos pretendidos, é fundamental a comunicação entre os diferentes departamentos pois ambos são responsáveis pelo desgaste e deterioração dos equipamentos.

Tal como referido anteriormente no ponto 4.6 esta comunicação não estava a ser realizada da melhor forma, apresentando diversas lacunas. Posto isto, foi desenvolvido um quadro de animação chamado de “*Chantier de Fiabilização Lean*” e colocado na linha de produção em estudo. Com a criação deste quadro pretende-se a realização de reuniões semanais junto ao mesmo com a participação do CA da manutenção, CUET da linha, do piloto deste quadro e a respetiva equipa de trabalho.

5.5.1. *Chantier de Fiabilização Lean*

O quadro do *Chantier de Fiabilização Lean* baseia-se no ciclo PDCA devido à simplicidade de compreensão que este ciclo fornece. O desenvolvimento do quadro é feito com base num *planning* constituído por 5 etapas relacionadas com o ciclo PDCA. De seguida apresenta-se uma pequena descrição de cada uma destas etapas:

- Etapa 0 – preparação: apresentação do *chantier*, preparação de documentos, pré-análises e definição de indicadores e ferramentas;
- Etapa 1 – priorizar equipamentos e definição de metas: escolha dos equipamentos, definição de objetivos da linha e dos equipamentos selecionados, estabelecimento de uma ficha de manutenção programada e a colocação do painel em atividade. Esta etapa assim como a etapa 0 constituem a fase *Plan*. A ficha de manutenção programada utilizada na Renault tem como base os 5W2H e o seu objetivo é demonstrar em que modos as várias ações são realizadas. Na Figura 34 encontra-se uma parte da ficha de inspeção programada. A partir da análise ao histórico de avarias dos equipamentos mais penalizantes são definidas as ações a realizar – O quê? -, são descritas as avarias de modo a justificar as ações – Porquê? -, são definidas em que subconjunto do equipamento vão ser realizadas – Onde?-, quem é que vai realizar as ações – Quem?-, a data de realização das ações – Quando?-, e, por fim, quais os pontos a controlar – Como?.

-.

FICHA de INSPECÇÃO (5W+2H)						
O quê?	Porquê?	Onde?	Quanto?	Quem?	Quando?	Como?
Descrição da ação	Descrição da avaria	Subconjunto	Duração	Resp. intervenção	Data da realização	Pontos a Controlar

Figura 34 - Ficha de Inspeção (5W+2H)

- **Etapa 2** – analisar as causas das falhas: realizar atividades de inspeção da manutenção programada, aplicar a 100% as tarefas do PMA e do PMPro, desenvolver atividades de DCA, correção imediata de anomalias e degradações aceleradas, investigar as causas raiz das falhas identificando o piloto, as ações e os prazos. Para o acompanhamento das atividades DCA é utilizada, pela Renault, uma folha de registo das DCA onde é colocado o número da etiqueta, a máquina onde foi colocada a etiqueta, a data, o tipo de anomalia identificada, a prioridade, o local da máquina onde foi detetada a anomalia, a área de atuação, a descrição da anomalia, o responsável pelo tratamento da anomalia, o prazo e o estado de tratamento da etiqueta DCA. Com a utilização desta folha pretende-se que todos os intervenientes fiquem a par das anomalias em atraso, das que faltam tratar e das que já foram tratadas. Na Figura 35 está presente uma folha de registo das DCA;

Folha de Registo "Detecção de Anomalias"										TPM							
Nome _____						Ano _____				<table border="1"> <tr><td>Tratada</td><td>T</td></tr> <tr><td>Curso</td><td>C</td></tr> <tr><td>Atraso</td><td>A</td></tr> </table>		Tratada	T	Curso	C	Atraso	A
Tratada	T																
Curso	C																
Atraso	A																
Tipos de Anomalias: 1 - Fuga 3 - Local de difícil acesso 5 - Desgaste 7 - Corrosão 9 - Fissura 11 - Segurança 13 - Vibração Anormal		2 - Fonte de Sujidade 4 - Folga 6 - Objecto desnecessário 8 - Deformação 10 - Função em Falta 12 - Degradação Forçada 14 - Modif. Pirata		Área de Actuação: O - Oper. Condutor M - Mecânica E - Eléctrica ELO - Electrónica S - Segurança I - Outros Meios A - Ambiente		Prioridade: 0 - Urgente 1 - Resolução numa semana máximo 2 - Resolução em duas semanas máximo		Nº Ord. Etiqueta Máq. Data Tipo (1-10) Prior. (0,1,2) Local detectado (Onde?) Área Act. Condições Detectadas (Qual a anomalia?) Resp. Prazo Estado Obs.		Tratada T Curso C Atraso A							

Figura 35 - Folha de registo das DCA

- **Etapa 3** – tratamento das falhas: colocar em prática as ações corretivas planeadas, confirmar a pertinência das ações colocadas em prática, definir ou colocar em prática os procedimentos *standards* de condução do equipamento, de manutenção e de utilização. A etapa 2 assim como as atividades da etapa 3 referidas até ao momento dizem respeito à fase *Do*. Esta etapa 3 tem ainda outra tarefa que é a medição dos efeitos causados com as ações já implementadas, contudo esta tarefa já fiz respeito à fase *Check* do ciclo PDCA;
- **Etapa 4** – prevenir o reaparecimento das falhas: analisar e atualizar o PMA e o PMPro no sistema de gestão da manutenção e realizar um resumo das melhorias

obtidas para passagem de conhecimento às hierarquias. Esta etapa faz parte da fase Check do ciclo PDCA;

- **Etapa 5** – organizar a prevenção dos meios e a manutenção dos objetivos de *performance*: atualizar todas as modificações realizadas aos documentos técnicos dos equipamentos no GMAO, formar os intervenientes relativamente a atualizações e/ou modificações feitas no PMP e eternizar os bons resultados obtidos.

Deste modo, o quadro é dividido em quatro partes, tal como o ciclo PDCA. O lado superior esquerdo diz respeito ao *Plan* onde se mostra a situação da linha de produção através dos gráficos do RO, do N-RO, dos equipamentos mais penalizantes e/ou outros considerados importantes. Além disto, são ainda colocadas as folhas do contrato e do *planning* para informação. A fase *Do* é representada do lado direito onde se deve colocar as ações que estão a ser feitas perante os problemas identificados anteriormente. De seguida aparece o *Check* onde é verificado se as ações já realizadas estão a contribuir para alcançar os objetivos definidos no *Plan*. A última etapa é o *Act* onde se reage às ações que não correram da forma pretendida e se *standardiza* as boas práticas, como por exemplo um PMA e um PMP devidamente atualizado. A Figura 36 representa o “*Chantier Lean Manutenção*” da linha do cârter intermédio.

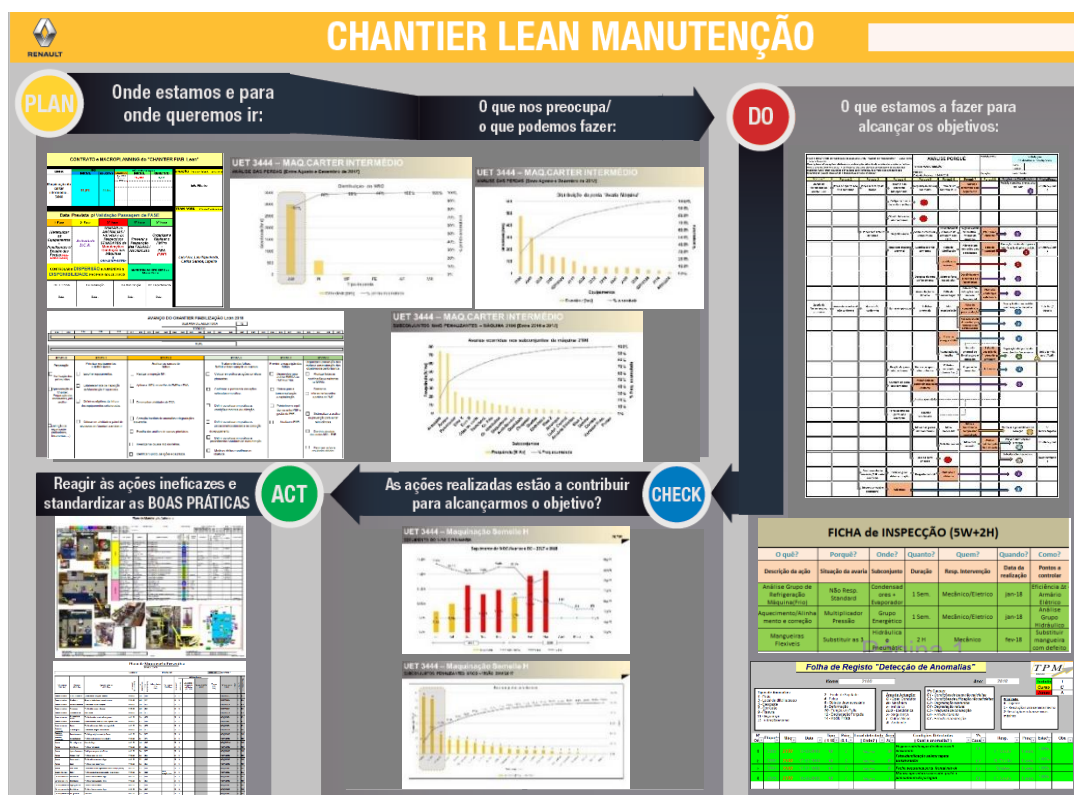


Figura 36 - Chantier de Fiabilização Lean

5.6. Programa de formação de aumento de competências

A Renault Cacia fornece regularmente formações de diversas e diferentes áreas aos seus colaboradores. A formação do N2 de manutenção é uma das formações que ocorre mais frequentemente. Esta formação tem a duração de 3 meses, é constituída por um grupo de 10 pessoas e é dada pelo instrutor sénior de TPM. As pessoas que constituem o grupo são operadores de diferentes linhas de produção e de diferentes turnos. A escolha dos operadores é feita pelo CA da fabricação consoante o comportamento e as competências dos operadores.

