

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao grupo SRAM, especialmente à SRAMPort pela oportunidade de acolher o meu estágio, e que desde o primeiro dia proporcionou todas as condições para a realização do mesmo.

Ao Engenheiro Paulo Carvalho e ao João Perdigão, pela orientação e por todos os conhecimentos, disponibilidade e apoio transmitido a longe deste trabalho.

Ao Professor Doutor Luís Borrego pela disponibilidade e orientação efetuada na realização do trabalho, e pela oportunidade que me ofereceu de estagiar no grupo SRAM.

Ao Sr. António Reis e Sr. Manuel Duque por toda a disponibilidade e todo o conhecimento técnico transmitido durante o estágio.

Ao Engenheiro Pedro Coelho por todo o tempo disponibilizado na elaboração do sistema informático.

A todos os colaboradores e membros da SRAMPort pelo acolhimento e disponibilidade que sempre apresentaram durante o estágio.

À minha Mãe Lina Lopes, Tia Blandina Oliveira e Prima Beatriz Oliveira por toda a ajuda prestada na fase da elaboração do relatório.

Por fim agradeço a todos aqueles que diretamente ou indiretamente contribuíram para a minha formação académica.

RESUMO

A realidade da competitividade industrial e da complexidade de equipamentos, atualmente vivida pelas empresas, eleva a importância da Gestão da Manutenção, tornando-se num fator essencial no melhoramento da qualidade e da produtividade das organizações. Para tal, com a crescente concorrência e a preocupação em reduzir custos, leva o departamento de Manutenção a apostar na inovação e na melhoria contínua, para tirar o máximo rendimento dos equipamentos, traduzindo-se no aumento de qualidade do processo de produção.

O presente projeto está inserido no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, tendo como principal objetivo o desenvolvimento de um Sistema informático de Gestão da Manutenção, com incidência na área de Ferramentas Progressivas de Corte por Estampagem, da empresa SRAMPort. Empresa esta, que dedica o seu ramo industrial ao desenvolvimento e produção de corrente de rolos para bicicletas.

Ao realizar este projeto é pretendido melhorar o processo de Manutenção de Ferramentas Progressivas através de uma Gestão da Manutenção mais eficiente. Isto é, ao mapear todas as ferramentas e as respetivas intervenções de Manutenção, é possível manter um controlo sobre o processo através da criação de planos de Manutenção, reduzindo o número de falhas das ferramentas. Ao interligar estes dados com o histórico de funcionamento das ferramentas, torna-se possível avançar no sentido da Manutenção Preventiva, e desta forma, evitar macro e micro paragens de produção provocadas pelas ferramentas.

Durante o projeto, foi necessário codificar todas as ações intrínsecas ao processo de Manutenção de ferramentas progressivas, na tentativa de reunir todas as avarias e intervenções e assim, registá-las no Sistema informático de Gestão da Manutenção para uma posterior análise. Após a recolha e a análise de todas as intervenções obtém-se um histórico de ocorrências, onde é possível analisar padrões de avaria e componentes críticos.

Para desenvolver o Sistema informático de Gestão de Manutenção foi necessário listar ações e elaborar fluxogramas do processo de Manutenção, de modo, a tornar o processo perceptível a todos os envolvidos deste projeto. Após a criação do Sistema informático, foram criadas ações de implementação na fábrica e formação dos operadores. Sendo assim, a implementação deste Sistema de Gestão da Manutenção tornou possível obter informações sobre o estado das ferramentas, custo das intervenções e para planear manutenções preventivas. De um modo geral, este projeto possibilitou um controlo mais eficiente do processo de manutenção.

Paralelo a este projeto, foram geridos os documentos anexados aos equipamentos da empresa, no qual foi planeado a reorganização destes documentos, e posteriormente criadas ações para reorganizar e atualizar o processo de pesquisa dos documentos. Esta reorganização documental trouxe mais-valias para o processo de Manutenção dos equipamentos, tornando-o mais eficiente.

Palavras-chave: Ferramentas Progressivas, Gestão da Manutenção, Sistema Informático, Análise de Custos, Gestão Documental.

ABSTRACT

The present-day reality of industrial competitiveness and equipment complexity experienced by firms raises the importance of Maintenance Management, which plays a major role not only in terms of quality enhancement but also productivity increase. Due to the growing competition and concern of cost reduction, the Maintenance department is led to invest in innovation and continuous improvement to get maximum performance from the equipments. This results in the increased quality of the manufacturing process.

This project is part of the Masters of Mechanical Engineering of ISEC whose main objective is the development of a computer system for maintenance management of the progressive tools for stamping cutting in the company SRAMPort, which focuses on the development and production of roller chains for bicycles.

This project aims to improve the Progressive Tools' Maintenance through a more cost-effective Maintenance Management. This means that, by mapping each tool and its respective maintenance interventions, it is possible to keep control of the process through the creation of Maintenance planning, thus reducing the number of malfunctions. When this data is interconnected to the tools' operating history, it becomes possible to move towards Preventive Maintenance, by doing so, avoiding major or minor production stoppages caused by the tools.

During this project, it was necessary to codify the actions inherent to the process of progressive tools maintenance in an effort to collect all of the failures and repairs and, therefore, register them in the Maintenance Management's IT system for further analysis. After the gathering and analysis of all of the interventions, a record of occurrences is produced, where it is possible to analyze failure patterns and critical components.

In the development of the Maintenance Management's IT system there was a need to list actions and prepare a flowchart of the maintenance process in order to ensure that all who were involved in the project understood it. Once the IT system was created, implementation measures were taken in the company and in the operators' training. Hence, the enactment of this Maintenance Management system has made it possible to obtain information about the tools conditions, intervention cost as well as to plan routine maintenance. This project has, on the whole, enabled a more efficient control of the maintenance process.

In conjunction with it, the company's documents pertaining to the equipment were managed, reorganized and, subsequently, actions were created to rearrange and update the process of the documents' research. This reorganization of documentation has added value to the process of equipment maintenance, making it more efficient.

Keywords: Progressive Tools, Maintenance Management, IT System, Costs Analysis, Document Management

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Índice	iv
Índice de figuras	vii
Índice de tabelas	ix
Abreviaturas.....	x
1 Introdução	1
2 Manutenção	2
2.1 Definição de manutenção	2
2.2 Tipos de Manutenção.....	2
2.2.1 Manutenção Corretiva	3
2.2.1.1 Manutenção Corretiva de Urgência.....	3
2.2.1.2 Manutenção Corretiva Deferida	3
2.2.2 Manutenção Preventiva	4
2.2.2.1 Manutenção Preventiva Sistemática.....	4
2.2.2.2 Manutenção Preventiva Condicionada.....	4
2.2.2.2.1 Manutenção Preventiva Condicionada Preditiva	4
2.3 Política de Manutenção	5
2.4 Gestão da Manutenção.....	5
2.4.1 TPM – <i>Total Productive Maintenance</i>	6
2.4.1.1 Ferramentas de melhoria continua	8
2.4.1.1.1 5 S	8
2.4.1.1.2 Diagrama de Causa-Efeito	8
2.4.1.1.3 Ciclo PDCA	9
2.4.1.1.4 5 Porquês.....	10
2.4.2 Diagrama de Pareto	11
2.4.3 RCM – <i>Reliability-centered maintenance</i>	11
2.5 Indicadores da Manutenção	12
2.5.1 Manutibilidade.....	12
2.5.2 Fiabilidade	13
2.5.2.1 Análise da Fiabilidade.....	14
2.5.2.1.1 Leis de Fiabilidade.....	14
2.5.3 Disponibilidade.....	17
2.5.4 OEE – <i>Overall Equipment Efficiency</i>	18

2.6	8D	19
2.7	FMEA – <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>	19
2.8	Análise dos custos de manutenção e não-manutenção dos equipamentos	20
2.8.1	Manutenção e Qualidade	20
2.8.2	Manutenção e Produtividade	21
2.8.3	Manutenção e Disponibilidade	21
2.8.4	Manutenção Corretiva ou Preventiva	21
2.8.5	Custos da Falta de Manutenção	22
3	Caraterização e análise da empresa	24
3.1	Apresentação da empresa	24
3.1.1	SRAM.....	24
3.1.2	SRAM Portugal	25
3.2	Produtos SRAM.....	25
3.2.1	Correntes.....	27
3.3	Fluxo de produção da SRAMPort	29
3.4	Processo de Corte de placas	34
4	Processo de manutenção de ferramentas	38
4.1	Introdução	38
4.2	Área de manutenção de ferramentas.....	38
4.3	Processo de reparação de ferramentas	39
4.4	Registo de Intervenção	42
4.5	Prioridades e Custos na Manutenção.....	44
5	Otimização do processo de manutenção das ferramentas progressivas	46
5.1	Introdução	46
5.2	Objetivo do Projeto e abordagem do problema	46
5.3	Fluxo do processo de Manutenção de ferramentas.....	46
5.4	Sistema informático para registo das manutenções corretivas	48
5.4.1	Recolha de dados registados nas intervenções	50
5.4.2	Localizações dos defeitos e reparações	51
5.4.3	Supressão das folhas de seguimento da ferramenta em fabrico	52
5.4.4	Funcionamento do sistema informático.....	54
5.5	Introdução da Manutenção Preventiva nas ferramentas	57
5.5.1	Manutenção Preventiva Preditiva.....	59
5.6	Análise de custos entre Manutenção Corretiva e Preventiva	59
5.6.1	Exemplo da análise de custos do defeito “Furação Esbeçada”	60
5.6.1.1	Custo da Manutenção Corretiva	61

5.6.1.2	Custo da Manutenção Preventiva.....	61
6	Gestão documental de equipamentos	63
6.1	Introdução.....	63
6.2	Organização do arquivo da documentação dos equipamentos	63
7	Conclusão	66
7.1	Perspetivas de trabalhos futuros	66
8	Referências bibliográficas	68
9	Anexos.....	70
	Anexo I – Folha de seguimento da ferramenta em fabrico.....	70
	Anexo II – Fluxogramas do programa.....	71
	Anexo III – Modo Operatório do Sistema Informático de Manutenção de Ferramentas	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de Manutenção	3
Figura 2. Os oito pilares da Metodologia TPM (Forum, 2016).....	6
Figura 3. Exemplo de um Diagrama de Causa-Efeito (Azevedo, Alves, Pimenta, & Pereira, 2003).....	9
Figura 4. Ciclo PDCA	10
Figura 5. Exemplo de um Diagrama de Pareto.....	11
Figura 6. "Curva da Banheira" (Sousa, 2011)	17
Figura 7. Diagrama do indicador OEE (Scheibe, 2011).....	18
Figura 8. Relação entre o custo de Manutenção Preventiva e custo associado à falha (Marcorin & Lima, 2003)	23
Figura 9. Relação entre o custo da Manutenção e Disponibilidade.....	23
Figura 10. Marcas da empresa SRAM (Ramos, 2016).....	24
Figura 11. Localização dos vários escritórios e fábricas da SRAM (Ramos, 2016)	24
Figura 12. Instalações da SRAM Portugal (Ramos, 2016).....	25
Figura 13. Componentes produzidos pelas várias marcas da SRAM.....	26
Figura 14. Grupo "Eagle" (Kazimer, 2016).....	27
Figura 15. Cubo e Roda da Marca ZIPP, respetivamente	27
Figura 16. Constituintes de uma corrente de rolos (Malça, 2014)	28
Figura 17. Corrente atual de rolos da SRAM	28
Figura 18. Vários tipos de correntes SRAM.....	29
Figura 19. <i>Layout</i> simplificado da fábrica.....	30
Figura 20. <i>Stock</i> de aço laminado	30
Figura 21. <i>Stock</i> de aço trefilado	30
Figura 22. Secção das Prensas	31
Figura 23. Secção das Cisalhas.....	31
Figura 24. Secção da “Bariagem”	31
Figura 25. Secção de “Polimento”.....	31
Figura 26. Fornos "FCH"	32
Figura 27. Fornos “CTC”	32
Figura 28. Secção de "Niquelagem"	32
Figura 29. Máquina "CHC"	33
Figura 30. Equipamentos: "RIV", "CTG" e "LDF"	34
Figura 31. Prensas mecânicas de corte de placas interiores e exteriores.....	35
Figura 32. Prensa <i>Minster</i> P2-H100 com uma ferramenta no seu interior	35
Figura 33. Fita de aço estampada (Turman, 2016)	36
Figura 34. Ferramenta constituída pela sua carcaça e os quatro módulos no seu interior.....	36
Figura 35. Módulo de uma ferramenta	37
Figura 36. Módulo em reparação na bancada de trabalhos do serralheiro	39
Figura 37. Módulos que aguardam a reparação.....	40
Figura 38. Espaço técnico, destinado ao controlo das placas	41

Figura 39. Operador a introduzir a fita de aço na ferramenta.....	42
Figura 40. Parte superior da folha de seguimento da ferramenta de fabrico, preenchida pelo serralheiro	43
Figura 41. Parte inferior da folha de seguimento da ferramenta de fabrico, preenchida pelo operador.....	43
Figura 42. Gráfico da percentagem de refugo num determinado intervalo de tempo	44
Figura 43. Fluxograma reativo a todo o processo de manutenção do operador de prensas	47
Figura 44. Fluxograma relativo a todo o processo de manutenção do serralheiro	48
Figura 45. Sequência de "5 Porquês" utilizado na resolução de um problema resolvido durante o estágio.....	49
Figura 46. Exemplo da codificação das localizações inseridas pelo operador e serralheiro em SAP.....	52
Figura 47. Placa de identificação do primeiro módulo da ferramenta que produz placas interiores de 8, 9 e 10 velocidades.....	53
Figura 48. Sequência do processo de registo digital em SAP	54
Figura 49. Janela de criação da nota em SAP.....	55
Figura 50. Lista de defeitos para o operador selccionar em SAP.....	55
Figura 51. <i>Layout</i> da ordem em SAP	56
Figura 52. Gráfico das causas de refugo, em percentagem, num periodo de um ano	60
Figura 53. Análise de custo entre a manutenção corretiva e preventiva, para diferentes fiabilidades, do quarto módulo da ferramenta de fabrico as placas exteriores de 11 velocidades	62
Figura 54. Capa antiga (esquerda) e nova (direita) do dossiê de equipamentos	63
Figura 55. Arquivo na fase anterior ao projeto.....	64
Figura 56. Arquivo na fase posterior ao projeto.....	64
Figura 57. Excerto da lista de pesquisa dos dossiês de equipamentos.....	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Descrição da Metodologia "5S" (Scheibe, 2011)	8
Tabela 2. Pequeno exemplo da recolha dos dados do módulo 4 da ferramenta das placas exteriores de 11 velocidades.....	50
Tabela 3. Excerto da tabela das naturezas de paragem, e respetivo número de repetições, do módulo 4 da ferramenta das placas exteriores de 11 velocidades	50
Tabela 4. Excerto da tabela das reparações e respetivo número de repetições, do módulo 4 da ferramenta das placas exteriores de 11 velocidades	51
Tabela 5. Exemplo de uma intervenção efetuada, e respetivos nº de golpes, no módulo 1 das placas exteriores das 9 velocidades	57
Tabela 6. Exemplo da análise de fiabilidade para o primeiro módulo da ferramenta que produz placas exteriores de 9 velocidades.....	58
Tabela 7. Plano de manutenção preventiva de todos os primeiros módulos das ferramentas de fabrico de placas exteriores	59

ABREVIATURAS

BTT – Bicicleta Todo-o-Terreno

CHC – Máquina de Montar Corrente em Contínuo

CTC – Forno de Cementação e Têmpera em Contínuo

CTG – Máquina de Tensionamento e Controlo de Corrente

FCH – Forno de Cementação e Têmpera

FMEA – Análise do Efeito e Modo de Falha

LDF – Máquina de Corte de Corrente

MFP – Manutenção de Ferramentas Progressivas

MTBF – *Mean Time Between Failures* – Tempo Médio Entre Falhas

MTTR – *Mean Time To Repair* - Média do Tempo Técnico de Reparação

OEE – Overall Equipment Effectiveness

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

RCM – *Reliability-Centered Maintenance*

RIV – Rebitagem de Corrente

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TBF – *Time Between Failure* - Tempo Entre Falhas

TPM – *Total Productive Maintenance*

TTR – *Time To Repair* - Tempo Técnico de Reparação

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho é elaborado no âmbito da dissertação em Engenharia Mecânica, integrada no plano curricular do mestrado em Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, e consiste na apresentação da forma como foi otimizado o processo de manutenção de ferramentas progressivas de estampagem. Este projeto visa a criação de procedimentos e de um sistema de apoio à gestão da manutenção de ferramentas, com o intuito de melhorar a eficiência do processo produtivo e uma consequente redução dos custos associados. Também, apresenta o modo como foi realizado a organização documental dos equipamentos, com o objetivo de melhorar a eficiência da manutenção de equipamentos.

De facto, o trabalho realizado tem por base o estágio efetuado na empresa SRAMPort, que atualmente se dedica ao fabrico de uma vasta gama de correntes de bicicleta e ainda à montagem de rodas e cubos de bicicletas de ciclismo de estrada, sendo de elevada importância para esta empresa, uma vez que a empresa labora 24 horas por dia, e onde cada paragem pode ter elevados custos devido às perdas de disponibilidade por avarias de uma ferramenta. O projeto contempla assim um sistema essencial na SRAMPort, que regista as intervenções a ferramentas, e planeia as paragens necessárias para execução de manutenção preventiva. Ao contabilizar todas as manutenções a uma ferramenta, é esperado apurar a razão dos problemas, e ataca-los na sua raiz.