Perante o baixo número de operadores da linha em estudo com o nível 2 da manutenção, como foi referido no ponto 4.7, foi decidido que a partir de janeiro de 2018 em cada turma de formação teria de existir, no mínimo, um operador da linha de produção do carácter intermédio. De janeiro até março de 2018 apenas houve tempo para a formação N2 a um grupo de operadores, sendo que nesse grupo existiu um elemento da produção do carácter intermédio. A nova turma que começou em abril também é constituída por um operador da mesma linha.

Com o aumento do número de operadores com o nível 2 de manutenção, algumas das tarefas que anteriormente só eram realizadas depois de se fazer uma OT para a manutenção, vão ser possíveis de realizar por esses operadores, eliminando o tempo de espera por um técnico de manutenção disponível e, conseqüentemente, diminuir o MTTR uma vez que na Renault Cacia o MWT está incluído no MTTR.

6. Análise dos resultados obtidos

Após a implementação das ações de melhoria, torna-se necessário proceder à respetiva análise dos resultados obtidos. Assim sendo, neste capítulo são analisadas, individualmente, cada uma das melhorias implementadas, com o intuito de perceber o seu contributo para o atingir dos objetivos definidos no início do projeto.

São calculados alguns indicadores de desempenho (KPI's), como é o caso do RO, MTTR, o MTBF e a disponibilidade, para o primeiro trimestre de 2018 e comparados com os valores do último trimestre de 2017.

6.1. 5 Porquês

A utilização da ferramenta dos cinco porquês foi essencial para a descoberta das causas de um dos principais problemas da máquina 2100, que de certa forma, eram comuns às restantes máquinas com a mesma tecnologia. Com esta ferramenta foi possível identificar quais as ações que teriam de ser realizadas para erradicar ou eliminar o problema da queda de ferramentas. Sem a utilização dos 5 porquês, os responsáveis tão cedo não iriam descobrir como atacar o problema uma vez que a construção destes 5 porquês demorou bastante tempo e só foi possível chegar a uma conclusão com a participação de uma equipa multidisciplinar.

Uma vez que a análise inicial relativamente aos subconjuntos que mais avarias tiveram foi realizada tendo em conta um período bastante longo, 2 anos, e que estas ações ainda têm apenas 3 a 4 meses de aplicação, não é possível fazer uma comparação. Contudo, pode-se afirmar que desde o início do mês de fevereiro até ao final do mês de abril não houve nenhuma avaria devido a queda de ferramentas no equipamento 2100.

As ações identificadas na realização dos 5 porquês vieram trazer inúmeros benefícios, como se pode ver de seguida:

- A reparação das portas do armazém das ferramentas veio diminuir drasticamente a entrada de limalha no seu interior, o que fez com que as garras do armazém deixassem de entrar em contacto com limalha ou com pouca limalha, evitando o empeno e o desgaste das mesmas. Além disso, esta ação veio facilitar o trabalho do operador aquando da limpeza do armazém das ferramentas uma vez que este ao ter muito menos limalha vai fazer com que seja necessário dispensar menos tempo na sua limpeza;
- A execução dos *standards* definidos veio simplificar o trabalho do operador/técnico de manutenção dado que, no caso de existência de dúvidas relativamente à lubrificação da pinça ou ao rearranque da máquina, basta consultar a FOS

respetiva presente num quadro existente na linha de produção. A criação destas FOS veio contribuir diretamente para a diminuição do número de acidentes devido ao choque entre a árvore o armazém das ferramentas uma vez que alguns destes choques aconteciam devido à má programação no rearranque do equipamento. Estes acidentes contribuíam para o empeno das garras, da estrutura do armazém e para os defeitos na pinça da árvore;

- A revisão do PMP possibilitou a introdução de diversas tarefas que anteriormente não existiam, como por exemplo, a substituição das molas que antigamente era feita segundo a opinião do técnico de manutenção e neste momento é realizada segundo um período estabelecido;
- A correção do desalinhamento existente na mola das garras do armazém das ferramentas veio fazer com que esta deixasse de empenar;
- A prevenção da lubrificação e da proteção das molas referidas no ponto anterior, assim como a sua substituição sistemática fez com elas deixassem de ser atacadas quimicamente pelo óleo de corte que dava origem à corrosão das mesmas.

Tal como referido na revisão da literatura onde a utilização dos 5 porquês por Benjamim, Marathamuthu e Murugaiah (2015) forneceu uma abordagem realística sobre um problema na Toyota, permitindo reduzir e eliminar os defeitos, também a utilização desta ferramenta neste projeto permitiu identificar as causas raiz do número elevado de avarias devido à queda de ferramentas e, conseqüentemente, elaborar um plano de ações que levou à redução da ocorrência deste problema.

6.2. Revisão do PMA

Com a atualização do PMA foi possível reduzir a carga total anual em 236 horas, uma vez que o PMA antigo tinha aproximadamente 310 horas e o revisto tem apenas cerca de 68 horas de carga anual. Esta descida drástica deve-se principalmente à alteração dos tempos previstos para as tarefas de verificação que eram necessárias realizar em todas as equipas. Enquanto no PMA antigo estas representavam cerca de 214 horas, no revisto apenas representam 24 horas. As tarefas de periodicidade diária também diminuiram o tempo previsto de realização em aproximadamente 44 horas, ao final de um ano.

Este ganho temporal faz com que os operadores tenham mais tempo para se organizar entre as suas tarefas de produção e as tarefas de manutenção autónoma, permitindo um maior empenho na execução das mesmas e, conseqüentemente, uma maior possibilidade na identificação de anomalias. Permite, ainda, numa futura revisão ao PMA,

a entrada de novas tarefas importantes à manutenção dos equipamentos. Na Figura 37 podem-se observar as diferenças de tempos referidas.

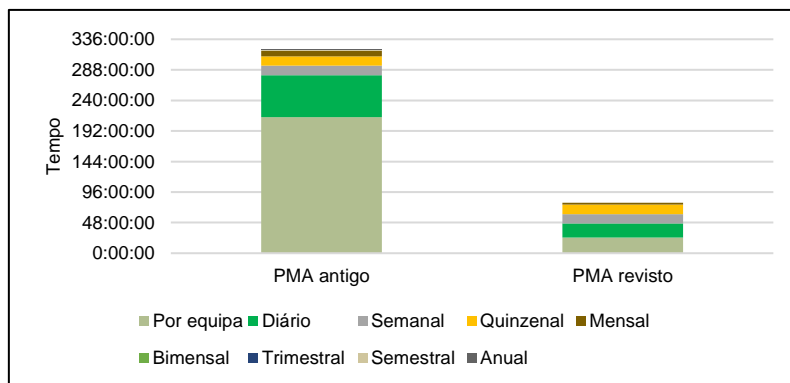


Figura 37 - Comparação da carga do PMA antigo e do revisto

A Figura 38 compara o tempo que é necessário para realizar as tarefas do PMA com a máquina parada e com a máquina em funcionamento, comparando ainda os valores do PMA antigo com os do PMA revisto. Pode-se observar que no PMA revisto a percentagem de tempo necessária para realizar as tarefas com a máquina em produção é menor relativamente ao PMA antigo, isto deve-se a duas razões: algumas das tarefas do PMA antigo referiam que a máquina podia estar em funcionamento, mas para segurança deviam estar paradas e as tarefas onde foi reduzido mais tempo são realizadas com a máquina em funcionamento.

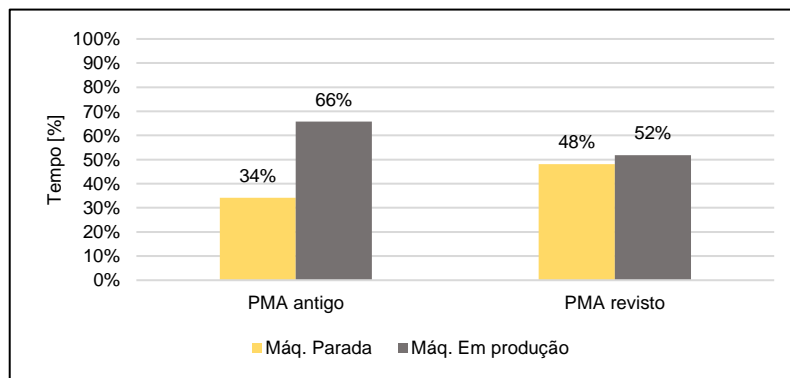


Figura 38 – Comparação da carga (%) do PMA tendo em consideração o estado da máquina 2100

As correções das anomalias encontradas no equipamento vieram contribuir para a correta realização do PMA. A falta do amostrador da temperatura do grupo hidráulico fazia com que o operador não pudesse realizar a tarefa de verificar a temperatura deste grupo, sendo que com a colocação de um amostrador novo o operador já tem as condições para o fazer. A colocação de novos pictogramas do PMA assim como a colocação das cores

verde e vermelha no manómetro da pressão pneumática fez com os operadores identificassem mais facilmente onde se localizava a tarefa que tinham de realizar e a verificação e identificação mais rápida da pressão ideal, respetivamente. A colocação da sinalização correta do botão de emergência faz parte de uma das novas regras de segurança dentro da Renault Cacia.

6.3. Material de apoio à manutenção

As mudanças executadas no armário dos óleos e no armário das peças de desgaste vieram facilitar o trabalho dos operadores e dos técnicos de manutenção e, conseqüentemente, contribuir para a diminuição do MTTR. Com os armários organizados e com os elementos que os constituem bem identificados, o colaborador vai necessitar de menos tempo para encontrar aquilo que procura.

Os benefícios desta organização são mais notórios no armário das peças de desgaste uma vez que este é constituído por inúmeras peças que resultam num elevado tempo de procura, contudo, com a aplicação dos 5S e da gestão visual, os colaboradores passaram a demorar muito menos tempo a encontrar uma determinada peça. Anteriormente, os colaboradores não tinham como saber onde se encontrava a peça que procuravam pois, mesmo com a experiência de alguns, as peças mudavam frequentemente de sítio e eram colocadas onde havia uma caixa vazia. A identificação das peças e a colocação de cores por operação faz com os operadores saibam mais facilmente onde se encontra a peça que procuram, levando à poupança de tempo em algo que não acrescenta valor.

Além do referido, anteriormente, devido à falta de identificação das peças, quando era necessário fazer uma encomenda perdia-se muito tempo à procura do código da peça. A implementação dos cartões *kanban* veio contribuir para a melhoria da gestão das peças de desgaste. A utilização destes cartões veio permitir ao colaborador saber se determinada peça que necessita e que não existe no armário já foi encomendada ou não, evitando a repetição de encomendas e o excesso/falta de *stock* no armário que era uma das causas de desorganização do mesmo. Além do mais, com a colocação do *stock* mínimo no *kanban*, o número de vezes que uma peça era necessária, mas não existia diminuiu.

6.4. Animação do desempenho e do progresso

O quadro desenvolvido procura reunir o conjunto de informação mais importante para o bom funcionamento da manutenção na linha em estudo. Apesar de todos os indicadores representados neste quadro estarem disponíveis no sistema informático da Renault Cacia,

é necessário analisá-los em equipa de trabalho para perceber o que está correto e o que está errado.

O desenvolvimento deste quadro e a realização de reuniões semanais junto ao mesmo vieram trazer inúmeros benefícios à gestão da manutenção uma vez que começou a existir muito mais acompanhamento. Enquanto anteriormente havia uma pessoa que ia ao sistema informático, semanalmente ou mensalmente, analisar os indicadores e tentava perceber onde é que ocorreriam os problemas e como é que estes podiam ser eliminados, hoje em dia esta análise é feita com uma equipa multidisciplinar, perto do local onde ocorrem os problemas e com uma periodicidade fixa. Tudo isto torna a gestão da manutenção mais direta e mais simples.

6.5. Desempenho da manutenção

Na Tabela 3 estão representados os valores médios do MTBF, MTTR e da disponibilidade para o último trimestre de 2017 e para o primeiro trimestre de 2018. Pode-se observar que a média do MTBF aumentou 31 horas, ou seja, enquanto que no último trimestre de 2017 os equipamentos da linha em estudo tinham uma avaria, em média, de 124 horas em 124 horas, no primeiro trimestre de 2018 os equipamentos tiveram, em média, uma avaria de 155 horas em 155 horas. Pode-se concluir que as medidas tomadas vieram contribuir para a redução do número de avarias, comparativamente com o último semestre de 2017, uma vez que o MTBF aumentou.

Os valores médios do MTTR do primeiro trimestre de 2018 diminuíram em relação ao último trimestre de 2017 uma vez que o tempo médio em avaria passou de 5,26 horas para 4,56 horas. Este resultado positivo demonstra que os técnicos de manutenção dispensaram menos tempo na resolução de uma avaria.

A disponibilidade no último trimestre de 2018 obteve uma média 95,9% enquanto que no primeiro trimestre de 2018 a média da disponibilidade atingiu os 97,1%. Apesar do valor da disponibilidade ter aumentado consideravelmente, 1,2%, não foi possível atingir o valor objetivo de pelo menos 98% de disponibilidade. Contudo, pode-se considerar que se obteve um resultado positivo uma vez que a disponibilidade aumentou consideravelmente. Deste modo pode-se afirmar que as ações implementadas tiveram sucesso uma vez que contribuíram para o aumento da disponibilidade.

Tabela 3 - Comparação do MTBF, MTTR e Disponibilidade

	MTBF (hrs)	MTTR (hrs)	Disp. (%)
Média último trimestre 2017	124	5,26	95,9%
Média primeiro trimestre 2018	155	4,56	97,1%

Na Figura 39 está representada a evolução do RO onde se compara a média do RO no último trimestre de 2017 com os valores obtidos nos primeiros 3 meses do ano de 2018. Pode-se observar que os meses de janeiro e fevereiro apresentam um crescimento relativo à média do último trimestre de 2017. No mês de março ocorreu uma queda, podendo esta ser justificada pelo aumento do N-RO devido às perdas induzidas (PI) (ver Figura 40). Infelizmente, em nenhum dos meses se conseguiu atingir o objetivo de 88% de RO uma vez que as perdas na linha continuam a ser elevadas.

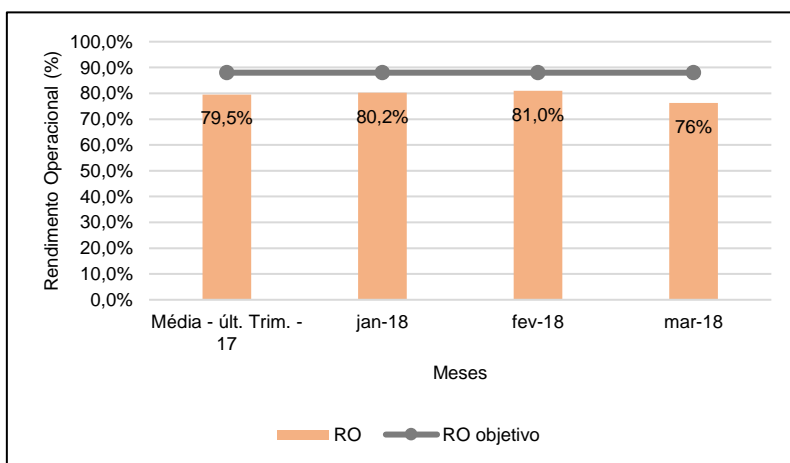


Figura 39 - Evolução do RO (%) na maquinação do cârter intermédio

A Figura 40 da mostra a evolução das perdas do RO, ou seja, o N-RO, para o mesmo período do gráfico anterior. Através do presente gráfico pode-se perceber quais foram as principais causas para o RO objetivo não ter sido atingido em nenhum dos primeiros meses do ano de 2018.

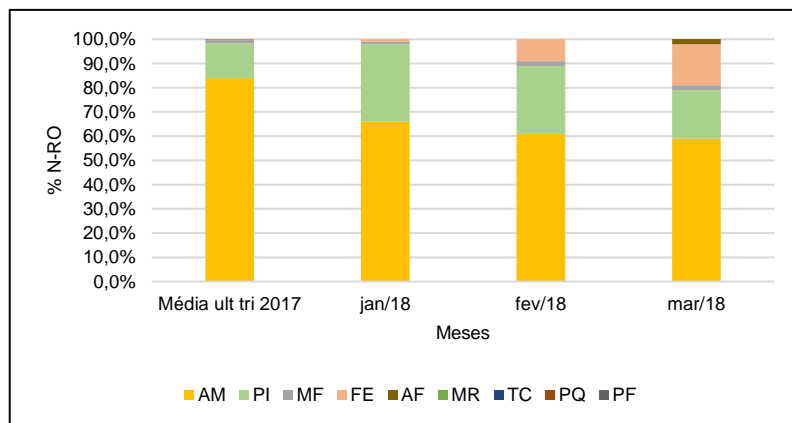


Figura 40 - Evolução das perdas do RO (N-RO) (%)

A perda por avaria da máquina foi a que se trabalhou ao longo de todo este projeto com o intuito de a reduzir. Pode-se observar que o N-RO devido à avaria da máquina (AM) diminuiu em todos os primeiros três meses do ano de 2018 e, além disso, estes meses obtiveram valores AM inferiores à média obtida nos últimos três meses do ano de 2017. Estes bons resultados são uma consequência de todas as ações que foram realizadas.

Por outro lado, no primeiro trimestre de 2018, outras perdas tiveram um ligeiro aumento que contribuíram para o aumento do N-RO e, conseqüentemente, para a diminuição do RO. Analisando a Figura 40 pode-se observar que as perdas por paragem induzida e por falta externa tiveram um aumento nos primeiros meses do ano de 2018 comparativamente com a média do último trimestre do ano de 2017.

É importante ter em conta que algumas das ações implementadas, como a revisão do PMA e a utilização da ferramenta dos 5 porquês, focaram-se apenas no equipamento mais penalizante, apesar do PMA ser comum aos restantes equipamentos da mesma tecnologia. Contudo, a maquinação do cárter intermédio é composta por equipamentos onde estas ações não foram implementadas.