Inicialmente, o objetivo proposto contemplava o desenvolvimento do sistema de registo de intervenções da manutenção corretiva e de apoio à manutenção preventiva, porém, não foi possível realizar o sistema de apoio à manutenção preventiva, mas encontra-se previamente preparado para futuramente ser implementado, como descrito ao durante este trabalho. Portanto, o registo de intervenções da manutenção corretiva implementou-se na fase final do estágio. Quanto à organização documental dos equipamentos, foi realizada e implementada com êxito, como descrito num dos próximos capítulos.

Nas páginas que seguem, será explicado como foi implementado o sistema de registo da manutenção de ferramentas, e quais as análises e estudos efetuados previamente para a aplicação da manutenção preventiva, sendo analisado os custos associados a estes dois tipos de manutenção, com o intuito de perceber qual delas causa mais desperdício para cada tipo de problema da ferramenta. No fim, serão discutidas ideias sugeridas, não aplicadas e parcialmente implementadas, direta ou indiretamente relacionadas com a manutenção de ferramentas progressivas, e que poderiam resultar em grandes vantagens para a empresa.

Contudo, nesta fase importa referir, que a descrição das ferramentas progressivas de produção de placas de correntes de rolos para utilização em bicicleta, bem como a descrição de todo o processo de fabrico de uma corrente de rolos para bicicleta não são do conhecimento geral, existindo confidencialidade industrial em relação a este tema, pelo que é necessário ter algum cuidado na sua abordagem, devido à concorrência industrial gerada neste setor, e alguma divulgação mais detalhada do tema poderá ter elevados prejuízos para o grupo SRAM. Assim, todo o processo foi descrito apenas com a profundidade necessária para o entendimento deste projeto.

2 MANUTENÇÃO

2.1 Definição de manutenção

Atualmente, a globalização e a competitividade nos mercados colocam desafios cada vez mais exigentes às organizações. Neste contexto, a entrega de um produto ou serviço nos prazos acordados com os clientes e com a qualidade requerida é um dos fatores mais importantes.

Neste sentido, é cada vez mais crucial o planeamento do processo na medida em que este contribui para assegurar o cumprimento de determinados requisitos e por contribuir para a satisfação do cliente. Por “processo” entende-se o conjunto de equipamentos, parâmetros e controlos que influenciam a cadeia de valor, desde a matéria-prima até ao produto final. Todos os equipamentos estão sujeitos a uma degradação ao longo do tempo, sendo por isso necessário um conjunto de ações destinadas a assegurar as melhores condições de funcionamento. A manutenção surge como a função que repõe os equipamentos no seu estado esperado de operacionalidade e assegura os níveis de desempenho exigíveis aos equipamentos que intervêm no processo (Sousa, 2011). Esta função consiste em reparações, inspeções programadas, rotinas preventivas programadas, substituição de peças e órgãos, lubrificações, limpezas e melhoramentos que os equipamentos deveram sofrer, ao longo da sua vida útil de funcionamento, com o intuito de corrigir qualquer tipo de defeito (Brito, 2003).

A manutenção pode ser descrita de forma diferente consoante a norma portuguesa NP EN 13306:2007, que define manutenção como o conjunto de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um equipamento, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que pode desempenhar a função requerida nas melhores condições (Farinha, 2011). Por outro lado, a norma francesa NF X60-010 define manutenção como um conjunto de ações que consiste em manter um bem num estado específico, em condições de satisfazer um serviço determinado, com um custo global mínimo (Sousa, 2011).

O aumento do nível de automatização das organizações aumenta a necessidade de manutenção, uma vez que aumenta o custo de indisponibilidade dos equipamentos. Por outro lado, a manutenção é realmente importante quando é colocada em causa a segurança dos operadores. Isto é, quanto maior for o custo da indisponibilidade de um dado equipamento, mais económica é a sua manutenção e quanto mais a segurança estiver em causa, mais fundamental se torna o papel desempenhado pela manutenção. De facto, uma manutenção planeada aumenta a disponibilidade do equipamento contribuindo para o aumento da produtividade que por conseguinte beneficia as organizações.

2.2 Tipos de Manutenção

A Manutenção pode ser classificada em dois grandes tipos, Corretiva e Preventiva. Esta divergência pode ser verificada na figura 1.



Figura 1. Tipos de Manutenção

2.2.1 Manutenção Corretiva

A Manutenção Corretiva é executada após a ocorrência de uma avaria ou mau funcionamento do equipamento em serviço sem que haja aviso prévio e cuja oportunidade de intervenção não possa ser planeada. Tem como objetivo restaurar a sua funcionalidade e operacionalidade dentro do menor tempo possível.

Não obstante, este tipo de manutenção só deveria ocorrer nos casos em que não se conseguisse prever ou prevenir avarias porém, na maioria dos casos, acontece devido à ineficiência do plano de manutenção em vigor. Quando realizada, é importante aproveitar a intervenção para inspecionar e identificar o motivo a fim de se criar uma ação que reduza a sua frequência ou até mesmo que a elimine.

Uma vez que este tipo de manutenção não pode ser planeada, esta é indesejável, pelo que geralmente prejudica o plano de produção devido à interrupção dos equipamentos por tempo indefinido causando prejuízos significativos (Scheibe, 2011).

Este tipo de manutenção pode subdividir-se em dois tipos, como se pode observar na figura 1: Manutenção Corretiva de Urgência e Deferida.

2.2.1.1 Manutenção Corretiva de Urgência

A Manutenção Corretiva de Urgência é realizada logo após a deteção da avaria para evitar efeitos indesejáveis.

2.2.1.2 Manutenção Corretiva Deferida

Contrariamente, a Manutenção Corretiva que não é efetuada imediatamente após a deteção da falha, mas sim adiada de acordo com regras de Manutenção definidas, designa-se Manutenção Deferida (Farinha, 2011).

2.2.2 Manutenção Preventiva

Este tipo de Manutenção é orientado no sentido de evitar a ocorrência de avarias e garantir o correto e seguro funcionamento dos equipamentos, sendo efetuado em intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios pré-definidos. Baseia-se na previsão, permitindo que as medidas necessárias sejam tomadas bem como planeadas antecipadamente, com o intuito de minimizar as consequências de potenciais avarias.

Isto não só diminui os tempos de paragem dos equipamentos mas também aumenta, consequentemente, a sua disponibilidade para a produção, aspeto fundamental para a eficácia da organização. Tratando-se de atividades planeadas, permite a racionalização de recursos, reduzindo os custos envolvidos. A Manutenção Preventiva subdivide-se em dois tipos, Sistemática e Condicionada, também possível de ser observado na figura 1 (Scheibe, 2011).

2.2.2.1 Manutenção Preventiva Sistemática

A Manutenção Preventiva Sistemática é executada em intervalos de tempo pré-estabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização mas sem controlo antecipado do estado do equipamento. Esta intervenção planeada consiste na substituição ou recondicionamento dos componentes do equipamento, independentemente do seu estado. Incluem-se neste tipo de manutenção, as revisões sistemáticas, as rotinas de inspeção, as rotinas de lubrificação e confirmações metrológicas (Farinha, 2011; Scheibe, 2011).

2.2.2.2 Manutenção Preventiva Condicionada

No que se refere a este tipo de Manutenção Preventiva, as decisões de intervenção realizam-se em intervalos de tempo variáveis de acordo com as informações provenientes de técnicas de monitorização e controlo, periódicas ou contínuas, do estado real dos equipamentos.

Comparando os resultados com os valores de referência correspondentes ao funcionamento normal é possível analisar e estudar a evolução dos parâmetros e assim prever e intervir preventivamente antes de ocorrer uma avaria (Scheibe, 2011).

2.2.2.2.1 Manutenção Preventiva Condicionada Preditiva

Por sua vez, a Manutenção Preditiva consiste numa forma de Manutenção Condicionada efetuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do equipamento.

Esta forma de Manutenção vem combater uma grande falha existente na Manutenção Preventiva, ou seja, substituir um equipamento ou componente que ainda não entrou na fase de desgaste. Através do acompanhamento realizado ao longo da vida útil de uma componente, usando técnicas como a inspeção visual, análise de vibrações, análise dos lubrificantes em serviço, termografia ou medição de parâmetros, é possível observar a evolução dos componentes de um qualquer equipamento, e prever a sua falha, garantindo a sua substituição momentos antes de quebrar e assim rentabilizar o investimento. Pode ocorrer um outro problema, que é o de ter que imobilizar o equipamento, num momento inoportuno para

realizar a intervenção, para isso é necessário ponderar substituir no momento, ou substituir quando for viável (Ascensão, 2011; Farinha, 2011).

2.3 Política de Manutenção

A política de manutenção é definida, por Carlos Varela Pinto, como o combinado dos tipos de ações a realizar nos equipamentos pela função da manutenção. Esse conjunto de ações é determinado pelo tipo, características e condições dos equipamentos. Assim, a política a tomar em conta, deve ser estabelecida segundo os tipos de manutenção referidos anteriormente, optando pela solução mais adequada.

A escolha da política de manutenção deve ter em consideração os diversos aspetos:

- Fiabilidade do equipamento e sua taxa previsível de avarias;
- Existência de aspectos legais relativos a inspeções e vigilância aplicáveis ao equipamento;
- Manutibilidade do equipamento, ou seja, acessibilidade e facilidade de execução de ações de manutenção;
- Tipo de avarias, de acordo com o tempo de funcionamento;
- Análise técnica e económica da deteção antecipada de possíveis avarias;
- Viabilidade de substituição, dependendo das peças de substituição ou equipamento de substituição;
- Consequências de uma avaria no equipamento em termos de segurança do pessoal, do próprio equipamento, da instalação e do ambiente;
- Importância do equipamento ou instalação em relação à sua influência nos custos indiretos de manutenção.

Por conseguinte, para a escolha correta da política de manutenção deve realizar-se uma avaliação económica comparando os benefícios resultantes das diversas opções de manutenção (Pinto, 2002).

2.4 Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção é uma área complexa que inclui um enorme conjunto de disciplinas, assumindo um carácter multidisciplinar. O responsável da manutenção deverá executar várias tarefas para além dos conhecimentos específicos das tecnologias aplicadas nos equipamentos. Deve ter ainda um bom conhecimento acerca de todas elas, tais como: conceitos e técnicas gerais de manutenção, gestão de pessoal, materiais e planeamento. Uma análise atenta permite concluir que falhas em algumas das variáveis poderão comprometer a eficácia de toda a gestão.

Para além das funções características de reparação e de garantia do bom funcionamento dos equipamentos, a gestão da manutenção atua também noutros domínios, nomeadamente na procura de melhorias nos equipamentos ou instalações. Esta ação será feita recorrendo a ferramentas adicionais de monitorização ou controlo para incrementar o rendimento, segurança, ou até mesmo, salvaguardar a proteção ambiental.

O responsável pela manutenção deve ter uma forte sensibilidade relativamente aos custos inerentes. Estes são a razão fundamental para a justificação das boas práticas de manutenção (Scheibe, 2011).

2.4.1 TPM – *Total Productive Maintenance*

A Manutenção Produtiva Total, conhecida normalmente pela sua abreviatura TPM (*Total Productive Maintenance*), é mais do que uma ferramenta de gestão da manutenção. É uma filosofia de trabalho obtida como uma missão da empresa na manutenção/melhoria da produtividade. Esta pode ser definida como uma estratégia cuja finalidade é melhorar a eficiência do sistema de produção através de um combinado de atividades de manutenção.

Constitui uma nova forma de abordar os problemas industriais. Usualmente, a maioria das organizações encontram-se estruturadas com a manutenção e a produção em lados distintos, apesar de ambos os departamentos terem um objetivo em comum: formar uma unidade produtiva. Consiste, portanto, num mecanismo que visa a colaboração entre estes departamentos com o intuito de reduzir desperdícios, aperfeiçoar a qualidade do produto, aumentar a disponibilidade assim como a fiabilidade dos equipamentos.

A TPM trata de reunir uma única equipa, constituída por operadores e técnicos de manutenção com o objetivo de identificarem as tarefas responsáveis pelos atrasos e não conformidades que prejudicam a produtividade. Deste modo, passa a existir uma ligação entre a produção e a manutenção, em que ambas as partes são formadas e certificadas para executar as tarefas anteriormente identificadas. Então, quando necessário, os operadores podem rapidamente corrigir algumas não conformidades, realizando pequenas reparações de forma autónoma para evitar longas paragens de produção devido à necessidade de intervenção pelo departamento de manutenção. Consequentemente, a equipa de TPM foca-se na melhoria do equipamento e eliminação de tarefas desnecessárias e a equipa de manutenção possui maior disponibilidade para planear as suas intervenções.

A Manutenção Produtiva Total é implementada quando se segue uma metodologia que é baseada em oito métodos, conhecidos como os oito pilares da TPM, os quais são permitidos visualizar na figura seguinte:

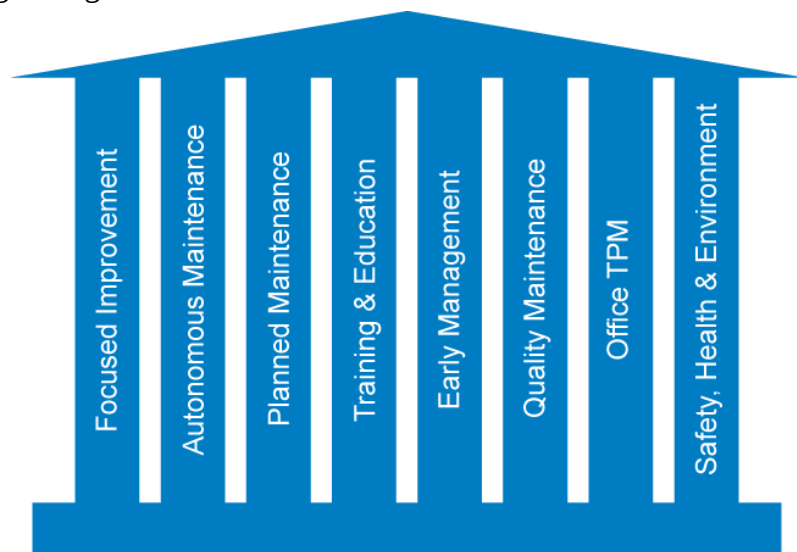


Figura 2. Os oito pilares da Metodologia TPM (Forum, 2016)

Tem importância, frisar que a base de sustentação de qualquer pilar da TPM são ferramentas de melhoria contínua, tais como: os 5S, Diagrama Causa - Efeito, Ciclo PDCA e os 5 Porquês.

Os pilares da Manutenção Produtiva Total são os seguintes:

- **Primeiro Pilar – Melhoria Contínua**

Este pilar, tal como o nome indica, consiste na melhoria contínua com vista a eliminar todos os tipos de perdas que reduzem a eficiência global do equipamento (OEE), aperfeiçoando assim a eficiência da produção.

- **Segundo Pilar – Manutenção Autônoma**

A manutenção autónoma é uma manutenção de primeiro nível que visa a melhoria da eficiência dos equipamentos através de pequenas tarefas de manutenção, entre os quais: limpeza, lubrificação e inspeções, por parte dos operadores antes de pôr em funcionamento os equipamentos e sem a intervenção da equipa de manutenção.

- **Terceiro Pilar – Manutenção Planeada**

Este método incide no planeamento das intervenções de manutenção, minimizando as paragens não programadas e aumentando a disponibilidade dos equipamentos.

- **Quarto Pilar – Formação e Treino**

O objetivo deste princípio é promover a formação e o treino de todos os colaboradores envolvidos de forma a aumentar a sua eficácia e as suas aptidões no desempenho das respetivas atividades.

- **Quinto Pilar – Gestão Antecipada**

Este pilar refere-se à prevenção da manutenção, ou seja, na fase de projeto de um novo equipamento deve-se ter em consideração o histórico de manutenção e a experiência dos operadores que vão operar e reparar. Este planeamento tem como objetivo diminuir a fase de desenvolvimento e de ensaios do equipamento.

- **Sexto Pilar – Manutenção da Qualidade**

Sabendo que as condições dos equipamentos afetam significativamente a qualidade dos produtos, este método visa a utilização de atividades de manutenção destinadas a manter o equipamento em condições de bom funcionamento para garantir a qualidade do produto.

- **Sétimo Pilar – TPM de escritório**

Os processos de gestão interferem diretamente na eficiência e produtividade das atividades operacionais, por isso, a vantagem deste pilar traduz-se na melhoria dos processos administrativos e na redução dos seus desperdícios.

- **Oitavo Pilar – Segurança, Saúde e Meio Ambiente**

Este princípio consiste na criação de um ambiente de trabalho seguro, que visa a eliminação dos acidentes de trabalho. Compreende a criação de um sistema que respeite a saúde e bem-estar dos funcionários da organização, assim como a preservação do meio ambiente envolvente, prevenindo riscos ambientais.