A Figura 41 mostra a distribuição da perda “Avaria Máquina” pelos equipamentos da linha de produção durante o primeiro trimestre de 2018. Pode-se observar que o equipamento anteriormente mais penalizante, o 2100, representou nos primeiros três meses do ano de 2018 apenas 2,5% das avarias ocorrias.

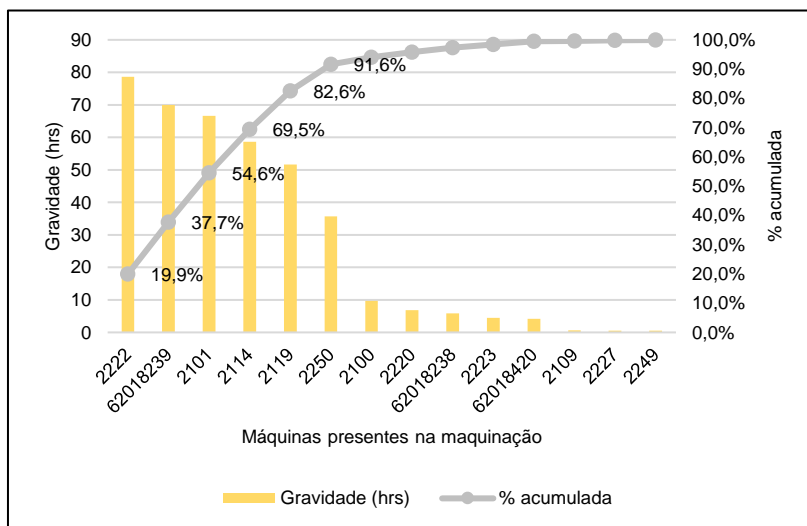


Figura 41 - Distribuição da perda "Avaria Máquina" – (entre janeiro e março de 2018)

Enquanto que na análise inicial, o equipamento mais penalizante da outra tecnologia presente na linha apenas representava 7,9% das avarias, no primeiro trimestre de 2018 representa 17,7%. Com isto, pode-se afirmar que, apesar do N-RO/avaria ter diminuído ao longo dos primeiros três meses do ano (ver Figura 40), a sua diminuição podia ter sido mais significativa se não fossem consideradas as avarias ocorrias nos equipamentos da tecnologia 5.

7. Conclusão

Este último capítulo é dedicado à conclusão do presente relatório de projeto, onde são expostas as considerações finais e as limitações sentidas ao longo da realização do projeto. É também apresentado o trabalho futuro onde são referidas algumas sugestões de melhoria que têm como objetivo a melhoria da função manutenção na Renault Cacia e, em particular, da linha em estudo. Por fim, é referido um trabalho resultante deste relatório de projeto.

7.1. Considerações finais e limitações

O TPM existe na Renault Cacia há 18 anos, contudo é necessário promover a sua prática para que este não seja colocado em esquecimento. Nada adianta a uma empresa ter implementada uma metodologia se, na realidade, esta não for executada da forma mais correta. De certa forma, foi um pouco esta a realidade encontrada na linha de produção em estudo uma vez que as ferramentas necessárias para atingir o sucesso existiam, mas não eram praticadas da forma que se pretendia.

Um dos principais objetivos do TPM é a busca pela maximização da eficiência global dos equipamentos, medida pelo OEE, ou, no caso da Renault Cacia, pelo RO. Para atingir este objetivo é fundamental que os equipamentos tenham a maior disponibilidade possível. Numa análise inicial, a linha de produção em estudo apresentava valores de disponibilidade de manutenção muito baixos relativamente ao objetivo de pelo menos 98% de disponibilidade. Os valores indesejados da disponibilidade de manutenção eram causados pelo elevado número de avarias e pelo tempo de reparação das mesmas superiores ao pretendido.

De forma a reverter esta situação, foi elaborado e implementado um diverso conjunto de ações de melhoria. Para tal, foi necessário perceber, em primeiro lugar, o porquê de ocorrerem tantas avarias, de estas terem um tempo de reparação elevado, as dificuldades e as queixas dos operadores e o modo de funcionamento da animação e comunicação das atividades de manutenção realizadas na linha de produção, assim como as pessoas envolvidas neste processo.

Posteriormente, foram desenvolvidas soluções de melhoria que passaram essencialmente pela revisão do Plano de Manutenção Autónoma (PMA) da máquina mais penalizante, pela utilização da ferramenta dos 5 porquês para descobrir a causa raiz de uma das principais avarias da máquina mais penalizante, a reorganização de dois armários de suporte às atividades de manutenção, a criação de uma animação do desempenho da

manutenção na linha em estudo, assim como o desenvolvimento de um programa de formação para os operadores desta mesma linha.

Os resultados mostram que estas ações contribuíram para a diminuição do MTTR, para o aumento do MTBF e, conseqüentemente, para o aumento da disponibilidade dos equipamentos da linha de produção. Apesar deste aumento, não foi possível atingir os 98% de disponibilidade na média dos três primeiros meses do ano, algo que pode ser justificado pela definição de um objetivo demasiado ambicioso perante a situação inicial da linha de produção em estudo.

Embora o principal objetivo não tenha sido atingido, não se pode apenas ter em consideração esse valor para avaliar o desempenho e sucesso deste projeto uma vez que as soluções implementadas trouxeram resultados positivos.

Uma das principais limitações encontradas foi a falta de motivação por parte dos operadores que consideravam que a sua influência nas tarefas de manutenção não era relevante, contudo com a contínua preocupação ao longo deste projeto em questionar os mesmos acerca das suas dificuldades relativamente à realização do PMA, à exigência de colocação de um operador nas formações de manutenção de níveis mais avançados e também com a animação feita na linha, os operadores começaram a perceber que o sucesso da linha do carácter intermédio dependia do seu nível de participação nos problemas da linha.

Esta é a filosofia que é necessária manter, é fundamental que os gestores intermédios e os gestores de topo mostrem que os operadores são mais do que simples pessoas que estão ali apenas para produzir peças. É necessário motivar os operadores e os técnicos de manutenção, elogiando-os quando algo é bem feito ao invés de criticar e fazer juízos de valor quando algo não corre como previsto.

A reorganização dos armários dos óleos e das peças de desgaste foi muito bem-recebida por parte dos seus utilizadores uma vez que veio facilitar o seu trabalho. Contudo, verificou-se que, em algumas situações, os utilizadores destes armários não cumpriram a 100% as regras de utilização. A resistência à mudança foi uma grande limitação, mais visível nos operadores mais antigos, uma vez que estes estavam habituados a um determinado método de trabalho e não reagiram da forma pretendida aquando da introdução de mudanças ao seu trabalho. Contudo, com o passar do tempo, os trabalhadores foram percebendo que estas melhorias vinham trazer benefícios ao seu trabalho e, conseqüentemente, foram interiorizando o correto método de uso dos armários.

A utilização dos 5 porquês foi uma ferramenta de extrema importância para o sucesso deste projeto uma vez que, com a sua utilização, foi possível descobrir as causas raiz de

um dos principais problemas do equipamento mais penalizante. Embora nas situações de emergência seja difícil aplicar esta ferramenta dado que esta exige algum tempo de dedicação, nada impede que posteriormente seja usada.

7.2. Trabalho futuro

Os problemas referidos neste projeto, assim como as oportunidades de melhoria identificadas e implementadas representam apenas uma parte do que poderia ter sido feito para aumentar a disponibilidade da linha e o sucesso da manutenção. Deste modo, apresentam-se de seguida propostas de trabalho futuro:

- Criação de um sistema de elevação seguro que possibilite a limpeza do armazém das ferramentas pela parte de cima do equipamento, algo que até há pouco tempo era feito pelos operadores através de métodos pouco seguros e, por essa razão, foram proibidos pelos responsáveis da segurança da Renault Cacia;
- Realização da manutenção preventiva condicionada, mais especificamente, de análises termográficas aos subconjuntos dos equipamentos da linha uma vez que a termografia permite a identificação de problemas antes da sua ocorrência permitindo visualizar o perfil térmico e medir as variações de calor emitidas pela superfície de um corpo, sem necessidade de haver contacto com o mesmo;
- Realização de formações aos operadores que mostrem a importância e o impacto que a realização das atividades de manutenção tem para o correto funcionamento de um equipamento;
- Para a realização das atividades de manutenção programada existem vários utensílios que os operadores utilizam como o aspirador, o escadote, filtros, fatos de proteção, entre outros. Estes utensílios estão localizados em sítios diferentes, mas deveria ser criado um armário onde estes pudessem ser colocados de modo a facilitar o trabalho dos operadores;
- Mapeamento da cadeia de valor da manutenção utilizando o método M-VSM (*Maintenance Value Stream Mapping*) com o objetivo de identificar as atividades que não acrescentam valor e quantificar tempos, auxiliando a tarefa dos gestores.

7.3. Trabalhos resultantes deste relatório de projeto

[C1] Inês Ribeiro, Radu Godina, João C. O. Matias, "Improving the Availability of a Production Line through TPM in an Automotive Gearbox Industrial Unit", in: Proceedings of

the XXIV International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Lisbon, Portugal, July 18-20, 2018 (Springer).