Os benefícios da implementação da TPM são os seguintes (Scheibe, 2011):

- Aumento da produtividade;
- Melhoria da qualidade do produto;
- Aumento da qualidade do serviço da manutenção;
- Redução do número de avarias;
- Melhoria da fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos;
- Redução de acidentes e riscos no trabalho;
- Aumento da duração dos equipamentos;
- Redução do custo da produção.

2.4.1.1 Ferramentas de melhoria continua

2.4.1.1.1 5 S

O 5S é o início de um processo de mudança de postura da manutenção. Esta metodologia é uma das mais poderosas ferramentas de melhoria contínua que ficou originalmente conhecida por “5S” devido ao facto de se basear em cinco palavras japonesas, começadas pela letra “S”. Palavras estas que correspondem a cinco processos distintos que devem ser seguidos para meter em prática esta ferramenta, como descreve a tabela seguinte:

Tabela 1. Descrição da Metodologia "5S" (Scheibe, 2011)

S	Descrição
<i>Seiri</i> Arrumação	Separar o que é necessário do inútil, eliminando o desnecessário.
<i>Seiton</i> Organização	Ordenar e organizar tudo para que todos possam encontrar e utilizar. Ter sempre à mão o necessário.
<i>Seiso</i> Limpeza	Promover a limpeza do equipamento e do local de trabalho.
<i>Seiketsu</i> Normalização	Manter limpo o que está limpo.
<i>Shitsuke</i> Disciplina	Estender a melhoria a todas as situações similares criando rotinas.
	Cultivar o hábito de seguir as normas, criando sempre rotinas de revisão/auditoria e um bom ambiente de trabalho.

Apesar de se adequarem a toda a organização, estes processos visam a organização de todo o tipo de locais de trabalho e a melhoria das condições de operação e a manutenção de máquinas, trazendo grande redução de custos, com a diminuição do desperdício e das falhas provocadas pelo excesso de sujidade (Marcorin & Lima, 2003; Scheibe, 2011).

2.4.1.1.2 Diagrama de Causa-Efeito

O diagrama de Causa-Efeito, também conhecido por diagrama de *Ishikawa* ou diagrama Espinha de Peixe, pelo facto do diagrama ter um *layout* muito semelhante à estrutura de uma espinha de um peixe. Segundo *J.M. Juran* e *A.B. Godfrey*, o método de criação do diagrama, começa por identificar o efeito e introduzi-lo na ponta da seta, que

equivale à cabeça do peixe. Para completar o diagrama são adicionadas as potenciais causas, que corresponde à espinha do peixe (Juran & Godfrey, 1998). Assim, a estrutura do diagrama é a seguinte:

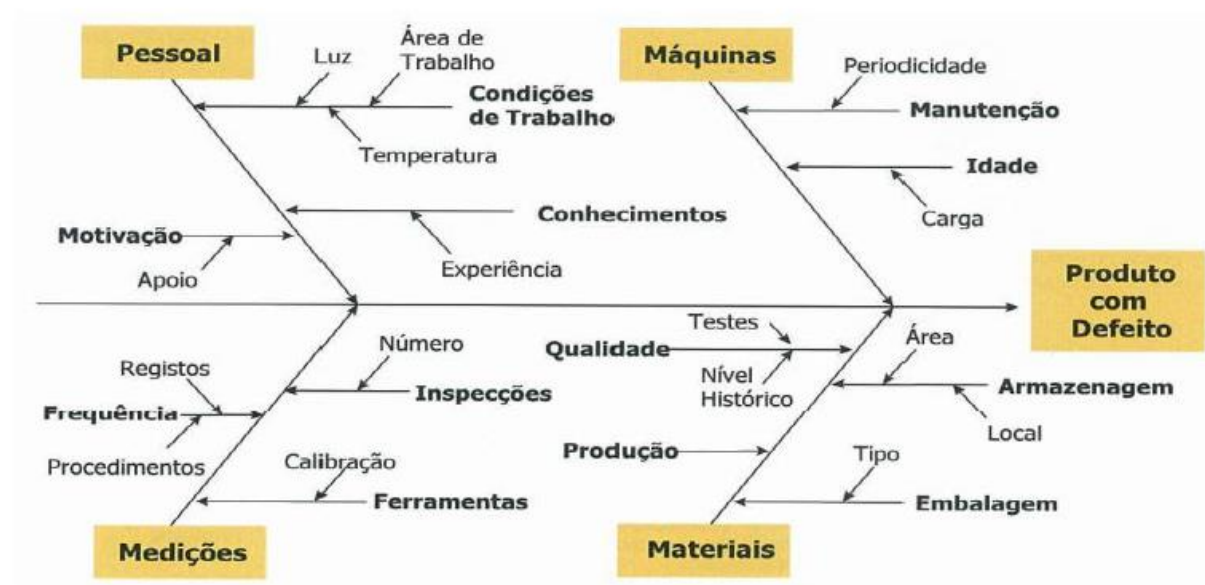


Figura 3. Exemplo de um Diagrama de Causa-Efeito (Azevedo, Alves, Pimenta, & Pereira, 2003)

Este diagrama é utilizado para explorar todas as causas possíveis de um problema/efeito. A organização das causas deve-se ao seu grau de importância, que resulta numa representação hierárquica que facilita a identificação da origem dos problemas. Por este motivo, é muito utilizado em sessões de grupo, onde facilita o aparecimento de soluções para resolver o problema. Na manutenção, são constantemente organizados em quatro categorias principais: pessoas, materiais, processos e equipamentos. Estas categorias são inteiramente flexíveis de acordo o problema em questão.

2.4.1.1.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA, também conhecido por ciclo de *Deming*, é uma ferramenta de melhoria contínua iterativa que, ambiciona alcançar resultados através de uma forte sensibilização para a qualidade. É um processo infinito e essencial que possui quatro etapas: planear, executar, verificar e agir, que em inglês significa, respetivamente, *Plan*, *Do*, *Check* e *Act*, daí a sigla “PDCA”, como está representado na figura seguinte (Smith & Hawkins, 2004):

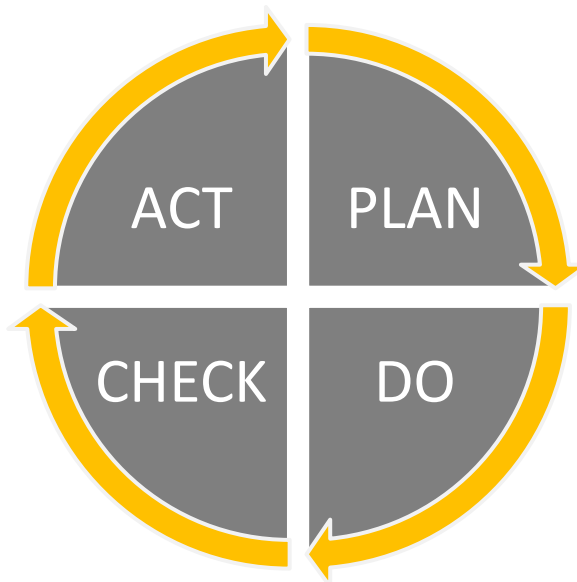


Figura 4. Ciclo PDCA

Para a implementação desta ferramenta de melhoria contínua, é necessário colocar em práticas as quatro fases do ciclo:

- **Plan:** Delinear um plano, com base nas diretrizes da organização. Consiste em definir a situação atual, o que se pretende, planejar o que será realizado, criar objetivos mensuráveis e definir os métodos que permitirão atingir os objetivos propostos.
- **Do:** Executar o plano, ou seja, meter em prática o planeado de acordo com os objetivos e métodos definidos.
- **Check:** Verificar os resultados obtidos e comparar os resultados com o padrão. Verificar regularmente o trabalho para certificar que está a decorrer conforme planeado.
- **Act:** Atuar, corrigir rotas se necessário, tomar ações corretivas ou de melhoria caso tenha sido constatado na fase anterior a necessidade de corrigir ou melhorar o processo.

O ciclo de *Deming* é para ser utilizado como um modelo dinâmico. De acordo com a figura 4, a conclusão de uma volta do ciclo continua no começo do seguinte, seguindo o espírito de melhoria contínua, o processo pode ser sempre reanalisado (Smith & Hawkins, 2004).

2.4.1.1.4 5 Porquês

O método dos 5 Porquês, ou em inglês, 5 *Why's*, é uma técnica simples de descobrir a origem dos problemas. É uma ferramenta habitualmente utilizada na área da qualidade, mas na prática é muito abrangente, podendo ser aplicada nas mais diversas áreas. É um método que, através de questões sucessivas, iniciadas por “Porquê”, procura encontrar uma solução para identificar a causa de um problema. Uma das suas principais características é impedir gastos de tempo e recursos a corrigir sintomas ao invés de atacar diretamente a raiz do

problema. Apesar de ser conhecida como 5 Porquês, a análise não está limitada a cinco perguntas, podem ser mais ou menos, sendo variável em função da complexidade do problema (Ascensão, 2011; Scheibe, 2011).

2.4.2 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto tem o nome do seu criador, Vilfredo Pareto, e consiste num gráfico de colunas que ordena as frequências de ocorrências de falhas, da maior para a menor, permitindo distinguir os problemas mais graves dos problemas menos relevantes, procurando seguir o princípio de Pareto. O princípio estabelece a regra 80-20, onde 80% dos problemas têm, normalmente, origem em apenas 20% das causas, ou seja, esta regra é fundamental para ajudar a separar as causas críticas, que representam os tais 20%, das causas insignificantes, das que constituem os outros 80%. A percentagem das causas é frequente estar representada num gráfico de linha. Tudo isto está representado no exemplo da figura seguinte:

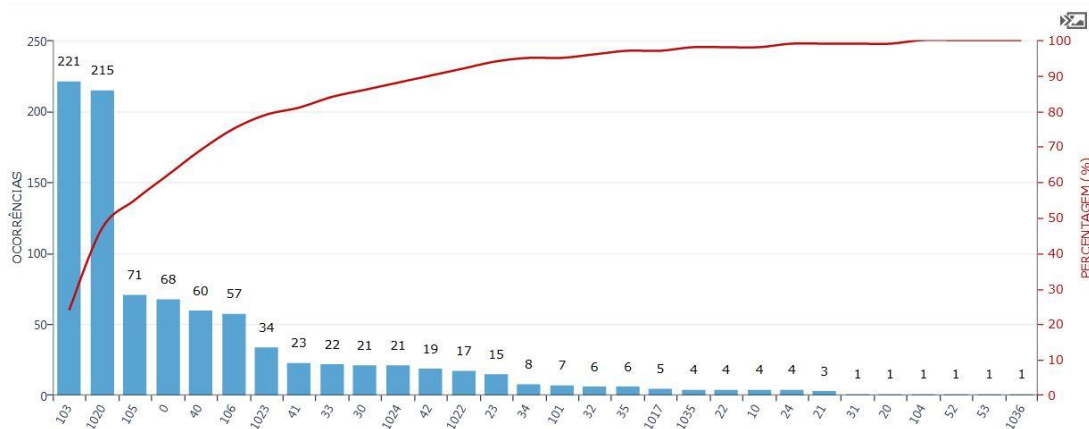


Figura 5. Exemplo de um Diagrama de Pareto

O objetivo deste diagrama é deslocar os esforços para os problemas que realmente interessam, no sentido de reduzir os defeitos (Ascensão, 2011).

2.4.3 RCM – Reliability-centered maintenance

RCM, que em português significa Manutenção Centrada na Fiabilidade, é uma metodologia de manutenção em que as decisões de gestão da manutenção são baseadas na fiabilidade dos equipamentos e dos seus componentes.

Esta metodologia é constituída por procedimentos que se desenvolvem com o intuito de diagnosticar os vários motivos que contribuem para a falta de fiabilidade de um equipamento, bem como as medidas a tomar para estabelecer a sua fiabilidade. O RCM representa um processo de decisão lógico destinado a formar planos de manutenção preventivos mais eficientes. As técnicas que emprega levam em conta os defeitos e as possibilidades de avaria que podem ter sido causados durante a produção, operação e manutenção dos equipamentos (Didelet & Viegas, 2003).

Basicamente, a manutenção centrada na fiabilidade consiste em entender as principais fontes de avarias e antecipar a sua reparação antes de voltarem novamente a ocorrer. Isto é, sempre que se deteta a falha, deve-se listar e investigar todos os motivos da sua ocorrência

para que, posteriormente seja, feita uma análise de fiabilidade de forma a prevenir que a falha volte a ocorrer, dando ênfase à manutenção preventiva.

A RCM tem vindo a ser aplicada em todos os tipos de indústria, e pode ser efetuada em quatro etapas:

- Divisão do sistema;
- Determinação de itens significativos;
- Classificação de falhas;
- Determinação das ações de manutenção.

As técnicas implícitas ao método presumem o domínio do conceito dos três principais indicadores de manutenção (Moubray, 1997).

2.5 Indicadores da Manutenção

Na manutenção, a existência de indicadores de desempenho, assim como em qualquer área da gestão, estabelece um fator determinante para o seu controlo e para o processo de melhoria contínua.

Os indicadores utilizados na gestão da manutenção devem incidir nos objetivos estratégicos da gestão da organização, sendo de elevada importância escolher os indicadores corretos e por períodos suficientemente longos que permitam ser analisados (Cabral, 2013).

Para se verificar que os equipamentos estão a cumprir os objetivos para o qual foram construídos, existem três indicadores fundamentais:

- Manutibilidade;
- Fiabilidade;
- Disponibilidade.

2.5.1 Manutibilidade

A definição de manutibilidade, segundo a NP EN 13306:2007, consiste na capacidade de manter ou repor um determinado equipamento num estado em que possa cumprir uma função requerida depois de lhe ser aplicada manutenção em condições definidas, utilizando procedimentos e meios prescritos. Resumidamente, o conceito exprime a facilidade com que o equipamento pode voltar a cumprir a sua função depois de uma avaria.

A manutibilidade tem maior relação com a fase de projeto do equipamento do que propriamente com a atividade de manutenção em si, isto é, o responsável do projeto deve desenvolver o projeto de modo a facilitar a manutenção do equipamento. Este conceito está portanto ligado à facilidade de executar a manutenção, tempos de operação de manutenção, qualidade de conceção e custos de manutenção (Ramalho, 2011).

A forma de quantificar a manutibilidade é através do indicador do tempo técnico de reparação (TTR), ou do seu valor médio (MTTR):

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n TTR_i}{n} \quad (1)$$

Em que:

TTR – Tempo Técnico de Reparação;

n – Número de avarias.

O valor de MTTR é afetado pelos seguintes fatores:

- Acesso aos componentes suscetíveis a desgaste ou avaria;
- Normalização dos sistemas e componentes;
- Possibilidade de inspeções, verificação e controlo dos componentes;
- Montagem e afinação;
- Rapidez de diagnóstico de avarias;
- Qualidade da mão-de-obra.

O Tempo Técnico de Reparação de uma intervenção é constituído pela soma dos tempos seguintes (Ramalho, 2011; Sousa, 2011):

- Tempo de verificação da existência de avaria;
- Tempo de diagnosticar a avaria;
- Tempo de acesso à componente em falha;
- Tempo de reparação ou substituição;
- Tempo de remontagem;
- Tempo de controlo e ensaio.

2.5.2 Fiabilidade

De acordo a norma portuguesa EN 13306:2007, a definição de fiabilidade consiste na capacidade de um equipamento em cumprir uma função requerida, sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo. Logo, a fiabilidade é a probabilidade de um dispositivo estar capaz de cumprir a sua missão num período de tempo definido.

A fiabilidade consegue avaliar a frequência com que o sistema irá falhar, dependendo de três fatores essenciais:

- Da conceção e qualidade de fabricação do sistema;
- Das condições de serviço;
- Da eficiência do serviço de manutenção para garantir a função ao longo da vida.

A fiabilidade tem uma forte ligação com a qualidade. A qualidade é definida como a conformidade de um produto com um conjunto de requisitos impostos, aferida num dado momento. A fiabilidade consiste na aptidão que o produto tem de continuar esses requisitos durante um período de tempo determinado, ou seja, de manter a qualidade ao longo do tempo. Sendo assim, logicamente, não existe fiabilidade sem qualidade inicial, isto é, a fiabilidade é o seguimento da qualidade inicial ao longo do tempo. A manutenção permite restabelecer a qualidade perdida, prolongando a fiabilidade (Ramalho, 2011; Sousa, 2011).

Uma forma de quantificar a fiabilidade é através do tempo entre avarias consecutivas (TBF), também designado de tempo de bom funcionamento, ou do seu valor médio (MTBF):

$$MTBF = \frac{\sum_1^n TBF_i}{n} \quad (2)$$

Em que:

TBF – Tempo de Bom Funcionamento;

n – Número de avarias.

2.5.2.1 Análise da Fiabilidade

Os indicadores anteriores têm ligação a outros parâmetros intrínsecos, dos quais se destacam a taxa de avarias e a taxa de reparações.

A taxa de avarias, λ , é dada por:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (3)$$

E a taxa de reparação, μ , por:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (4)$$

Os parâmetros anteriores são determinados através de valores médios e, assim, é possível assumir alguma estabilidade no ciclo de vida dos equipamentos.

O seguimento da evolução dos parâmetros precedentes é realizado a partir dos seus valores instantâneos, como demonstrado de seguida (Sousa, 2011):

- FA – Frequência acumulada de avarias;
- F(t) – Função de probabilidade de avaria;
- R(t) – Função fiabilidade.

2.5.2.1.1 Leis de Fiabilidade

Observando a evolução típica da taxa de avarias torna-se uma tarefa importante dispor de metodologias que permitam fazer estimativas fiáveis do intervalo de substituição de um componente por forma a garantir uma determinada fiabilidade. Por outras palavras, o sucesso de um modelo de manutenção preventiva sistemática consiste na capacidade de estimar o intervalo de substituição mais correto para que a probabilidade de ocorrência da falha antes da substituição seja mínima.

O objetivo das leis da fiabilidade passa pela análise estatística dos TBF recolhidos por análise dos dados históricos de forma a estabelecer com segurança uma relação entre a vida em serviço e a fiabilidade.

Esta análise é feita, particularmente, através de duas maneiras. Uma das análises utiliza a amostra diretamente como estimador, o que requer a existência de uma quantidade grande de registos históricos. A outra análise é usada quando existem poucos registos históricos, sendo necessário utilizar modelos de distribuição de probabilidade para basear a estimativa.

Os modelos mais utilizados nesta análise de dimensão de amostras pequenas são: exponencial negativa, distribuição normal, distribuição logarítmica normal e distribuição de Weibull.

▪ **Estimativa usando a amostra como estimador**

Quando o número de avarias registado, N , é suficientemente grande, pode-se utilizar a amostra como estimador, em que a informação histórica recolhida são os tempos de bom funcionamento (TBF). Para colocar este processo em ação é necessário seguir os seguintes passos:

1. Organizar os dados de forma crescente (TBF);
2. Calcular a frequência acumulada das avarias, i ou FA_i ;
3. Calcular a probabilidade de avaria, $F(t)$;

Assumindo que a amostra tem dimensão constante, ou seja, após a avaria, os componentes são substituídos, ou reparados, mantendo-se fixa a dimensão da amostra, o cálculo da probabilidade acumulada de avaria realiza-se da seguinte maneira:

3.1. Se $N > 50$:

$$F(i) = \frac{FA_i}{N} \quad (5)$$

3.2. Se $20 < N < 50$:

$$F(i) = \frac{FA_i}{N + 1} \quad (6)$$

3.3. Se $N < 20$:

$$F(i) = \frac{FA_i - 0,3}{N + 0,4} \quad (7)$$

4. Calcular a fiabilidade, $R(t)$:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (8)$$

5. Traçar os gráficos de $F(t)$ e $R(t)$ em função do tempo. Utilizar os gráficos para fazer estimativas. A forma mais correta de analisar, consiste em dar um valor de fiabilidade e estimar o intervalo de substituição/reparação através de uma interpolação linear entre os valores mais próximos.

▪ **Modelos de distribuição de probabilidade – Leis de Probabilidade**

As leis de probabilidade mais utilizadas em fiabilidade são:

1. Lei Exponencial Negativa:
 - Com um só parâmetro: λ (taxa de falhas);
 - Com dois parâmetros: λ e γ (parâmetro de posição).
2. Lei Normal:
 - Com dois parâmetros: média e desvio-padrão.

3. Lei Logarítmica Normal:

- Com dois parâmetros: média e desvio-padrão.

4. Lei de Weibull:

- Com dois parâmetros: β (parâmetro de forma) e η (parâmetro de escala);
- Com três parâmetros: β , η e γ . (parâmetro de posição).

A lei de Weibull é uma das leis mais utilizadas em fiabilidade devido à sua grande versatilidade, adaptando-se à maioria das situações reais da manutenção. Consegue caracterizar as falhas durante as fases da vida de um equipamento (Ramalho, 2011).

A lei de Weibull é muito flexível devido ao fato de ser uma lei de três parâmetros que permite ajustar os diversos tipos de resultados experimentais e operacionais.

Weibull propõem a seguinte fórmula para a fiabilidade:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (9)$$

Em que:

γ – É um parâmetro de posição, para situar as curvas em relação à origem dos tempos;

η – É um parâmetro de escala, dependendo da velocidade de deterioração ($\eta > 0$);

β – É um parâmetro de forma ($\beta > 0$).

$\beta = 1$, forma exponencial (λ constante);

$3 < \beta < 4$, forma de sino (lei normal, λ crescente);

$\beta < 1$, forma correspondente à desaparecimento dos defeitos de rodagem (λ diminui).

A taxa de avarias é dada por:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (10)$$

Em que:

Se $\beta < 1$ – Defeitos de rodagem, $\lambda(t)$ decrescente (juventude);

Se $\beta = 1$ – Forma exponencial, $\lambda(t)$ constante (maturidade);

Se $\beta > 1$ – Forma em sino, $\lambda(t)$ crescente (envelhecimento);

A taxa de avarias de um equipamento não é constante ao longo tempo. Na figura 6 pode-se observar a “Curva da Banheira”, que caracteriza a taxa de avarias ao longo da vida de um equipamento (Sousa, 2011).

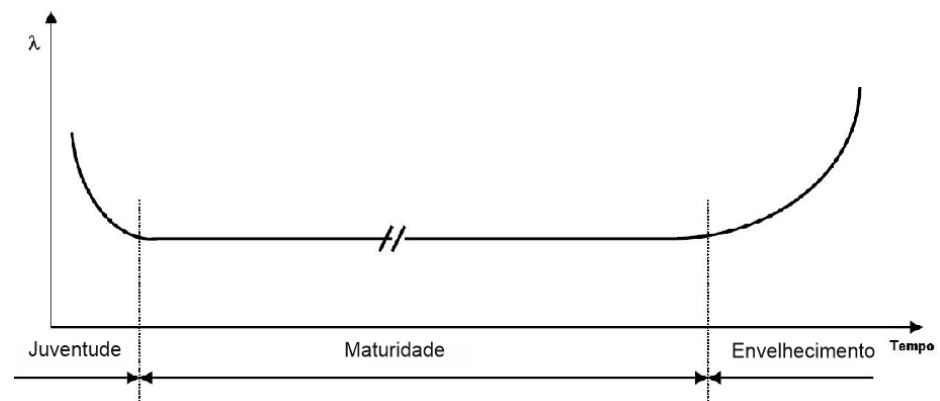


Figura 6. "Curva da Banheira" (Sousa, 2011)

A curva divide-se em três secções distintas (Lemos, 2010):

- Fase inicial – a taxa de falhas é decrescente devido às falhas iniciais ou com a mortalidade infantil;
- Fase de vida útil – a taxa de falhas é constante;
- Fase final – a taxa de falhas é crescente devido às falhas de desgaste.

2.5.3 Disponibilidade

A disponibilidade, conforme a norma NP EN 13306:2007, é definida como a capacidade de um equipamento estar num estado de cumprir uma função requerida em condições determinadas, durante um determinado intervalo de tempo ou num dado instante, assumindo que o fornecimento dos meios exteriores é garantido. Isto é, a disponibilidade de um equipamento consiste na probabilidade de este desempenhar a sua função durante um tempo requerido (Ramalho, 2011). Em linguagem corrente, um equipamento “disponível” é um equipamento que está pronto a ser utilizado.

A disponibilidade resulta da combinação da fiabilidade com a manutibilidade, sendo o indicador mais utilizado para a medir, o seguinte:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (11)$$

Este indicador depende:

- Da rapidez de reparação – Manutibilidade;
- Do número de falhas – Fiabilidade;
- Dos procedimentos definidos pela manutenção - Manutenção;
- Da qualidade dos meios utilizados – Logística.

A manutenção tem como objetivo principal aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Na realidade, implica aumentar a fiabilidade e diminuir os tempos de reparação para atingir o objetivo. Contudo, o aumento da fiabilidade tem limitações de ordem económica e tecnológica, o que obriga a um bom planeamento entre a manutenção e a fiabilidade para que o custo da disponibilidade seja mínimo (Sousa, 2011).

2.5.4 OEE – Overall Equipment Efficiency

OEE, abreviatura de Overall Equipment Efficiency, que em português significa Eficiência Total do Equipamento, é um indicador capaz de determinar o desempenho global de um determinado equipamento ou sistema. Ou seja, quanto maior o valor de OEE mais eficientemente está a ser aproveitada a capacidade de um determinado equipamento.

Este indicador analisa as perdas de disponibilidade, de desempenho e de qualidade de um equipamento durante um determinado período de tempo, como está esquematizado na figura 7. Permite a detenção dos desperdícios existentes e consequente indicação de pontos onde se pode intervir para melhorar o processo produtivo (Willmott & McCarthy, 2000).

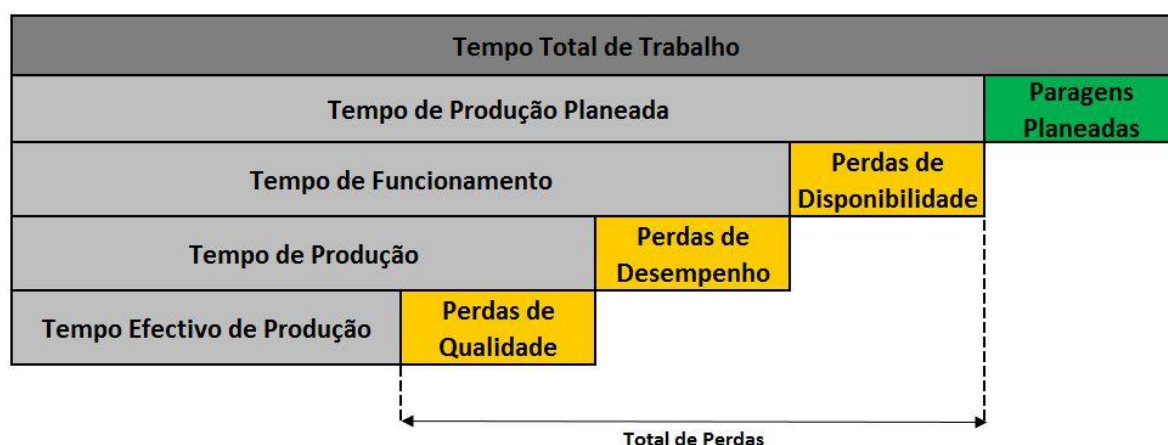


Figura 7. Diagrama do indicador OEE (Scheibe, 2011)

A obtenção de OEE baseia-se no produto de três índices:

- **Disponibilidade** – Compara o tempo de funcionamento do equipamento com o tempo de produção planeada.

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ de\ Funcionamento}{Tempo\ de\ Produção\ Planeada} \quad (12)$$

- **Desempenho** – Compara a produção que o equipamento deveria ser capaz de produzir com a quantidade realmente produzida.

$$Desempenho = \frac{Tempo\ de\ Produção}{Tempo\ de\ Funcionamento} \quad (13)$$

- **Qualidade** – Compara a quantidade de peças totais produzidas com a quantidade de peças produzidas em conformidade com os requisitos especificados no projeto.

$$Qualidade = \frac{Total\ de\ Peças\ Conformes\ Produzidas}{Total\ de\ Peças\ Produzidas} \quad (14)$$

Assim sendo, este indicador é expresso em percentagem e obtido pela seguinte expressão:

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (15)$$

2.6 8D

A metodologia 8D, também conhecida por Método de Análise e Solução de Problemas, resulta do inglês *8 Do*, que em português significa 8 Ações. É uma metodologia sistemática e estruturada utilizada para a resolução de problemas. A sua aplicação tem grande importância devido ao facto de na maior parte dos casos, os problemas serem complexos, mal definidos e a sua resolução em equipa é muito benéfica, pois a tendência de interpretação tem diferentes perspetivas.

A aplicação deste processo é estruturada através de oito passos:

- **Formar uma equipa**
Selecionar os membros da equipa tendo em conta os seus conhecimentos técnicos necessários para a implementação das soluções do problema e nomear o seu líder.
 - **Descrever o problema**
Identificar e descrever corretamente o problema através da utilização de ferramentas de apoio específicas até que todos os membros da equipa fiquem com o conhecimento absoluto do problema.
 - **Implementar e verificar medidas de contenção provisórias**
Definir e implementar medidas de contenção com o objetivo de isolar as consequências do problema enquanto o mesmo não é resolvido.
 - **Procurar a causa principal**
Identificar todas as potenciais causas e selecionar a causa principal com base nos dados obtidos.
 - **Definir as ações corretivas**
Escolher as possíveis soluções para corrigir o problema e selecionar a mais correta com base nos custos, tempos e resultados para a eliminação do problema.
 - **Implementar as ações corretivas**
Planear e colocar em prática a solução corretiva mais adequada ao problema e garantir que é eficaz e corretamente implementada.
 - **Prevenir a recorrência de problemas**
Normalizar o procedimento e práticas de forma a alterar os sistemas para que os problemas não voltem a ocorrer.
 - **Documentar e felicitar a equipa**
Rever o procedimento da resolução de problema, selecionar os documentos e melhorias a reter a fechar formalmente o processo.
- (Azevedo, 2016)

2.7 FMEA – Failure Mode and Effect Analysis

A FMEA, que em português significa Análise do Modo e Efeito de Falha, é uma ferramenta de melhoria de Qualidade que consiste num método analítico e sistemático

responsável pela identificação e prevenção de potenciais falhas que possam ocorrer em produtos ou processos (Scheibe, 2011). Isto é, esta ferramenta está destinada a:

- Identificar e compreender, para um determinado produto ou processo, os potenciais modos de falha, as suas causas e respetivos efeitos no sistema ou no cliente;
- Avaliar o risco associado aos modos de falha identificados, efeitos e causas, e priorizar as ações;
- Propor e acompanhar a realização de ações corretivas/preventivas de modo a reduzir a probabilidade da ocorrência da falha ou minimizar o seu efeito.

Esta ferramenta foi criada para ser aplicada durante a fase de projeto, mas, a sua aplicação em produtos ou processos já existentes também pode trazer enormes vantagens. Da mesma forma, com base nos riscos identificados podem ser tomadas as devidas ações, eliminando assim as reclamações dos clientes e reduzindo os custos.

A implementação da FMEA é caracterizada por várias etapas:

- Definir o processo que será analisado;
- Definir uma equipa multidisciplinar;
- Definir a falha;
- Identificar os seus efeitos;
- Identificar a sua causa principal e as causas secundárias;
- Identificar as falhas prioritárias através do nível de risco;
- Criar ações preventivas;
- Definir o prazo e o responsável pelas ações preventivas.

Após as etapas, busca-se identificar os índices de risco, hierarquizando-os através dos pesos atribuídos a cada um dos itens. Assim sendo, os índices de risco são:

- Ocorrência de causa (O): probabilidade da causa existir e provocar uma falha;
- Gravidade do efeito (G): probabilidade em que o cliente identifica e é prejudicado pela falha;
- Detecção da falha (D): probabilidade da falha ser detetada antes do produto chegar ao cliente.

Geralmente, estes índices utilizam uma escala de 1 a 10 com intuito de hierarquizar os itens analisados pela Análise do Modo e Efeito de Falha.

2.8 Análise dos custos de manutenção e não-manutenção dos equipamentos

2.8.1 Manutenção e Qualidade

Na produção de peças por meio de máquinas e equipamentos, a qualidade do produto final é determinada, entre outros fatores, pelo desempenho do equipamento/máquina que o fabrica. Tradicionalmente, manutenção e qualidade têm sido analisadas separadamente mas atualmente, é necessário analisá-las em conjunto visto que a degradação do equipamento é um fator que influencia a qualidade do produto. Assim sendo, a manutenção ineficaz origina inspeções mais frequentes, que por consequência eleva o custo do controlo de qualidade.

A qualidade e o processo podem ser prejudicados devido à deterioração das condições ótimas do equipamento. A qualidade do processo e do produto depende da qualidade da manutenção. A eficácia da manutenção pode evitar a degradação das funções operacionais dos equipamentos, para garantir que o processo não perderá a sua capacidade. Assim sendo, tudo aponta que a manutenção tem um grau de importância nos sistemas de gestão de qualidade, tais como a norma ISO 9000 (Marcorin & Lima, 2003).

2.8.2 Manutenção e Produtividade

A produtividade, à semelhança da qualidade, também depende do bom funcionamento do equipamento. Esta pode ser afetada quando a falta de manutenção ou a manutenção ineficaz causam o aumento dos tempos de produção pela redução de desempenho, mesmo não havendo uma paragem efetiva do equipamento. Este motivo leva as empresas a investir em outros fatores, tais como, ferramentas, materiais e até operadores, com o intuito de buscar a origem da diminuição de produção, elevando assim os custos operacionais. Todavia, uma política inadequada de manutenção traz custos adicionais relacionados à falta de produtividade, que se traduz em horas extras necessárias para cumprir a produção, podendo até haver atrasos nos compromissos de entrega de encomendas aos clientes, o que não favorece a imagem da organização (Marcorin & Lima, 2003).

2.8.3 Manutenção e Disponibilidade

A diminuição da qualidade e da produtividade deve-se à redução do desempenho do equipamento, podendo ser evitada com políticas adequadas de manutenção que garantam a eficiência do equipamento. A escassez dessas políticas, além de diminuir a capacidade do processo, conduz a paragens efetivas do equipamento, reduzindo a disponibilidade. A disponibilidade dos equipamentos depende da confiabilidade e da manutibilidade por eles apresentadas.