Referências bibliográficas

- Aggarwal, A. K., Kumar, S., & Singh, V. (2017). Performance modeling of the serial processes in refining system of a sugar plant using RAMD analysis. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8(S2), 1910–1922. <https://doi.org/10.1007/s13198-016-0496-1>
- Ahuja, I. P. S. (2009). Total Productive Maintenance. In *Handbook of Maintenance Management and Engineering* (pp. 417–459). London: Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-472-0_17
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709–756. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Ali, T. A. and S. ., Allama, M. ., & Parvez, M. S. (2010). A Total Productive Maintenance (TPM) Approach to Improve Production Efficiency and Development of Loss Structure in a Pharmaceutical Industry. *Global Journal of Management And Business Research*, 10(2). Retrieved from <https://www.journalofbusiness.org/index.php/GJMBR/article/view/142>
- Alukal, G. (2007). Lean Kaizen in the 21st Century. *Quality Progress*, 40(8), 69–70. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/b26dbcd289658008c073bd7738cfbd9d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=34671>
- Bakri, A. H., Rahim, A. R. A., Yusof, N. M., & Ahmad, R. (2012). Boosting Lean Production via TPM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65, 485–491. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.153>
- Balc, C., Cretu, A., Munteanu, R., Iudean, D., Balan, H., & Karaisas, P. (2017). Reliability modeling for an automatic level control system. In *2017 International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM) & 2017 Intl Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics (ACEMP)* (pp. 995–1000). IEEE. <https://doi.org/10.1109/OPTIM.2017.7975100>
- Batumalay, K., & Santhapparaj, A. S. (2009). Overall Equipment Effectiveness (OEE) through Total Productive Maintenance (TPM) practices — A study across the

- Malaysian industries. In *2009 International Conference for Technical Postgraduates (TECHPOS)* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TECHPOS.2009.5412049>
- Bayo-Moriones, A., Bello-Pintado, A., & Merino-Díaz de Cerio, J. (2010). 5S use in manufacturing plants: contextual factors and impact on operating performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *27*(2), 217–230. <https://doi.org/10.1108/02656711011014320>
- Ben-daya, M., & Duffuaa, S. O. (1995). Maintenance and quality: the missing link. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *1*(7), 20–26. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/13552519510083110>
- Benjamin, S. J., Marathamuthu, M. S., & Murugaiah, U. (2015). The use of 5-WHYs technique to eliminate OEE's speed loss in a manufacturing firm. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *21*(4), 419–435. <https://doi.org/10.1108/JQME-09-2013-0062>
- Brah, S. A., & Chong, W.-K. (2004). Relationship between total productive maintenance and performance. *International Journal of Production Research*, *42*(12), 2383–2401. <https://doi.org/10.1080/00207540410001661418>
- Brown, L., George, B., & Mehaffey-Kultgen, C. (2018). The development of a competency model and its implementation in a power utility cooperative: an action research study. *Industrial and Commercial Training*, *50*(3), 123–135. <https://doi.org/10.1108/ICT-11-2017-0087>
- Cabral, J. P. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção*. In LIDEL (Ed.) (5th ed.).
- Candra, N. E., Susilawati, A., Herisiswanto, & Setiady, W. (2017). Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) to Improve Sheeter Machine Performance. *MATEC Web of Conferences*, *135*. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713500028>
- Card, A. J. (2017). The problem with “5 whys”. *BMJ Quality & Safety*, *26*(8), 671–677. <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2016-005849>
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, *95*(1), 71–94. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2003.10.021>

- Chang, J. I., & Liang, C.-L. (2009). Performance evaluation of process safety management systems of paint manufacturing facilities. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(4), 398–402. <https://doi.org/10.1016/J.JLP.2009.02.004>
- Checkland, P., & Holwell, S. (2007). Action Research. In *Information Systems Action Research* (pp. 3–17). Boston, MA: Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-36060-7_1
- Ebeid, A. A., El-Khouly, I. A., & El-Sayed, A. E. (2016). Lean maintenance excellence in the container handling industry: A case study. In *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1646–1650). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7798156>
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T., & Probert, S. D. (2004). Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. *Applied Energy*, 79(4), 385–401. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2004.01.007>
- Farinha, J. M. (2011). A atividade de manutenção. In Monitor (Ed.), *Manutenção - A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão* (1º, pp. 5–10). Lisboa.
- Garg, A., & Deshmukh, S. G. (2006). Maintenance management: literature review and directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3), 205–238. <https://doi.org/10.1108/13552510610685075>
- Glock, C. H. (2013). The machine breakdown paradox: How random shifts in the production rate may increase company profits. *Computers & Industrial Engineering*, 66, 1171–1176. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.07.018>
- Instituto Português da Qualidade. (2007). *NP EN 13306/2007*.
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510. <https://doi.org/10.1016/J.YMSSP.2005.09.012>
- Johson, C. (2002). The benefits of. *Quality Progress*, 35(5), 120. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/6fb24b731a9c0c8bafd90096fd751e76/1?pq-origsite=gscholar&cbl=34671>
- Kanta Patra, N., Tripathy, J. K., & Choudhary, B. K. (2005). Implementing the office total

- productive maintenance (“office TPM”) program: a library case study. *Library Review*, 54(7), 415–424. <https://doi.org/10.1108/00242530510611910>
- Klock, A. C. T., Gasparini, I., & Pimenta, M. S. (2016). 5W2H Framework. In *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computer Systems - IHC '16* (pp. 1–10). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/3033701.3033715>
- Kumar Gupta, A., & Garg, R. K. (2012). OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences ResearchXplore International Research Journal Consortium*, 1(1), 2319–4413. Retrieved from <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32657549/22.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1516833523&Signature=17vyghT4BI9I9BtleLPZrzKwxXo%3D&response-content-disposition=inline%3B filename%3D22.pdf>
- Le Fouler, M., Trindel, S., Leger, M., Sarl, P., Lejay, M., Davis, P., ... Bensoussan, A. FD X 60-000 (2002). Retrieved from http://www.ehpadneully.com/cariboost_files/FDX_60-000.pdf
- Lomte, R. U., Bhosle, S. P., Ambad, P. M., & Gaikwad, R. A. (2018). Reliability Improvement for TSR Machine of Banburry Mixer using Plant Optimization Process. *Procedia Manufacturing*, 20, 440–445. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2018.02.064>
- Milana, M., Khan, M. K., & Munive-Hernandez, J. E. (2017). Design and development of Knowledge Based System for Integrated Maintenance Strategy and Operations. *Concurrent Engineering*, 25(1), 5–18. <https://doi.org/10.1177/1063293X16665662>
- Milczarek, M., & Kosk-Bienko, J. (2010). Maintenance and Occupational Safety and Health: A statistical picture. *European Agency for Safety and Health at Work*. <https://doi.org/10.2802 / 30149>
- Mobley, R. K. (2002). Impact of maintenance. In Elsevier Science (Ed.), *An Introduction to Predictive Maintenance* (2º, pp. 1–16). Retrieved from https://books.google.pt/books?id=SjqXzxpAzSQC&printsec=frontcover&dq=An+Introduction+to+Predictive+Maintenance&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwiov9f4_4fZAhVEWhQKHbp9DmkQ6AEIKDAA#v=onepage&q=An+Introduction+to+Predictive+Maintenance&f=false

- Morales Méndez, J. D., & Rodriguez, R. S. (2017). Total productive maintenance (TPM) as a tool for improving productivity: a case study of application in the bottleneck of an auto-parts machining line. *Int J Adv Manuf Technol*, 92, 1013–1026. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0052-4>
- Moubray, J. (1997). Introduction to Reliability-centered Maintenance. In *Reliability-centered maintenance* (2nd ed., pp. 1–5).
- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2010.04.039>
- Murata, K., & Katayama, H. (2010). Development of Kaizen case-base for effective technology transfer – a case of visual management technology. *International Journal of Production Research*, 48(16), 4901–4917. <https://doi.org/10.1080/00207540802687471>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM : total productive maintenance*. Productivity Press. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=XKc28H3JeUUC&q=Introduction+to+TPM:+Total+Productive+Maintenance&dq=Introduction+to+TPM:+Total+Productive+Maintenance&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwjQp4Oi9uvYAhUBVBQKHRX0CDoQ6AEIKDAA>
- Ng, K. C., Goh, G. G. G., & Eze, U. C. (2011). Critical success factors of total productive maintenance implementation: A review. In *2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 269–273). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2011.6117920>
- Nielsen, J. J., & Sørensen, J. D. (2011). On risk-based operation and maintenance of offshore wind turbine components. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(1), 218–229. <https://doi.org/10.1016/J.RESS.2010.07.007>
- Nilsson, J., & Bertling, L. (2007). Maintenance Management of Wind Power Systems Using Condition Monitoring Systems—Life Cycle Cost Analysis for Two Case Studies. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 22(1), 223–229. <https://doi.org/10.1109/TEC.2006.889623>
- Pan, H., Sheng, A., Wang, Z., & Han, X. (2016). Analysis of MTBF evaluation methods for