Apesar da confiabilidade e manutibilidade serem, por definição, fatores intrínsecos do equipamento e dependerem da conceção do seu projeto, estes são afetados por outros fatores, tais como, a experiência e treino dos responsáveis pela manutenção do equipamento, a disponibilidade de peças de substituição, a limpeza e a condição geral do equipamento. Uma política apropriada de manutenção deve, portanto, manter a capacidade e a disponibilidade da máquina, evitando falhas e criando intervenções de manutenção rápidas e eficazes, que se traduz no aumento de confiabilidade e manutibilidade, respetivamente (Marcorin & Lima, 2003).

2.8.4 Manutenção Corretiva ou Preventiva

Na manutenção corretiva não existem custos associados à atividade de manutenção até que ocorra uma falha no equipamento, se bem que este tipo de manutenção é a que tem maiores custos. Os custos da manutenção corretiva devem-se basicamente a:

- Formação de *stocks* consideráveis de peças de substituição que origina maior despesa de imobilizado;

- Necessidade de recorrer várias vezes a horas extra que leva ao aumento dos custos de mão-de-obra;
- Não permitir o planeamento da paragem da máquina para manutenção, o que leva à paragem da produção em tempo destinado à produção, e prejudica o planeamento da própria produção;
- Alargar os tempos de paragem da máquina devido á inexistência de um plano de trabalho para a execução da tarefa de reparação da falha;
- Diminuição da vida útil do equipamento, uma vez que a degradação dos materiais é mais acentuada com o aumento da taxa de avarias do equipamento. Muitas avarias provocam alterações do estado ótimo do equipamento, que muitas das vezes não são detetadas na altura da intervenção da manutenção e podem levar a mais falhas e até a uma degradação mais acentuada.

No entanto, a manutenção preventiva pode também ter custos elevados, se não for corretamente implementada. A razão deve-se à possibilidade da substituição de algumas peças antes destas atingirem os seus limites de vida útil, o que implica que parte da vida útil da peça seja perdida para dar lugar a um novo componente. Este tipo de manutenção, quando corretamente planeada, traz uma maior disponibilidade dos equipamentos devido ao facto das reparações serem devidamente organizadas, diminuindo assim os tempos de paragem e, consequentemente, aumentando a produção (Sousa, 2011).

2.8.5 Custos da Falta de Manutenção

Anteriormente, foram referidos alguns pontos em que a falta de uma política de manutenção bem estruturada gera custos. Os custos diretamente gerados pela função de manutenção são uma minoria quando comparados com os custos que não são diretamente visíveis. Isto é, os custos diretos correspondem aos custos com mão-de-obra, ferramentas e instrumentos, material aplicado nos reparos, custo com subcontratação e outros referentes à instalação ocupada pela equipa de manutenção. Ao passo que, os custos indiretamente visíveis nas intervenções de manutenção, que representam a maioria, estão relacionados com a indisponibilidade do equipamento.

O preço da indisponibilidade concentra-se na perda de produção, na falta de qualidade dos produtos e na recomposição da produção, com possíveis consequências sobre a imagem da organização. Sabendo que os custos ligados à indisponibilidade e deterioração dos equipamentos são consequência da falta de manutenção, pode-se concluir que a melhor relação custo-benefício aponta para quando a manutenção é tratada de forma preventiva, em vez de situações de descontrolo do processo produtivo devido à escassez de manutenção.

Considerando a manutenção como a principal responsável para a redução dos custos da produção, deve-se definir o melhor método para a otimização dos custos. Essa análise pode ser observada no gráfico clássico, ilustrado no gráfico da figura 8, que mostra a relação entre o custo da manutenção preventiva e o custo da falha, ou seja, da manutenção corretiva. Este gráfico revela que os investimentos crescentes em manutenção preventiva reduzem os custos relacionados com as falhas e, como consequência, diminuem o custo total da manutenção,

onde se somam os custos decorrentes da manutenção preventiva com os custos de falha. Ainda que, a partir do ponto ótimo, mais investimentos na manutenção preventiva tragam poucos benefícios para a redução dos custos da manutenção corretiva e acabam por elevar o custo total.

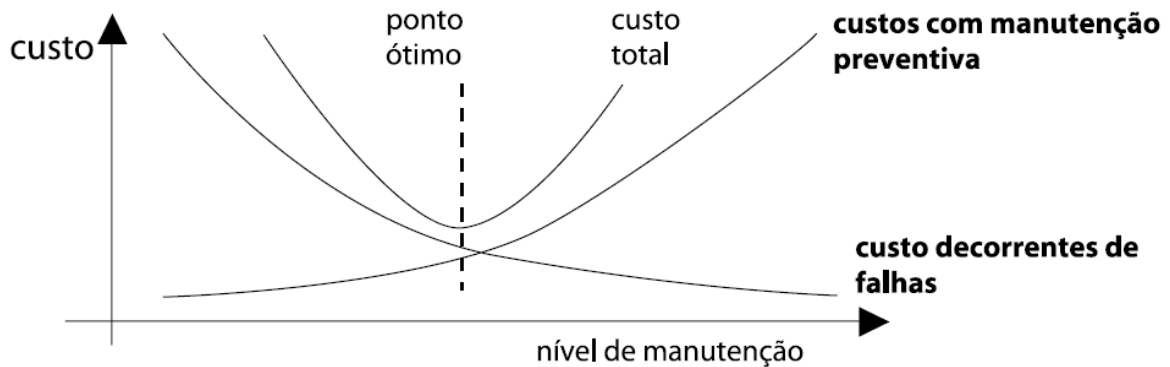


Figura 8. Relação entre o custo de Manutenção Preventiva e custo associado à falha (Marcorin & Lima, 2003)

Na figura 9, está representado o gráfico que mostra a busca por 100% de disponibilidade requer gastos cada vez maiores com manutenção, o que traduz uma consequente redução do lucro do processo. O grande objectivo da gestão da manutenção consiste em encontrar o ponto ótimo de disponibilidade, em que o custo da manutenção proporciona um nível de disponibilidade capaz de gerar o máximo lucro à operação. Isto é, a manutenção deve garantir a produtividade e o lucro da companhia com o menor custo possível.

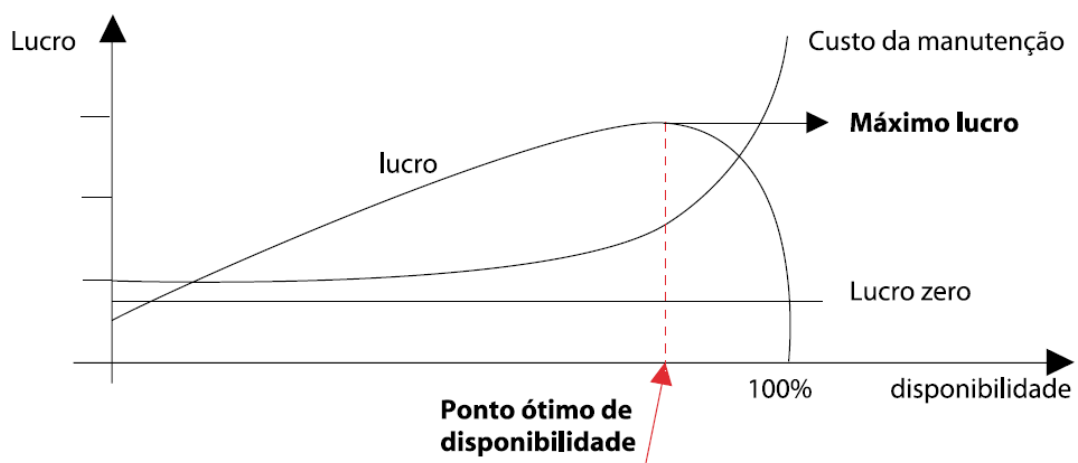


Figura 9. Relação entre o custo da Manutenção e Disponibilidade

É importante analisar, na procura do ponto ótimo, que a política de manutenção a ser adotada deve ter em consideração aspectos como a importância do equipamento para o processo, o seu custo e da sua reposição, as consequências da avaria do equipamento no processo, o ritmo de produção e outros fatores que indicam que o plano de manutenção não pode ser o mesmo para todos os equipamentos, mas deve ser diferenciado para cada um deles, na busca do ponto ótimo entre disponibilidade e custo (Marcorin & Lima, 2003).

3 CARATERIZAÇÃO E ANÁLISE DA EMPRESA

3.1 Apresentação da empresa

3.1.1 SRAM

A empresa SRAM dedica-se ao desenvolvimento e produção de componentes de bicicleta. A palavra SRAM é um acrónimo formado pelas letras dos nomes de três amigos e fundadores da empresa: Scott, Ray e Sam. A SRAM foi fundada em 1987 em Chicago, nos Estados Unidos da América, e empregava na altura apenas seis colaboradores no seu pequeno armazém. Nos últimos 20 anos, a SRAM tem vindo a adquirir várias marcas que a constituem e que contribuíram para o seu crescimento e consolidação no mercado, possuindo atualmente seis marcas e dois projetos de caráter social e humanitário, os quais estão representadas na figura seguinte:

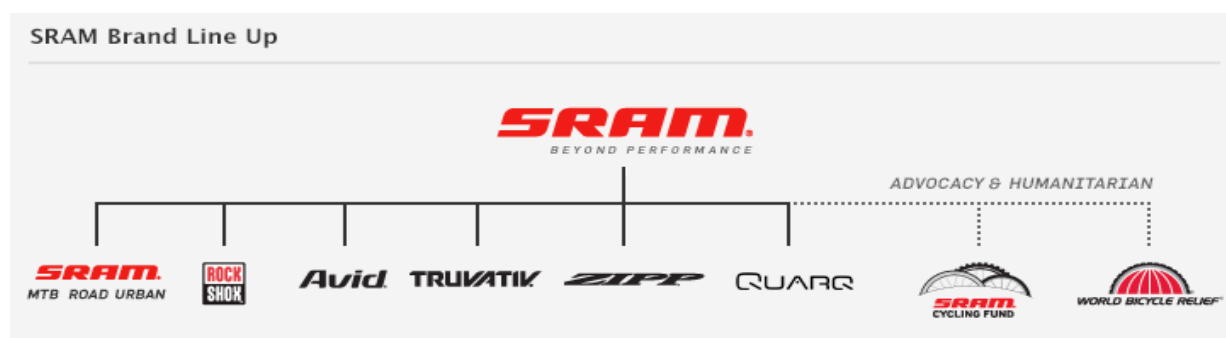


Figura 10. Marcas da empresa SRAM (Ramos, 2016)

Nos dias que correm, a empresa encontra-se expandida por todo o mundo, sendo o segundo fabricante mundial mais prestigiado de componentes de bicicletas. No total, a organização tem presença em 13 países com dezassete fábricas e escritórios que empregam cerca de 3.825 colaboradores, que se dedicam ao desenvolvimento, produção e comercialização dos produtos do grupo. A figura seguinte mostra a localização das várias fábricas e escritórios do grupo SRAM:



Figura 11. Localização dos vários escritórios e fábricas da SRAM (Ramos, 2016)

3.1.2 SRAM Portugal

A SRAMPort foi adquirida pelo grupo americano SRAM em 1997 e é atualmente a única unidade fabril do grupo na Europa. A organização em Portugal é responsável pelo desenvolvimento e produção de correntes de bicicleta e pela montagem de cubos e rodas.

A empresa foi fundada em 1968 com a denominação “Transmeca – Transmissões Mecânicas, Lda”. Inicialmente, o capital da empresa era detido pelo grupo *Peugeot* e o empresário português Armando Simões, possuindo cada uma das partes 50% do seu capital. Posteriormente, o grupo *Peugeot* adquiriu a totalidade da empresa, ficando a deter 100% do seu capital.

Em 1987, a empresa volta a ser adquirida, desta vez pelo grupo *Fichtel & Sachs*. Uma década depois, em 1997, a empresa SRAM, seguindo a sua estratégia de crescimento e expansão, adquire uma parte da empresa *Fichtel & Sachs*, parte esta responsável pelo segmento de bicicletas. Com esta aquisição, a empresa situada em Portugal passou então a ser detida pelo grupo norte-americano e iniciou o processo de alteração da sua denominação social para “SRAMPORT”, que se concretizou anos mais tarde, em 2008.

Nos últimos dez anos, a SRAM Portugal tem vindo a crescer de forma sustentável e competitiva diversificando os seus produtos e mercados. Este crescimento assenta numa estratégia de qualidade, gestão ambiental e retenção de talentos que visa o desenvolvimento e fabrico de produtos de excelência e superação das expectativas do cliente, desde a inovação dos seus produtos até a práticas ambientais responsáveis. A inovação e a imagem da empresa também estão presentes nas instalações e na, fachada principal da SRAM Portugal, situada em Coimbra, e que se pode visualizar na figura seguinte:



Figura 12. Instalações da SRAM Portugal (Ramos, 2016)

3.2 Produtos SRAM

A SRAM Global desenvolve e produz grande parte das componentes de uma bicicleta, à exceção do quadro, nas suas distintas marcas. Cada marca está destinada a tipos de componentes específicos, conforme apresentado na figura 13:



Figura 13. Componentes produzidos pelas várias marcas da SRAM

- **SRAM** – Marca principal do grupo que desenvolve a maioria das componentes, desde todos os constituintes da transmissão da bicicleta até a rodas de BTT, e, recentemente, travões;
- **ROCKSHOX** – Esta marca é caracterizada pelas suspensões, amortecedores e espigões de selim telescópicos;
- **AVID** – Marca que desenvolve os travões de disco;
- **TRUVATIV** – Esta marca está mais direcionada ao BTT, produzindo guiadores, avanços, pedaleiros, bem como outros produtos;
- **ZIPP** – Especializada em componentes de bicicletas de estrada, desenvolve grande parte das componentes desta vertente do ciclismo, sendo as rodas de carbono a componente de maior destaque;
- **QUARQ** – Direcionada para ciclistas que competem e pretendem analisar o seu rendimento, desenvolve medidores de potência, introduzidos num pedaleiro específico.

Recentemente, a marca SRAM introduziu no mercado o seu novo grupo de transmissão, denominado por “*Eagle*”, presente na figura 14. Este grupo conta com doze velocidades na parte traseira e uma única velocidade na parte frontal. O *Eagle* revolucionou o mercado do mundo ciclístico devido à versatilidade de inclinações de terreno que permite ao ciclista ultrapassar. Esta recente inovação permite perceber o esforço que a empresa tem desenvolvido para se afirmar no mercado, sendo atualmente a marca pioneira da tecnologia.



Figura 14. Grupo "Eagle" (Kazimer, 2016)

A SRAM Portugal também tem um papel importante nesta nova tecnologia, pois as correntes deste grupo *Eagle* foram desenvolvidas pela empresa e, atualmente, produzidas em elevadas quantidades. Esta corrente marca pela diferença devido às suas cores, tendo o cliente a possibilidade de escolher entre o dourado e o preto.

Para além das correntes, em Portugal, e como já referido anteriormente, são montados cubos e rodas, como é possível visualizar na figura seguinte, respetivamente.



Figura 15. Cubo e Roda da Marca ZIPP, respetivamente

3.2.1 Correntes

Nos órgãos de máquinas, a transmissão mecânica tem o dever, tal como o seu nome indica, de transmitir um esforço ou potência entre dois ou mais elementos de uma máquina. Esta transmissão costuma ser levada a cabo através dos elementos rotativos, tais como engrenagens com correias ou correntes.

A transmissão mecânica que é mais usual encontrar nas bicicletas, é a corrente. As bicicletas são veículos de duas rodas, sem motor, o que responsabiliza a corrente, a transmitir o esforço muscular do ciclista para a roda traseira. O tipo de corrente utilizado tem como designação técnica “Corrente de rolos”.

As correntes de rolos são frequentemente aplicadas na construção de máquinas e equipamentos industriais sendo um órgão deveras empregue na transmissão de potência, com rendimento elevado entre 97 e 98%, facilidade de lubrificação e montagem, entre outras características. A corrente de rolos é formada pelos constituintes representados na figura seguinte:

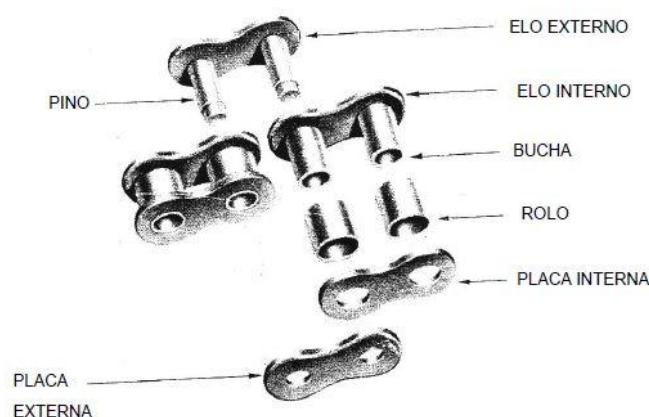


Figura 16. Constituintes de uma corrente de rolos (Malça, 2014)

Este tipo de correntes, de acordo com o esquema apresentado anteriormente a este parágrafo, são muito aplicadas na indústria, no setor automóvel, nos motociclos, entre outros. Atualmente, devido às características técnicas, estas correntes não são a melhor opção para as bicicletas, pois não permitem os valores de flecha exigidos pelo elevado número de rodas dentadas da cassete da roda traseira, utilizados nos dias de hoje. Assim sendo, estas transmissões sofreram várias alterações, em relação às correntes de rolos tradicionais, para continuarem a ser aplicadas no exigente setor ciclístico. Na figura 17, ilustra todos os componentes presentemente aplicados numa corrente de rolos de uma bicicleta atual.

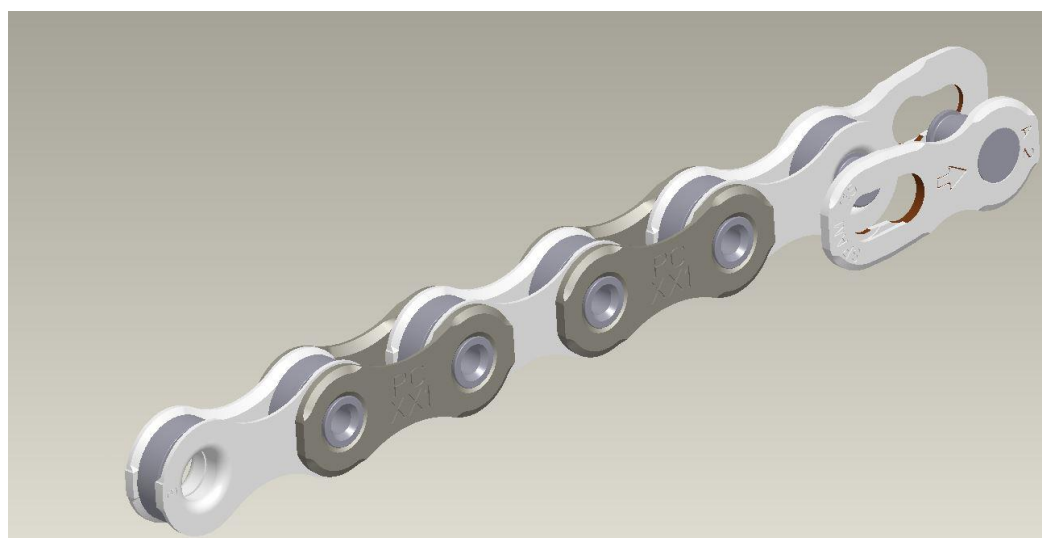


Figura 17. Corrente atual de rolos da SRAM

A principal característica desta corrente é o facto de não possuir bucha, sendo constituídas apenas por placas interiores e exteriores, rolos e eixos. Por sua vez, a placa interior contém em cada furo um anel feito pela deformação do material, com o intuito de substituir a bucha. Esta característica permite à corrente uma elevada flecha que não é possível obter numa corrente de rolos tradicional, pois sem esta característica seria impossível a utilização do número atual de carretos na roda traseira, que já se encontra nas 12 unidades. O elevado número de rodas

dentadas permite que a força transmitida pela corrente, entre o pedaleiro e os carretos situados na roda traseira, seja diferente na maioria das desmultiplicações.



Figura 18. Vários tipos de correntes SRAM

Atualmente, na SRAMPORT são produzidos 7 diferentes grupos de correntes: correntes de uma, sete, oito, nove, dez, onze e, ultimamente, doze velocidades. Na figura 18, é possível observar os grupos de maior relevância, não sendo representadas as correntes das velocidades mais baixas devido à sua semelhança com as correntes de oito velocidades. As diferenças entre estes grupos residem na qualidade que conferem ao utilizador, isto é, no peso da própria corrente, no tipo de tratamento térmico ou de superfície a que foram sujeitas as peças que constituem cada corrente, no tipo de eixo da corrente, podendo ser eixo oco ou sólido, entre outros aspetos. Ainda na figura 18, estão presentes, na extremidade das duas últimas correntes, os elos de fecho que possuem cores diferentes da restante corrente, para que o utilizador os detete com facilidade.

3.3 Fluxo de produção da SRAMPort

O fluxo de produção de correntes de rolos na SRAMPort está dividido em dois setores, nos quais existem três processos fundamentais. Inicialmente, no setor das “Peças Soltas” ocorrem dois processos: o corte do aço e o tratamento térmico e de superfície, que é realizado posteriormente ao corte. Por fim, no setor da “Montagem”, realiza-se o processo de montagem da corrente, onde as peças soltas são unidas para dar origem à corrente. Estes processos estão esquematizados na figura 19. Ainda é possível observar nesta mesma imagem, a forma como os setores estão distribuídos na fábrica, podendo também analisar que o fluxo de produção tem o formato de um “U”.

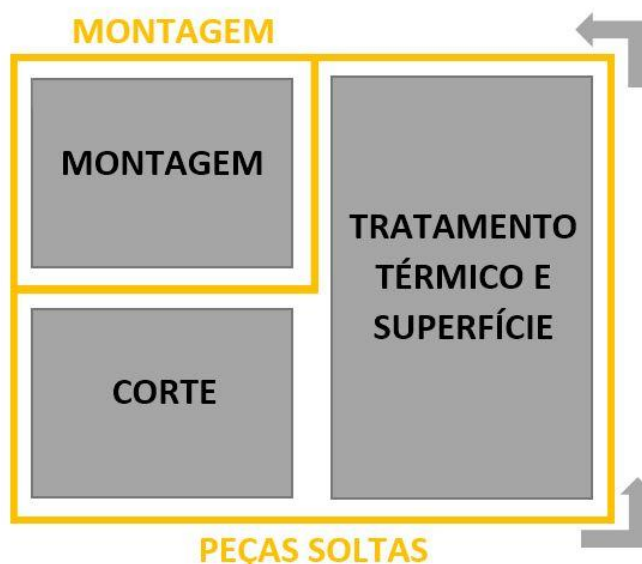


Figura 19. *Layout* simplificado da fábrica

O fluxo de fabrico de uma corrente de rolos começa com a chegada da matéria-prima, neste caso, o aço. Este aço pode chegar de duas formas, em rolos de aço laminado com formato de uma fita, na qual podem ser cortadas as placas interiores e exteriores, e na forma de bobinas de arame para a produção de eixos. Na figura 20 é possível visualizar os rolos de aço laminado nas estantes, em espera para o corte. As bobinas de arame trefilado utilizadas no corte dos eixos, estão visíveis na figura 21.



Figura 20. *Stock* de aço laminado



Figura 21. *Stock* de aço trefilado

O primeiro processo, já no setor das “Peças Soltas”, é o corte. Neste processo de fabrico são cortadas as placas e os eixos. As placas são produzidas através do corte por estampagem realizado por prensas mecânicas, que no seu interior contêm ferramentas progressivas, que são responsáveis por dar o respetivo formato às placas. A figura 22 mostra parte do setor das “Peças Soltas”, onde é possível visualizar as prensas. O corte de eixo é feito por cisalhamento por cisalhas rotativas, apresentadas na figura 23. Os rolos da corrente são produzidos no exterior já com a geometria final, sofrendo os tratamentos de superfície e térmicos nas instalações da SRAMPort.



Figura 22. Secção das Prensas



Figura 23. Secção das Cisalhas

Posteriormente ao processo de corte, as peças soltas sofrem o tratamento de superfície, que consiste num processo de polimento e rebarbagem. Este processo é denominado, na empresa, de “Bariagem”. Neste processo são eliminadas todas as rebarbas existentes e os óxidos que se tenham acumulado na superfície, sendo ainda removido o óleo existente nas peças, provenientes dos processos de corte. Nas figuras 24 e 25, estão apresentados os processos de bariagem e polimento, respetivamente.



Figura 24. Secção da “Bariagem”



Figura 25. Secção de “Polimento”

Depois do tratamento de superfície, as peças seguem para o processo de tratamento térmico, onde são realizados os tratamentos de têmpera, cementação e revenido, que oferecem um aumento de dureza às peças, para resistirem melhor ao desgaste ao qual vão estar submetidas durante a utilização da corrente. A figura 26 apresenta os fornos, denominados FCH, onde ocorre o revenido, e na figura 27 mostra os dois fornos, denominados por CTC, fornos estes de têmpera e cementação.



Figura 26. Fornos "FCH"



Figura 27. Fornos "CTC"

Após estes tratamentos, as peças são novamente lavadas através do processo de bariagem, com o intuito de remover toda a sujidade existente e retirar os óxidos, que concedem um tom acastanhado às peças, provenientes do tratamento térmico anterior.

Seguidamente, e dependendo do modelo da corrente, as peças passam diretamente para a montagem ou então para a secção de niquelagem. Na figura 28, é possível observar esta secção, onde ocorre um tratamento superficial às peças, ou seja, é depositado níquel na superfície das peças que lhes confere uma elevada resistência à corrosão e um elevado brilho, característica das correntes de gama alta.



Figura 28. Secção de "Niquelagem"

Já no setor da montagem, os contentores, onde seguem as peças, ficam em espera numa estante até que chegue o tempo de montar a corrente a que estas peças pertencem. Quando chega a altura de iniciar a montagem de uma corrente, as respetivas peças seguem para a linha de montagem. As linhas de montagem começam com um processo complexo que consiste em unir todas as componentes e assim, a corrente já fica previamente montada. As máquinas responsáveis por este processo são designadas de CHC. A figura 29 permite visualizar estas máquinas, que têm “peneiros”, pintados a “azul”, onde são colocadas as componentes separadamente, que depois seguem para os módulos para se unirem com outras componentes.



Figura 29. Máquina "CHC"

A CHC é dividida em seis módulos, cada um com a sua função. No primeiro são cravados os dois eixos na placa exterior inferior, construindo assim os elos. No segundo módulo, os elos são unidos entre si pela placa interior inferior. No próximo módulo são colocados os rolos nos respetivos eixos. No quarto módulo é encaixada a outra placa interior, que neste caso é designada de superior, faltando apenas a placa exterior superior para a corrente ficar totalmente composta, sendo esta operação realizada no módulo número cinco. Por último, no sexto módulo é feita a calibração que regula a cota do eixo que sai fora das placas.

A etapa seguinte, na linha de montagem, é a Rebitagem da corrente, denominada de RIV, isto é, a deformação da extremidade do eixo de forma a garantir a união do conjunto para que todos os componentes não se separem. Este processo pode ser realizado por esmagamento, para o caso dos eixos sólidos, ou por pancada para os eixos perfurados. A próxima etapa consiste no tensionamento e controlo da corrente, onde esta é tencionada a $1/3$ da sua carga de rotura de forma a garantir a qualidade desejada. Seguidamente, as correntes das gamas mais altas passam por uma máquina de controlo efetuado através de visão artificial, onde câmaras de alta velocidade inspecionam a corrente de forma a detetar qualquer tipo de erro ou defeito que ainda possa existir. O passo seguinte é a lubrificação da corrente, pois quando é enviada para o mercado já segue devidamente lubrificada. Por fim, para que todo o processo fique concluído, é efetuado o corte e embalamento da corrente, o qual é realizado num equipamento denominado LDF. Nesta máquina, a corrente é cortada com o número de malhas que o cliente pretende e embalada em caixas de 25 ou 50 unidades, ou em bobines, quando a corrente é expedida em rolo, sem ser cortada. Todo este processo pode ser visualizado na figura seguinte:



Figura 30. Equipamentos: "RIV", "CTG" e "LDF"

Depois de finalizado todo o processo descrito anteriormente, as correntes estão prontas para serem enviadas para os clientes, sendo as paletes de corrente embalada colocadas no armazém de expedição para serem entregues.

3.4 Processo de Corte de placas

O corte de placas, exteriores e interiores, é feito por estampagem do aço, como já referido anteriormente.

A estampagem consiste num processo de fabricação das placas, através de corte ou deformação da fita de aço em operação de prensagem a frio. Este processo é feito com prensas que no seu interior contêm ferramentas progressivas.

Atualmente, na SRAMPort existem seis prensas com caraterísticas distintas. As prensas são todas mecânicas mas as suas velocidades e força exercida na ferramenta variam. A força exercida está inversamente proporcional à velocidade da prensa, isto é, quanto maior for a velocidade da prensa menor é a força exercida. A prensa mais recente, da marca *Haulick Roos*, consegue exercer uma força de 200 toneladas mas a sua velocidade não passa dos 200 golpes por minuto, esta prensa só corta placas interiores e exteriores da corrente EAGLE. Enquanto a prensa *Minster PM3*, consegue atingir os 400 golpes por minuto mas a sua força não ultrapassa as 120 toneladas. Esta prensa é responsável por cortar a maioria das placas interiores das outras correntes. As outras três prensas da marca *Colombo*, *Minster PM2* e *Minster P2-H100* cortam os elos de fecho e todas as placas exteriores, exceto as da corrente de 12 velocidades. Ainda existe outra prensa da marca *Colombo* que funciona com menos frequência. Na figura 31 estão presentes as prensas *Minster PM2*, *Minster PM3*, *Haulick Roos* e uma das prensas *Colombo*, respetivamente:



Figura 31. Prensas mecânicas de corte de placas interiores e exteriores

As ferramentas progressivas, presentes no interior da prensa, como mostra a figura 32, são o instrumento que corta a fita de aço e dá o formato às placas da corrente. Isto só é possível com o auxílio das prensas que dão a força e a velocidade necessária às ferramentas.



Figura 32. Prensa *Minster* P2-H100 com uma ferramenta no seu interior

Estas ferramentas são progressivas pelo facto de executarem uma sequência de operações de conformação da fita de aço, em duas ou mais estações em cada curso da prensa. Assim sendo, a fabricação consiste na transformação de forma progressiva da banda metálica, que se move ao longo da ferramenta, em placas de acordo com as suas especificações. Esta transformação progressiva pode-se observar na figura seguinte:



Figura 33. Fita de aço estampada (Turman, 2016)

A SRAMPort possui 12 ferramentas, constituídas por uma carcaça que no seu interior contêm quatro módulos, como mostra a figura 34. Dependendo do modelo da corrente, as ferramentas podem produzir de uma a onze placas por golpe da prensa.



Figura 34. Ferramenta constituída pela sua carcaça e os quatro módulos no seu interior

Cada módulo é responsável por operações diferentes. De uma forma simplista, no primeiro módulo, são feitos furos para pilotar a fita e as placas já são previamente formadas. No segundo módulo, são feitos os chanfros das placas num processo denominado de “bisutagem”. No módulo seguinte, são realizadas todas as furações das placas e no último módulo é feito o corte das placas, ou seja, as placas são separadas da banda. Na figura 35 é mostrado um módulo que permite observar os seus constituintes.

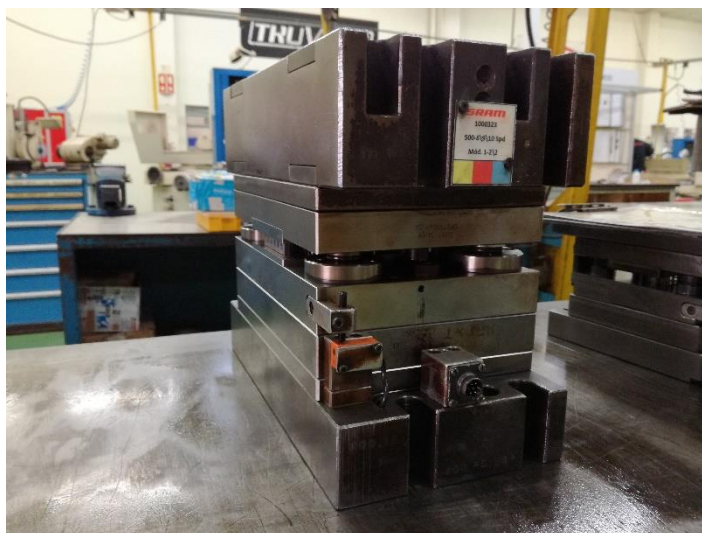


Figura 35. Módulo de uma ferramenta

No interior da estrutura dos módulos existem os punções, situados na parte superior, e na parte inferior, existem as matrizes. São estas as componentes que contactam com o aço e por isso sofrem um desgaste muito acentuado, que necessitam de controlos e intervenções com regularidade.

4 PROCESSO DE MANUTENÇÃO DE FERRAMENTAS

4.1 Introdução

Neste capítulo, vai ser feita uma descrição da área destinada à manutenção de ferramentas, não só o seu *layout* mas também o seu funcionamento. De seguida, é previsto definir o problema proposto e a maneira como foi abordado ao longo do tempo. Será feita uma exposição do estado da empresa no início do estágio, e onde serão feitas considerações acerca da metodologia usada até à conclusão do projeto.

4.2 Área de manutenção de ferramentas

A manutenção de ferramentas é realizada numa área bastante organizada e compacta, onde a metodologia TPM é o fator mais importante a ter em consideração para que o processo de manutenção de ferramentas seja efetuado o mais rápido possível. Para tal, as distâncias entre as várias zonas que a ferramenta sofre durante a sua manutenção, são o mais curto possível para que os tempos de transporte da ferramenta e de movimentação do serralheiro sejam reduzidos ao máximo.