- small sample sizes. In *2016 11th International Conference on Reliability, Maintainability and Safety (ICRMS)* (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICRMS.2016.8050042>
- Parry, G. C., & Turnerz, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control*, *17*(1), 77–86. <https://doi.org/10.1080/09537280500414991>
- Pintelon, L. M., & Gelders, L. F. (1992). Maintenance management decision making. *European Journal of Operational Research*, *58*(3), 301–317. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(92\)90062-E](https://doi.org/10.1016/0377-2217(92)90062-E)
- Renault. (2017). Eficácia.
- Rodrigues, E. (2009a). MPM - uma nova visão. *120*, 14–15.
- Rodrigues, E. (2009b). TPM: uma reflexão. *122*, 20–21.
- Rodrigues, E. (2011). MPM: boa maré para a eficiência. *126*, 14–15.
- Rodrigues, E. (2015). Pensamento Lean centrado na manutenção. *Eficácia*, 18–19.
- Rukijkanpanich, J., & Pasuk, P. (2018). Maintenance management for transportation process in quarry industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *24*(2), 185–199. <https://doi.org/10.1108/JQME-04-2017-0024>
- Schuerger, R., Arno, R., & Dowling, N. (2016). Why Existing Utility Metrics Do Not Work for Industrial Reliability Analysis. *IEEE Transactions on Industry Applications*, *52*(4), 2801–2806. <https://doi.org/10.1109/TIA.2016.2551696>
- Sendil Kumar, C., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *32*(3–4), 393–408. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0340-2>
- Sharma, A. K., & Bhardwaj, A. (2012). MANUFACTURING PERFORMANCE AND EVOLUTION OF TPM. *International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST)*, *4*(3), 854–866. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Ashok_Sharma36/publication/268032521_Manufacturing_performance_and_evolution_of_tpm/links/55a0accc08ae032ef05464f0.pdf

- Shuhidan, M. (2012). Probing the minds of novice programmers through guided learning. Retrieved from <https://researchbank.rmit.edu.au/view/rmit:160247>
- Silva, A., Roratto, L., Servat, M., Dorneles, L., & Polacinski, E. (2013). *Gestão da qualidade: Aplicação da ferramenta 5W2H como plano de ação para projeto de abertura de uma empresa*.
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. *Procedia Engineering*, 51, 592–599. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2013.01.084>
- Singh Rajput, H., & Jayaswal, P. (2012). A Total Productive Maintenance (TPM) Approach To Improve Overall Equipment. *International Journal of Modern Engineering Research*, 2(6), 4383–4386. Retrieved from www.ijmer.com
- Suarez Barraza, M. F., Smith, T., & Mi Dahlgaard-Park, S. (2009). Lean-kaizen public service: an empirical approach in Spanish local governments. *The TQM Journal*, 21(2), 143–167. <https://doi.org/10.1108/17542730910938146>
- Syltevik, S., Karamperidis, S., Antony, J., & Taheri, B. (2018). Lean for airport services: a systematic literature review and agenda for future research. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 35(1), 34–49. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2016-0135>
- Testa, M. R., & Sipe, L. J. (2006). A Systems Approach to Service Quality. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 47(1), 36–48. <https://doi.org/10.1177/0010880405279173>
- Tezel, A., & Aziz, Z. (2017). Visual management in highways construction and maintenance in England. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24(3), 486–513. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2016-0052>
- Tezel, B., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2009). The functions of visual management. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/10883/>
- Thun, J.-H. (2006). Maintaining preventive maintenance and maintenance prevention: analysing the dynamic implications of Total Productive Maintenance. *System Dynamics Review*, 22(2), 163–179. <https://doi.org/10.1002/sdr.335>

- Thun, J.-H. (2008). Supporting total productive maintenance by mobile devices. *Production Planning & Control*, 19(4), 430–434. <https://doi.org/10.1080/09537280802034588>
- Tsang, A. H. C. (2002). Strategic dimensions of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(1), 7–39. <https://doi.org/10.1108/13552510210420577>
- Tsarouhas, P. (2007). Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/13552510710735087>
- Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2002). A framework for maintenance concept development. *International Journal of Production Economics*, 77(3), 299–313. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00156-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00156-6)
- Warwood, S. J., & Knowles, G. (2004). An investigation into Japanese 5-S practice in UK industry. *The TQM Magazine*, 16(5), 347–353. <https://doi.org/10.1108/09544780410551287>
- Wireman, T. (2004). *Total Productive Maintenance*. (I. Press, Ed.). New York.
- Yadav, S., Singh, R. K., & Kumar, P. (2017). Justification of maintenance management: AHP approach. In *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 959–963). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290034>
- Zahoor, S., Shehzad, A., Mufti, N., Zahoor, Z., & Saeed, U. (2017). Overall equipment efficiency of Flexographic Printing process: A case study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 272(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/272/1/012015>

Anexos

Anexo A – Exemplo de um pictograma do PMA



Anexo B – Folha *standard* do PMA na Renault Cacia

Plano de Manutenção Autônoma

Cód. Equip.	Descrição Equipamento	Unidade	Quantidade			Ind	Numeração da Manutenção					Data	Anotações		
			Subconjunto	Detalhe	Operação a Executar		Porcentagem	Estado Atual	Voluntariedade	Pontualidade	Frequência			Observações	Substituição PMA
0001	Grupo													N.º FOG Guilha	
0002	Impressora														
0003	Linha														
0004	Veículo														
IMAGENS DO EQUIPAMENTO															
IMAGENS DO EQUIPAMENTO															

Pag. 1 de 1

Anexo C – Folha de registo do PMA

FICHA DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - REGISTOS
 Limpeza () Lubrificação () Verificação ()

UET		MÃO DE OBRA		NOME	
N.º	Descrição	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
2.02	Manutenção				
2.02	Manutenção				
3.05	Manutenção				
3.09	Manutenção				
3.11	Manutenção				
3.11	Manutenção				
1.02	Operação				
1.06	Operação				
1.07	Operação				
1.08	Operação				
3.02	Manutenção				
3.06	Manutenção				
3.07	Manutenção				

Registos por Turno e Diários

DIA	Tarefas Diárias: 1.05 1.06 1.08 1.09 3.04 3.05																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
JAN																															
FEV																															
MAR																															
ABR																															
MAI																															
JUN																															
JUL																															
AGO																															
SET																															
OUT																															
NOV																															
DEZ																															

Legenda:

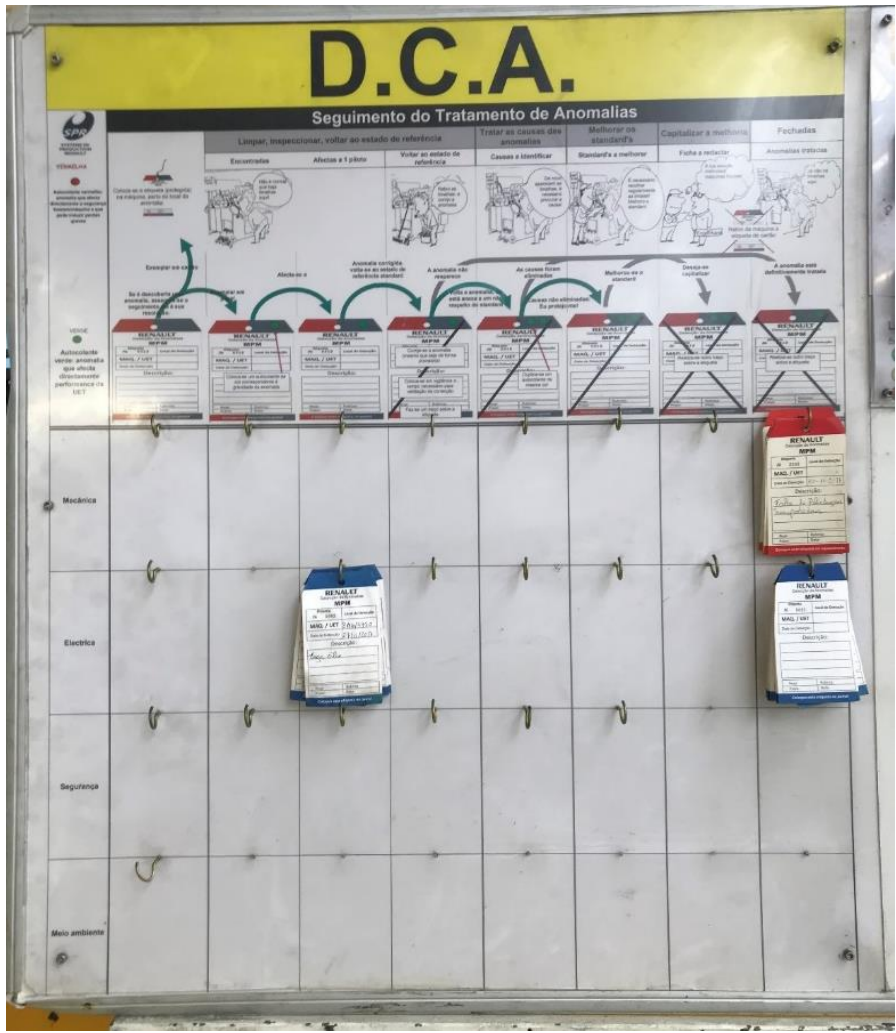
- X Tarefa cumprida sem acção.
- ⊗ Tarefa cumprida depois de acção.
- Tarefa não cumprida. Fiz etiqueta.
- Tarefa não cumprida. Fiz DI para o Gr Int.