A área de manutenção das ferramentas é, então, constituída por:

- Uma zona de espera dos módulos para reparação – consiste numa estante onde os operadores das prensas colocam módulos depois de retirarem das prensas. Esta zona está entre as prensas e o posto de trabalho dos serralheiros;
- As bancadas de trabalho dos serralheiros – sítio onde os serralheiros reparam os módulos, depois de os irem buscar à zona de espera dos módulos para reparação. Estas bancadas localizam-se próximo da estante dos módulos para reparação. Na figura 36, é possível visualizar um módulo a ser reparado numa das respetivas bancadas;
- Uma zona de lavagem dos módulos – esta zona situa-se ao lado das bancadas dos serralheiros;
- Uma zona das peças de substituição – gavetas onde é possível encontrar as peças mais comuns de substituição das ferramentas, localizadas nas traseiras das bancadas dos serralheiros, ou seja, os serralheiros trabalham entre estas duas zonas;
- Uma zona de recuperação dos constituintes da ferramenta – esta zona é constituída por duas retificadoras utilizadas para recuperar os punções e matrizes dos módulos. Nem todas as componentes são possíveis de recuperar internamente na empresa, para isso, é necessário a recuperação de peças externamente à SRAMPort;
- Uma zona dos módulos reparados – estante onde são colocados os módulos depois da manutenção.



Figura 36. Módulo em reparação na bancada de trabalhos do serralheiro

No espaço destinado a reparações, pode-se encontrar várias ferramentas em simultâneo, onde por vezes o espaço é um fator determinante para a rápida reparação. Para isso, e para que os operários se sintam motivados no seu trabalho, esse espaço é alvo de um processo de limpeza e organização do tipo 5S.

4.3 Processo de reparação de ferramentas

Quando o operador da máquina encontra um problema na ferramenta, como por exemplo, um defeito numa placa ou mesmo uma componente de um módulo partido, este retira de imediato o respetivo ou os respetivos módulos da prensa onde é encontrado o defeito. Ao retirar o módulo, é preenchida uma ficha denominada “folha de seguimento da ferramenta de fabrico”, onde o operador regista o número de golpes que o módulo operou e descreve o problema. Posteriormente, este responsável da prensa transporta o módulo ou os módulos para a zona de espera dos módulos para reparação. Todo este processo de registo foi alvo de uma melhoria, que irá ser explicado no capítulo seguinte, para permitir que todo o histórico das avarias das ferramentas se encontre numa base de dados digital de modo a facilitar a sua análise.

Depois de identificado como módulo que aguarda reparação, é colocado em lista de espera, e a ordem de execução da reparação é decidida mediante necessidades, sendo que um módulo de maior urgência, isto é, que provoque paragem de produção, pode por vezes ver a sua manutenção executada de imediato. Quando o módulo dá entrada na área de manutenção, é desmontado e analisado pelo serralheiro meticulosamente para perceber de onde vem exatamente o problema. De seguida, transporta o módulo para a zona de lavagem para retirar o óleo, as limalhas e a escumilha, presentes no módulo depois de ter estado em produção. O serralheiro volta a colocar o módulo na sua bancada de trabalho e decide se substitui ou repara o(s) componente(s) em causa. Geralmente, a reparação consiste na retificação dos punções e/ou matrizes, o que torna o processo demoroso e se não houver módulos de substituição, provoca a paragem da produção. Os módulos considerados mais críticos vulgarmente têm outro módulo de substituição para que não seja necessário interromper a produção.

Este processo é constituído não só pelas ferramentas destinadas a manutenção corretiva, necessária para repor as condições de funcionamento da ferramenta, como descrito anteriormente, mas também pelas ferramentas que vão ser alvo de manutenção preventiva. Torna-se difícil guardar dados das manutenções corretivas em que os problemas são reincidentes e quando as manutenções são executadas por várias equipas. O registo na folha de seguimento da ferramenta de fabrico é incapaz de detalhar as avarias, o que leva a que por vezes se corrija a mesma avaria sem que se apurem as causas. A falta de tempo aliada ao fraco registo das avarias provocam a constante manutenção corretiva. A figura seguinte mostra quatro módulos que aguardam manutenção:



Figura 37. Módulos que aguardam a reparação

Basicamente, a maior quantidade de operações de manutenção de ferramentas centra-se na manutenção corretiva, mas a tendência é para inverter este facto em prol da manutenção preventiva. Existem partes das ferramentas onde é exercida manutenção preventiva sistemática, como por exemplo, retificação das placas da carcaça das ferramentas, efetuada anualmente e todas as vezes que a ferramenta é retirada da prensa é sujeita a limpeza.

A manutenção preditiva também é realizada através de inspeções visuais do serralheiro e do responsável de ferramentas aos componentes da ferramenta, no qual decidem atuar, quando observam uma ou mais componentes degradadas. Este tipo de manutenção é frequentemente efetuado antes de colocar a ferramenta em produção para prevenir que não cause paragem de produção por defeitos provocados por estes mesmos componentes.

Nas restantes partes das ferramentas, e na maioria dos casos, é executada apenas manutenção corretiva por não existir um plano de manutenção preventiva. Sendo assim, um dos desafios passa por registar estas operações de forma organizada para uma posterior análise e daí elaborar planos de manutenção preventiva com o intuito de melhorar todo o processo de manutenção de ferramentas da secção de Peças Soltas.

Após a manutenção do respetivo módulo, o serralheiro regista na folha de seguimento da ferramenta de fabrico, que acompanha cada módulo, o que efetuou e coloca o módulo na zona dos módulos reparados. Neste local, os módulos estão prontos para voltarem para a produção.

Depois de entrar na máquina, a ferramenta produz algumas peças, que são sujeitas a uma avaliação da sua qualidade, executada pelo operador da respetiva máquina, para certificar que as placas estão dentro de todos os parâmetros requeridos. Depois desse controlo, se não existir nenhuma não conformidade nas placas, o operador dá início à produção, colocando a prensa na velocidade normal de serviço. O operador volta a controlar as placas quando uma caixa de 30 kg estiver completa, que em termos de tempo, traduz-se em 15 minutos de produção. O espaço técnico, onde o operador controla as placas, está ilustrado na figura 38:

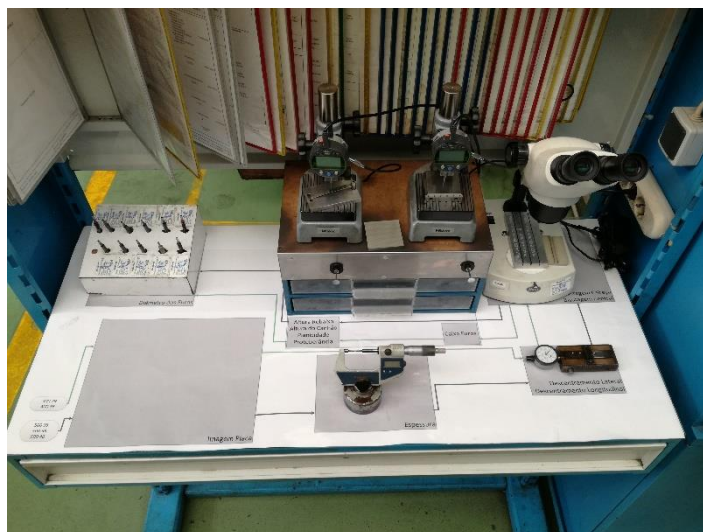


Figura 38. Espaço técnico, destinado ao controlo das placas

Mesmo depois de uma reparação podem surgir não conformidades, logo após o primeiro controlo. Dependendo o problema, pode haver várias formas de o resolver. A primeira consiste na intervenção do próprio operador, no caso de ser um problema simples de resolver, este tipo de soluções passa mais por afinações da própria máquina. As outras duas maneiras de solucionar o problema são efetuadas pelo serralheiro, e a decisão é feita pelo operador, se tira ou não o respetivo módulo. Se for um problema em que o serralheiro possa realizar com o módulo na ferramenta, é preferível, porque, se for necessário retirar o módulo, verifica-se um tempo de paragem de produção. Cada vez que um módulo sai para reparação, é retirado bastante tempo à produção, pois é necessário desmontar e transportar para a serralharia, ser reparado, transportado e montado novamente, e todo este processo é moroso. Após a montagem do módulo, é sempre necessário realizar o processo de passar a fita de aço até ao fim da ferramenta. Este passo é o mais minucioso, pelo facto do operador ter de estar com muita atenção ao avanço da fita de posto em posto, para que não haja nenhuma matriz que suba ou um punção que parta. No passar da fita é onde geralmente ocorrem muito dos problemas. Este processo é possível de ser observado na figura 39.



Figura 39. Operador a introduzir a fita de aço na ferramenta

Recentemente, estão a ser colocados sistemas rápidos de afinação nos módulos, nos postos mais suscetíveis a problemas, para que não seja necessário retirar os módulos quando, por exemplo, é preciso ajustar cotas ou alterar os punções de marcação.

A outra resolução do problema consiste mesmo em retirar o módulo da máquina e transportá-lo para a serralharia para ser intervencionado. Esta é a última opção a ser colocada em ação, e só é executada quando a reparação não é possível de ser realizada com o módulo na prensa, pois o tempo de paragem de produção pode provocar prejuízos avultados para a empresa.

4.4 Registo de Intervenção

Antes deste projeto, os registos das intervenções, eram criados na folha de seguimento da ferramenta em fabrico em suporte papel, representada no Anexo I, que se traduziam numa informação débil, uma vez que não existia nenhuma codificação e onde cada operador e serralheiro escrevia o que lhe apetecia. Esta Folha de seguimento era preenchida pelo operador da prensa, que indicava o que analisava no produto ou na própria ferramenta, e pelo serralheiro, que registava o que efetuava na intervenção à ferramenta.

Quando existia a necessidade de reparar um módulo, o operador retirava-o e registava a data de saída, o número de golpes que o respetivo módulo realizou desde do início de fabrico e o defeito detetado. Na figura 40 está representado um exemplo da parte da folha que acompanhava o módulo e o que o operador registava. Cada folha permitia o registo de três intervenções.

SRAM		SEGUIMENTO DE FERRAMENTAS DE FABRICO		PORTUGAL	
FOLHA DE SEGUIMENTO DA FERRAMENTA DE FABRICO				Técnica de fabrico: 560 Pe-951 Ferramenta N°: 741 Folha N°: 19-13 Módulo N°: 1-A	
F	Data de entrada	06/05/13	08/05/13	13-5-13	
R	Data de saída	06/05/13	08/05/13	13-5-13	
O	Número de golpes executado	577063	430000	887610	
D	Código da NATUREZA da paragem				
U	Observações:	Provoça Limpullos	61MP62A	Man Car	
C	Número de golpes da manutenção anterior	Reg. Tag. e			
A	Código da CAUSA da paragem	Estalido			

Figura 40. Parte superior da folha de seguimento da ferramenta de fabrico, preenchida pelo serralheiro

O serralheiro, antes de intervir no módulo, analisava o que o operador tinha registado e posteriormente, executava o processo de manutenção ao módulo. Ao concluir a tarefa, o serralheiro registava o que executou na ferramenta, a data e a hora a que terminava e rubricava, como é possível observar na figura que se segue.

M	01				
O	02				
N	03				
T	04				
A	05				
G	06				
E	07				
M	08				
	09				
	10				
D	11				
A	12				
	13				
	14				
	15				
F	16				
E	17				
R	18				
	19				
A	20				
M	21				
E	22				
N	23				
T	24				
A	25				
	26				
	27				
INTERVENÇÃO:					
Cód. Operação / Cód. Peça					
Tempo de trabalho					
Data e hora de entrega da ferramenta					
Secção de Manutenção rubrica					
SERVIÇOS DE PRODUÇÃO aceitação					
Imp.B4.0					
P-7.5.P.B. Pág. 1/1					

Figura 41. Parte inferior da folha de seguimento da ferramenta de fabrico, preenchida pelo operador

Neste processo, não eram registados dados de elevada importância, que necessitam de ser analisados, tais como:

- Tempo de espera dos módulos;
- Tempo de reparação dos módulos;
- Localização das peças reparadas ou substituídas;
- Cotas dos punções/matrizes, após serem retificados.

Sendo assim, muita da informação era perdida, originando a difícil análise da mesma. Um dos grandes problemas de não analisar esta informação, era a dificuldade de perceber os problemas mais frequentes e o respetivo intervalo em número de golpes da prensa a que o problema acontecia, tornando complexo a introdução da manutenção preventiva neste processo.

Também, por não ser registado o local do defeito, era difícil ter a percepção, se o defeito acontecia sempre no mesmo local ou em outros, visto existirem na ferramenta várias peças idênticas. Esta igualdade de peças deve-se ao facto de serem fabricadas quatro a seis placas por golpe da máquina, consoante a ferramenta. A falta de registo dos tempos de espera e reparação dos módulos não permitia perceber a duração que os módulos estavam à espera da manutenção e a duração de reparação.

Como a descrição da intervenção era fraca, mesmo reportando-a para uma base de dados, a ausência de codificação levava a que fosse difícil relatar os problemas e elaborar diagramas de Pareto para avaliar quais as principais causas de avaria em cada uma das ferramentas.

4.5 Prioridades e Custos na Manutenção

Numa empresa que funciona 24h por dia, uma das principais prioridades é garantir a plena ordem de funcionamento dos equipamentos durante o tempo de produção, garantindo que estejam disponíveis quando solicitados, para que a atividade da empresa se torne o mais rentável possível. Assim, o Departamento de Engenharia da SRAMPort criou um grupo de trabalho para analisar os problemas da ferramenta que causavam mais refugo. A única forma existente de análise dos defeitos causados pelas ferramentas, era efetuada através da percentagem de refugo do aço.

Ao analisar os defeitos mais frequentes que provocavam refugo, tentam descobrir o que causa o respetivo defeito na ferramenta e daí criam soluções para corrigir o problema ou tentar que ocorra com menor frequência.

O suporte digital de análise é o “CMNavigo” que indica as percentagens e os quilos de refugo, provocados por um respetivo defeito. Também indica a máquina e as placas que estavam a produzir no momento que ocorreu o defeito, sendo possível analisar a ferramenta no qual o problema é recorrente. A figura seguinte mostra um exemplo de um gráfico retirado do “CMNavigo” que indica, em percentagem, as causas de refugo num determinado intervalo de tempo:

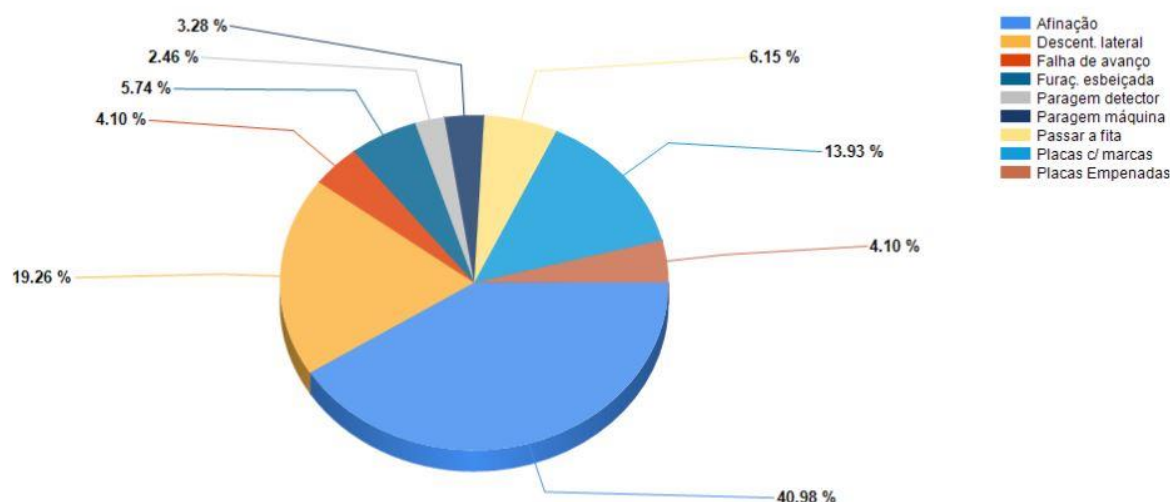


Figura 42. Gráfico da percentagem de refugo num determinado intervalo de tempo

Desta forma, pode-se determinar as ferramentas que causam mais paragens não planeadas devido a avarias. Sendo assim este tipo de análise, embora não sendo o mais eficaz, pode ajudar a determinar quais as ferramentas que necessitam de uma manutenção corretiva de maior frequência ou uma manutenção preventiva com intervalos mais reduzidos. Também, é possível perceber as ferramentas que necessitam de um maior número de ações de melhoria.

5 OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO DAS FERRAMENTAS PROGRESSIVAS

5.1 Introdução

Na indústria, reter toda a informação em papel é quase impossível, pois a análise é muito trabalhosa e pode não ser viável. A SRAMPort propôs assim um projeto de melhoria no sistema de registo da manutenção de ferramentas. À semelhança da manutenção dos equipamentos, ficou decidido que a melhor maneira de melhorar o sistema de registo da manutenção de ferramentas, seria começar por criar uma Base de Dados, capaz de registar eficazmente as intervenções de manutenção.

A criação da Base de Dado, para além de ser possível registar todas as intervenções, permite planear as manutenções preventivas, atribuir custos a cada operação, mas acima de tudo, ter evidências das avarias recorrentes, e assim tentar solucioná-las, ou seja, atacar a causa e não o problema.

5.2 Objetivo do Projeto e abordagem do problema

Além do pretendido pela empresa, um dos objetivos que se espera com este projeto, é a avaliação das horas de trabalho despendidas nas reparações das ferramentas de corte por estampagem, bem como incorporar os custos das peças de substituição, para desta forma avaliar o custo real da manutenção das ferramentas. Para tal, é necessário proceder ao registo de cada uma das intervenções, para contabilizar todo o processo de manutenção.