Anexo D – Etiquetas DCA

RENAULT	
Detecção de Anomalias	
MPM	
Etiqueta	Local de Detecção
Nº 8211	
MAQ. / UET	
Data de Detecção	
Descrição:	
Resp:	Rubrica:
Prazo:	Data:
Coloque esta etiqueta no painel	

RENAULT	
Detecção de Anomalias	
MPM	
Etiqueta	Local de Detecção
Nº 3316	
MAQ. / UET	
Data de Detecção	
Descrição:	
Resp:	Rubrica:
Prazo:	Data:
Coloque esta etiqueta no painel	

Anexo E – Exemplo de um quadro de etiquetas DCA



Anexo F – Folha *standard* do PMP na Renault Cacia

Plano de Manutenção Preventiva		Especialidade (2 C.)																											
		MP (1 C.)		AM (1 C.)		Nº intervenção		Nº gama		Número MABEC		Quantidade e designação / ref. Fornec.		Siste./Condi		Gama (S/N)		Ferramenta		Valores limites		Estado máquina		Periodicidade		Tempo previsto (hh:mm:ss)			
Párea CACIA	Código	Designação		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha		Sistema/linha	

Anexo G – Os 10 básicos da manutenção programada

Os 10 Básicos da Paragem Programada

9º Básico

ANÁLISE 5P	
ANÁLISE	5P
1. Identificação da anomalia	
2. Análise da causa raiz	
3. Análise de impacto	
4. Análise de risco	
5. Análise de custo	
6. Análise de segurança	
7. Análise de qualidade	
8. Análise de produtividade	
9. Análise de disponibilidade	
10. Análise de manutenção	

Todas as anomalias tratadas recorrentes (repetitivas) que tenham impacto na segurança, performance, etc., devem ser alvo de análise 5P porquê com verificação da pertinência PMA-PMPPro / FOS /
Esta actividade de análise e irradiação de causas raiz (perdas) e/ou a melhoria dos standards, devem ser executadas preferencialmente em função do nível DUJET e por pequenos grupos de trabalho, decididos pelo CUJET Fab. + CUJET Manut.
(ex: profissional Fab.+ 1 profissional Manut. vão trabalhar uma perda crónica: detector avariado, peças com excentricidade, sistemas de aperto NC, ...).



7º Básico

Durante a paragem programada a presença do CUJET Fab.+ CUJET Manut. / Fiabilista são obrigatórias, pois têm a missão de coordenação dos trabalhos, verificação da qualidade dos mesmos, analisar as dificuldades encontradas e outras anomalias latentes, bem como verificar a necessidade de correcção/evolução dos standards de manutenção e/ou de condução de máquina/ins talação.

8º Básico



Antes de terminar a paragem programada, o CUJET Fab.+ CUJET Manut. / Fiabilista voltam a reunir o grupo de trabalho, a fim de realizarem a restituição final:

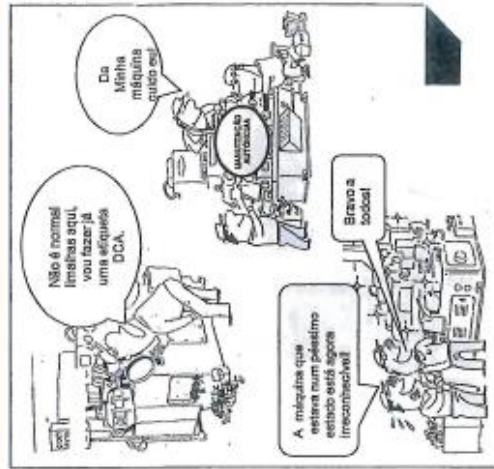
- ▶ Fazer um balanço sobre as tarefas que estavam programadas (identificar se foram realizadas ou não), bem como o tempo gasto na realização de cada tarefa e comparar com o tempo que estava previsto;
- ▶ Cada actor deve pronunciar-se sobre as dificuldades encontradas (ex: falta de materiais e/ou meios, formação, segurança, melhorias 5s - gestão visual ...);
- ▶ Fazer um balanço sobre as anomalias D.C.A. fechadas e abertas, e priorizar as anomalias encontradas durante a paragem programada;

10º Básico

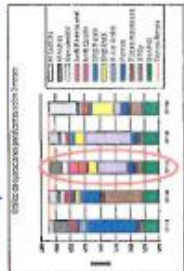


As UET's em démarche MPM deverão ser visitadas frequentemente / aleatoriamente pelos CD Fab. + CD Métier + OI MPM + IS MPM + CDU +

Mínimo: cada UET é visitada 4 x / ano (Balanço da evolução trimestral MPM).



1º Básico



Decidir em que máquina(s) vai incidir a paragem programada, de acordo com a análise de perdas trimestral e orientações CA Fab. obtidas pela mesma análise e dirigidas à aplicação correcta das ferramentas SPR + adaptadas às famílias de perdas a tratar (ferramentas disponíveis: intensificação da detecção de anomalias, Kaizen, chantier de fiabilização, OPT, QCS, D.C.A. dirigidas, ...).

Formar o grupo de trabalho (Fab./Manut/DED/Célula Técnica...) e definir a frequência e duração mínima das paragens programadas:

- Frequência mínima = 1 x / semana
- Duração mínima = 2H / semana

Nota: Se na semana S não se realizar a paragem programada, na semana S+1 deve-se duplicar o tempo da paragem (Tempo = Tempo sem. S + Tempo sem. S+1)

*Muito aplicada na actividade de pequenos grupos de trabalho "Small Group Team" (9º Básico)

2º Básico



As primeiras paragens programadas devem ser maioritariamente dirigidas para actividade D.C.A., isto é: limpeza no sentido de poder inspeccionar e identificar todas as «anomalias latentes» e efectivas da máquina e seus periféricos. Na sequência e tipos de anomalias encontradas, pode ser necessário redigir lições pontuais, de preferência escritas à mão, abrangendo apenas e só 1 dos seguintes temas: Conhecimentos de Base, Disfuncionamentos e Melhorias Efectuadas.

- 1º Paragem com D.C.A. Estático (Máquina cedeada)
- 2º ou 3º Paragem com D.C.A. Dinâmico (Máquina a produzir normalmente e a ser observada pelo restante grupo de trabalho (MPIW))


3º Básico



Verificar as etiquetas/anomalias D.C.A. abertas e analisar a possibilidade de as resolver na paragem programada, sobretudo aquelas que mais podem penalizar a segurança Homem/Máquina e/ou a performance da UET.

Importante: Todas as anomalias D.C.A. decorrentes das primeiras 2 ou 3 paragens mínimas (D.C.A. Estático + D.C.A. Dinâmico) devem ser resolvidas no prazo máximo de 6 semanas. Após este prazo terminado e caso existam etiquetas por fechar, deve ser registado na LUP UET.

4º Básico



Realizar reunião de preparação da paragem programada por antecipação (CUET Fab.* + CUET Manut. / Fiabilista... + cond. Linha...).

Programar as tarefas a realizar na paragem programada (folha de preparação Standard), definindo quem faz o quê, tempo previsto, meios/materiais necessários, riscos de segurança e o que é interdito. (Programação N1+N2 - FAB \ N3-N4 - Manut. Processo)

*Pilofagem Obrigatória

5º Básico



Preparação, por antecipação, dos meios materiais necessários (ex: aspirador, grua, bomba, "girafa", peças de desgaste, peças de substituição, etc.) e ferramentas específicas:

- Lubrificação;
- Limpeza;
- Mecânica Geral

6º Básico



Nos 1ºs minutos da paragem (3 a 5min máx.) o CUET Fab. + CUET Manut. / Fiabilista reúnem o grupo de trabalho no local, a fim de:

- Atribuir as tarefas e explicar os pontos chave adjacentes às mesmas;
- Alertar para os Riscos de segurança das intervenções programadas e o que é interdito, bem como a necessidade de execução de I.S.P.A.,
- Atribuir os meios/materiais a cada elemento e informar os tempos previstos de cada tarefa.

Anexo H – Folha de preparação da paragem programada

Folha de Preparação da Paragem Programada - RENAULT CACIA

UET:		HORÁRIO:		TPM											
DATA:		COORDENADOR:													
MÁQUINA	TAREFA	PRIORIDADE	CORREÇÃO DA DCA	OT	ANÁLISE DE RISCOS	ESTADO MAQ. (PCT/PST)	FERR. MEIOS	TEMPO PREV.	TEMPO REAL	EXECUTANTES	OBSERVAÇÕES	OK/ NOK	ESPE. ELE/AUT		

OBSERVAÇÕES:

COMENTÁRIOS RESPOSTA O FINAL:

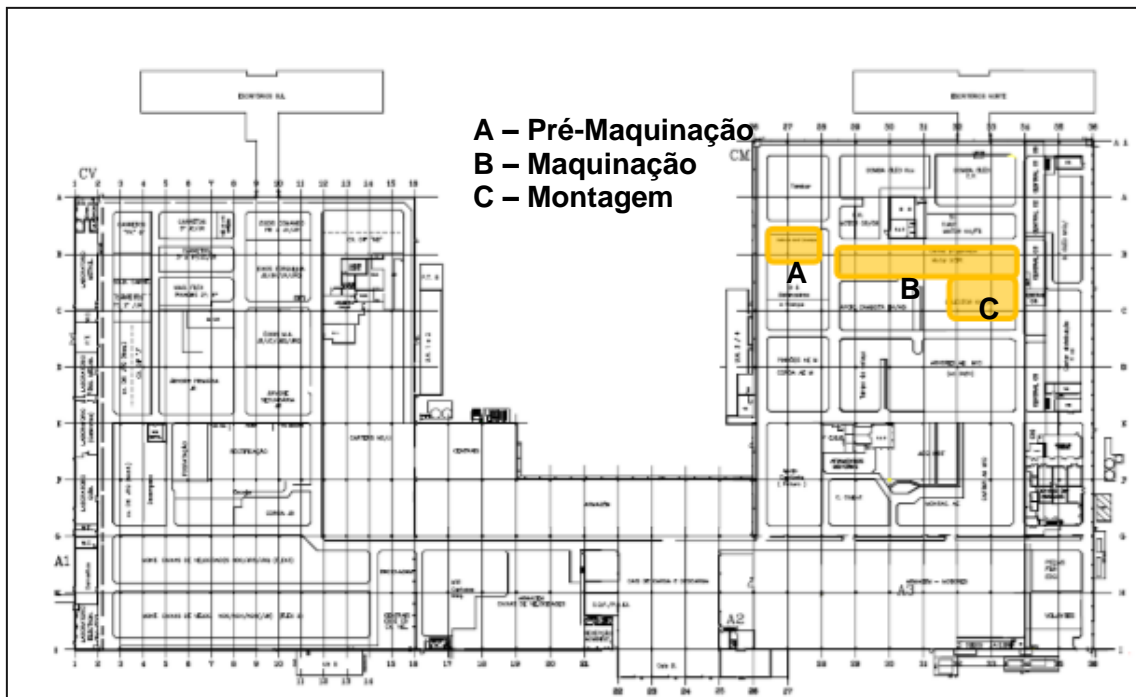
CUET

FIABILIDADE

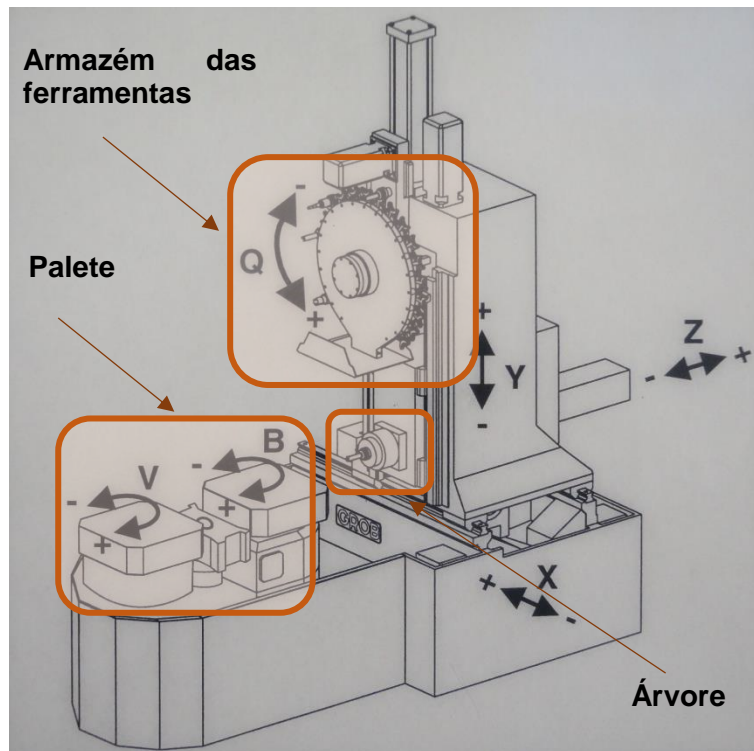
IS / OI TPM

IMPORTEANTE.
TODOS OS TRABALHADORES EXECUTAR AO INTERIOR DAS MÁQUINAS E OPERACIONO O USO DE CAPAZETE E (PMS/105)

Anexo I – Mapa com a localização da linha do carácter intermédio



Anexo J – Principais subconjuntos da máquina 2100



Anexo K – PMA da máquina 2100 antes de ser revisto

Data	CHECK							Data Criação	CIJET Manutenção	IS-MPN	CIJET Fabricação			Natureza de actualização	Data	Autor do pedido
	TOTAL	T	D	S	O	M	SM				SM	TM	SM			
08/09/08	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530
18/09/08	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530
28/09/08	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530	0530

Grupo	Sub-Conjunto	Elemento	Operação a Efectuar	Tempo Médio (min)	Frequência (vezes/ano)	Pericuidade (Pontos)	Estado da Máquina	Valores Limites	Ferramenta	Qualidade e Designação / Ref. N.º / MABEC Prov.	N.º FOSI / Gama
Limpeza	(1.01) zona cama	Z. cama + sala porta	Impar/inspecionar	002:00	2931	MEP	N.S.				
	(1.02) zona trabalho	Telescopios	Impar/inspecionar	0:10:00	S02	PCT	N.S.				
	(1.03) zona trabalho	Arrozem	Impar/inspecionar	0:05:00	S02	PST	N.S.				
	(1.04) gr. h/d	Gr. h/d	Impar/inspecionar	0:10:00	S04	PCT	N.S.			R100212544	
	(1.05) maquina	Exterior	Impar/inspecionar	0:10:00	S04	MEP	N.S.			R100212544	
	(1.06) c/cr. pn	Pf. gr. t ar (2)	Impureza/d. (atenção ao o'ring de vedação)	0:05:00	A61	PST	N.S.				
	(1.07) c/cr. pn	Gr. Trif. Ar + gir. purga	substituir filtro	0:01:00	S04	MEP	N.S.			R100101338	
	(1.08) gr. refrig.	Filtro med	Inspeccionar/alterar manutenção se necessário	0:02:00	S04	PCT	N.S.				
	(1.09) zona trabalho	Doado rolillos	Impar/inspecionar	0:01:00	S04	MEP	N.S.				
	(1.10) eixos XYTZ	Z. barramentos	Impar/inspecionar	0:10:00	S04	PST	N.S.				
	(1.11) maquina	Interior	Impar/inspecionar	0:20:00	S04	PST	N.S.				
	(1.12) c/cr. pn	Pf. ar entrada	Impureza/d. (atenção ao o'ring de vedação)	0:05:00	S24	PST	N.S.				
	(1.13) Zona paleteizacao	Aquecimento	Inspeccionar/alterar manutenção se necessário	0:05:00	S91	PCT	N.S.			X250613502	
Lub.	(2.01) c/cr. pn	Gr t achub como arv	verif nivel/reabastecer se necessário	0:01:00	A91	MEP	N.S.			moforma 10	R100087643
	(2.02) gr. lub centr	Doadoilo	verif nivel/reabastecer se necessário	0:01:00	A91	MEP	N.S.			torna 088	T843250111
	(2.03) gr. refrig.	Doadoilo	verif nivel/reabastecer se necessário	0:01:00	A91	MEP	N.S.			hidrolite 088	T843427031
	(2.04) gr. refrig.	Gr. refrig-arv	verif nivel/reabastecer se necessário	0:01:00	A91	MEP	N.S.			glareeff	R100417573
	(2.05) zona trabalho	Lub-guida palletes	verif. funcão, substit. se necessário	0:01:00	A011	MEP	N.S.			S I Lub automat	R100013199
	(2.06) zona trabalho	Missa rolillos	verif nivel/reabastecer se necessário	0:01:00	S04	MEP	N.S.			Food	R100461138
	(2.07) Bomba alta pressao	Nivel oleo	verif nivel/reabastecer se necessário	0:01:00	A011	PST	N.S.			sow30	R100415028
Verif/Segur.	(3.01) gr. h/d	Bomba	verif pressao (30 bar)	0:01:00	S04	MEP	N.S.				
	(3.02) gr. lub centr	Bomba	verif pressao (30 bar)	0:01:00	S04	MEP	N.S.				
	(3.03) c/cr. pn	Gr t achub como arv	verif pressao (3 bar)	0:01:00	S04	MEP	N.S.				
	(3.04) gr. refrig	Gr. refrig.	verif temperatura	0:01:00	S04	MEP	N.S.				
	(3.05) zona trabalho	Ajuno peca	verif pressao aberto peca	0:01:00	A91	MEP	N.S.				
	(3.06) iluminacao	Ilumin rtt	verif estado conservação e função	0:01:00	S04	MEP	N.S.				
	(3.07) segurança	Bol. emergencias (A2)	verif estado conservação do botão	0:01:00	A00	PCT	N.S.				
	(3.08) comando	Bol e analis	verif. estado conserv. e função, teste limp. teclado	0:02:00	A91	PCT	N.S.				
	(3.09) c/cr. pn	Pf. gr. t ar	verif pressao	0:01:00	A91	MEP	N.S.				
	(3.10) palletes	aperto peca	verif estado photofunc. dos anel/abridores	0:01:00	A91	MEP	N.S.				
	(3.11) c/cr. oleo corte	Bomba alta pressao	verif nível de combustível dos anel/abridores	0:01:00	S04	MEP	N.S.				
	(3.12) c/cr. oleo corte	filtro do oleo de corte	verif nível de combustível do filtro/estado respirador	0:30:00	A24	PST	N.S.				
	(3.13) Segurança	Fichas Electricas (A3)	verif estado conservação chaves/fichas	0:01:00	A24	PCT	N.S.				
	(3.14) Segurança	Proteções (A4)	verif estado conservação + aperto proteções	0:01:00	A24	PCT	N.S.				

Traseira da Máquina

Lado Direito Máquina

Lado Esquerda Máquina

Interior Máquina

Ferramentas Teste

Ilho Máquina

PERIODICIDADE
 4901 = Semanal
 500 = Mensal
 500 = Bimessal
 524 = Semestral
 A01 = Anual

ESTADO MAQUINAS
 em Marcha Em Produção - MEP
 Parada Sem Trabalho - PST
 Parada Com Trabalho - PCT