A prioridade consiste na modelação de um sistema capaz de auxiliar a gestão da manutenção de ferramentas. A partir deste sistema, é possível calcular todos os indicadores demonstrados no segundo capítulo, mas também ter controlo sobre o seu estado atual, ou até mesmo, tomar decisões no sentido de melhorar a manutenção. Após recolha dos dados, pode-se utilizar os princípios enumerados, também no segundo capítulo, como por exemplo o Diagrama de Pareto, e atacar diretamente os problemas numa tentativa de melhorar continuamente a manutenção de ferramentas.

Depois de criado o sistema, e de recolhidas informações acerca do estado das ferramentas, consegue-se estabelecer padrões de avaria, tempo entre avarias, tempo médio de reparação, entre outros. Assim, para cada uma das ferramentas, quando existirem dados estatísticos, devem ser também desenvolvidos rigorosos planos de manutenção preventiva, e se possível, procurar formas de executar manutenção preditiva.

5.3 Fluxo do processo de Manutenção de ferramentas

De modo a ser perceptível para todos os envolvidos no projeto foram criados fluxogramas para facilitar a interpretação de todo o processo de manutenção que existia anteriormente ao estágio. Para tal, houve uma análise cuidada para que fossem colocadas todas as possibilidades no fluxo.

O fluxo de manutenção foi dividido em dois fluxogramas: Fluxograma relativo ao processo do operador e Fluxograma relativo ao processo do serralheiro. Esta divisão deve-se ao facto do sistema informático do registo da reparação ter de se dividir também em duas partes, pois, o operador e o serralheiro laboram em partes distintas e por isso fazem o registo em sítios diferentes. Na figura que segue, está representado o fluxograma relativo a todo o processo do operador.

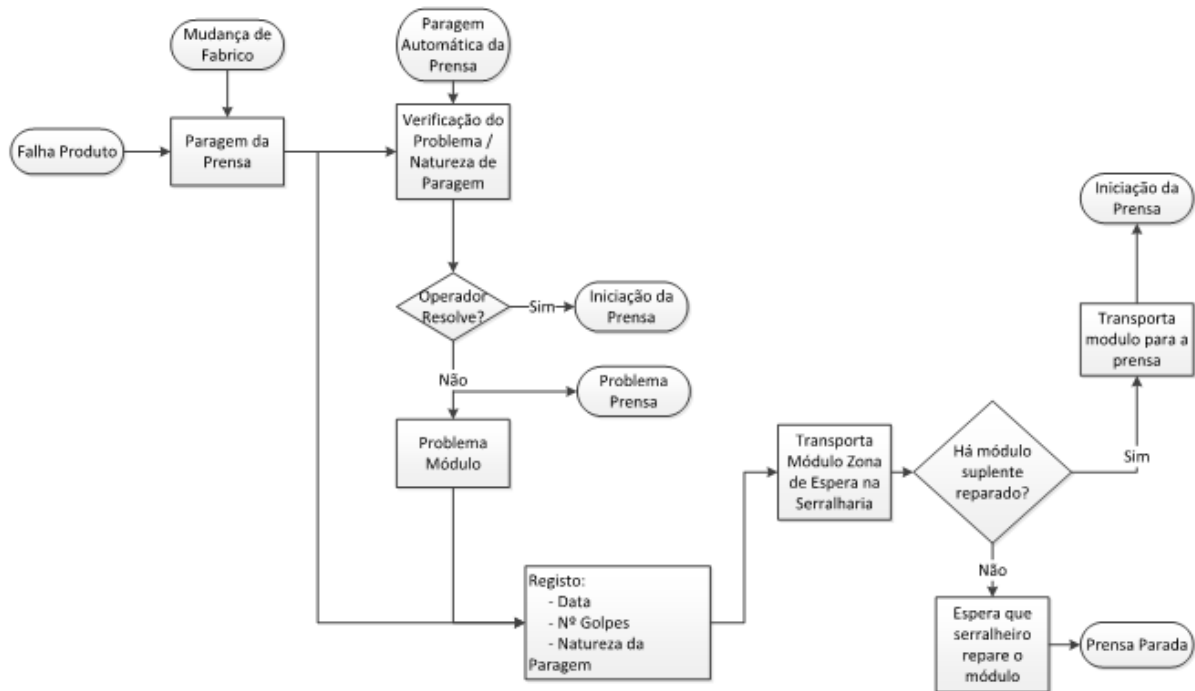


Figura 43. Fluxograma relativo a todo o processo de manutenção do operador de prensas

Este processo foi brevemente explicado num dos capítulos anteriores mas não foram descritas as várias possibilidades que podem ocorrer no início do processo de manutenção corretiva. Isto é, existem três possíveis fatores para se iniciar o fluxo de reparação de um módulo:

- Falha no produto;
- Paragem automática da prensa, quando ocorre alguma falha na ferramenta ou na prensa;
- Mudança de fabrico.

Quando ocorre uma falha no produto, ou seja, quando uma ou mais placas estão não conformes, o operador efetua a paragem da prensa. Ou então, quando existe uma paragem automática da prensa, derivado a uma falha na ferramenta ou falha na própria máquina. Estas paragens automáticas são provocadas por sensores existentes na ferramenta que detetam anormalidades durante o funcionamento da mesma.

Em ambos os casos, o operador verifica o problema/natureza de paragem e analisa se consegue resolver o problema. Se for o caso, resolve a não conformidade e inicia a prensa novamente. Senão o conseguir resolver, vai ter de intervir alguém da manutenção. Se o problema for da máquina, o operador informa os responsáveis pela manutenção de

equipamentos e eles intervêm na prensa. Se o defeito for na ferramenta/módulo, o operador retira a parte da ferramenta que necessita de reparação, regista na folha que acompanha o módulo: a data, o nº de golpes que efetuou até à paragem e a natureza da paragem, e transporta o módulo para a zona de espera na serralharia. Posteriormente, verifica se existe algum módulo de substituição, se existir, transporta-o para a prensa e inicia novamente a produção. Se não existir, o operador suspende a produção até que o serralheiro execute a manutenção da ferramenta, e fica assim a prensa parada.

Continuamente a este processo ocorre o fluxo relativo ao serralheiro, representado na figura seguinte:

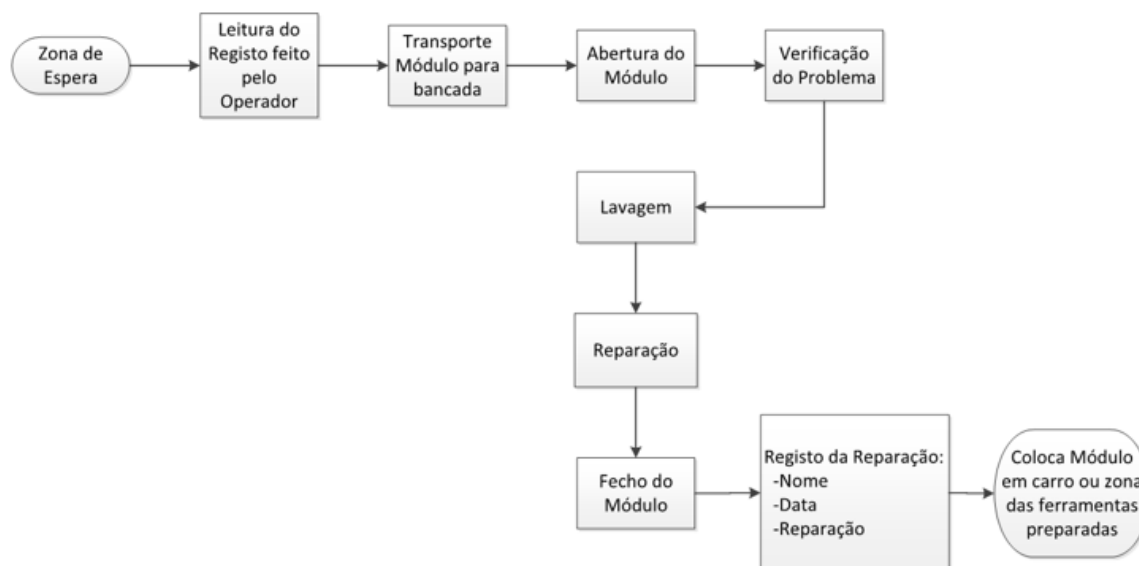


Figura 44. Fluxograma relativo a todo o processo de manutenção do serralheiro

Este fluxo inicia-se no momento em que o módulo é colocado na zona de espera dos módulos a reparar. Quando o serralheiro tiver disponibilidade dirige-se a essa zona, verifica o registo efetuado pelo operador na folha de seguimento e transporta para a sua bancada o módulo. De seguida, realiza a manutenção da ferramenta:

- Desmonta o módulo;
- Verifica o problema;
- Efetua a lavagem do módulo para retirar a escumilha e o óleo;
- Repara o defeito;
- Monta novamente o módulo.

Posteriormente, regista na mesma folha, o que efetuou na reparação, a data e o seu nome. Por fim, coloca o módulo na zona das ferramentas reparadas ou, se houver urgência, coloca imediatamente no carro que transporta o módulo para a máquina, para dar rapidamente início à produção.

5.4 Sistema informático para registo das manutenções corretivas

No início do projeto ocorreram algumas dificuldades na escolha do *software*, pois inicialmente era para ser desenvolvida uma base de dados através do programa “Microsoft

SharePoint” mas, ao fim de várias reuniões, ficou decidido ser mais viável criar um sistema informático semelhante ao que já existia para a manutenção de equipamentos. Assim, ficou definido gerir a manutenção de ferramentas através do *software* de gestão, SAP.

A grande dificuldade inicial traduziu-se na falta de tempo do engenheiro informático responsável pelo SAP, mas como antes de se desenvolver o sistema informático, teve de haver a recolha de dados para inserir no programa, tornou-se mais fácil planear com o responsável referido anteriormente, o tempo para despende neste projeto.

Para se conseguir registar todas as intervenções corretamente, e obter informações viáveis, optou-se pela listagem de todas as ações inerentes ao processo da manutenção de ferramentas, que serão posteriormente introduzidas no sistema informático especificamente para a manutenção das ferramentas. Este registo de intervenção é de extrema importância para se poder aferir quais os problemas das ferramentas de estampagem e ser quantificadas todas as intervenções. Quando a uma ferramenta de estampagem é diagnosticado um problema, a mesma é intervencionada tendo por base a manutenção corretiva, sendo que com o registo eficaz de todas as intervenções é possível analisar se o problema é frequente e assim atuar diretamente na causa do problema. Para tal, pode-se recorrer ao Diagrama de Causa-Efeito, caso se pretenda analisar várias situações para um mesmo problema, ou então, recorrer ao mais usual e mais rápido método dos 5 Porquês. Recorrer a este método, permite resolver uma não conformidade numa peça, registada em várias intervenções, como o exemplo da figura 45, ao invés de substituir sempre a mesma matriz de corte, que acarreta elevado custo, pode-se analisar o problema e atacá-lo pela raiz.

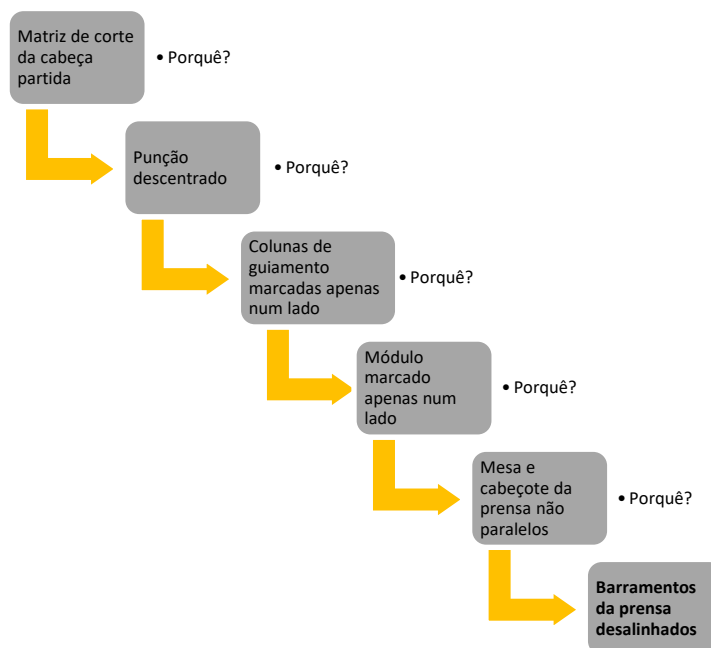


Figura 45. Sequência de "5 Porquês" utilizado na resolução de um problema resolvido durante o estágio

Este problema foi detetado no decorrer do estágio, antes da criação do sistema informático, pelo fato de ter ocorrido repetidamente durante um curto espaço de tempo mas se o problema ocorresse com menos frequência, era dificilmente detetado sem o auxílio do *software* de gestão da manutenção e uma posterior análise cuidada.

5.4.1 Recolha de dados registados nas intervenções

Com o intuito de capturar todas as naturezas de paragem e as respetivas reparações, foram analisadas todas as folhas de seguimento da ferramenta em fabrico dos 41 módulos existentes, no decorrer de um ano. A tabela 2 representa um pequeno excerto da recolha dos dados correspondentes ao módulo 4 da ferramenta das placas exteriores das 11 velocidades.

Tabela 2. Pequeno exemplo da recolha dos dados do módulo 4 da ferramenta das placas exteriores de 11 velocidades

Natureza da paragem	nº de golpes	Reparação
Matriz Esmagada / Verificar Módulo	44335	rppf / rmpf / rpsf / rmsf / psft
Defeito Caixa	60000	spe / sme
Rebarba Furação	32000	rppf / rmpf / rpsf / rmsf
Revisão	20936	re
Retificar Primeira Furação / Retificar Segunda Furação	90318	rppf / rmpf / rpsf / rmsf
Revisão	76000	rppf / rmpf / rpsf / rmsf / rpc / rmc
Furação Justa	9300	rppf / rmpf / rpsf / rmsf
Furação Justa	25000	spsf

Como é possível verificar, foram registadas as naturezas de paragem do módulo, os respetivos tempos de bom funcionamento (TBF), em número de golpes, e a reparação associada à natureza da paragem. As reparações foram registadas por siglas para facilitar a análise mas são de fácil perceção, por exemplo, “rppf” significa retificação dos punções da primeira furação.

Posteriormente, foram listadas todas as naturezas de paragem e analisadas as que ocorrem com maior frequência, como é possível visualizar na tabela 3.

Tabela 3. Excerto da tabela das naturezas de paragem, e respetivo número de repetições, do módulo 4 da ferramenta das placas exteriores de 11 velocidades

Natureza da paragem	Nº de Repetições
Retificar Segunda Furação	22
Retificar Primeira Furação	21
Limpeza	12
Furação Justa	9
Revisão	6
Punção Furação Partido	5
Montar Ensaio	5
Furação Esbeçada	5
Montar Normal	4
Mudar Furação PC X1	4
Retificar Corte	3
Verificar Módulo	2
Rebarba Furação	2
Trocar Furação	2
Matriz Esmagada	1
Defeito Caixa	1
Verificar Encalque	1
Virar Guilhotina	1

Na tabela 4 estão representadas as reparações associadas às naturezas de paragem, ou seja, para cada natureza de paragem existem uma respetiva reparação para solucionar o problema. À semelhança das naturezas de paragem, também foram analisadas as reparações que ocorrem com mais frequência.

Tabela 4. Excerto da tabela das reparações e respetivo número de repetições, do módulo 4 da ferramenta das placas exteriores de 11 velocidades

Reparação	Nº Repetições
Retificação Punção Primeira Furação	40
Retificação Punção Segunda Furação	40
Retificação Matriz Segunda Furação	40
Retificação Matriz Primeira Furação	39
Revisão	11
Retificação Punção Corte	8
Retificação Matriz Corte	8
Substituição Punção Segunda Furação	6
Substituição Punção Primeira Furação	5
Substituição Punções e Matrizes Ensaio	5
Substituição Punções e Matrizes Normal	5
Mudar Furação PC X1	4
Substituição Matriz Primeira Furação	3
Substituição Matriz Encalque	3
Substituição Matriz Segunda Furação	2
Substituição Punção Encalque	2
Mudar Furação PC 1130	2
Mudar Furação PC XX1	2
Polir Serra Fitas	1

Esta recolha de dados serviu para listar todas as ações possíveis de ocorrer na manutenção das ferramentas, para inserir no sistema informático. A lista das ações permite ao utilizador escolher uma das ações, ao invés de estar a registar a ação, o que torna o processo mais rápido. O facto de as ações serem listadas no programa informático, também facilita a análise dos dados no sentido que só existe uma nomenclatura para cada ação, não dando origem a nomenclaturas diferentes para a mesma ação, como ocorre no registo de suporte de papel onde são registadas as ações.

A análise da frequência das naturezas de paragens e das reparações teve como objetivo perceber quais as ações que tem mais ocorrência, de modo a criar soluções para as minimizar. Para tal, foi criado um grupo de trabalho com as pessoas mais qualificadas no assunto, com o intuito de minimizar estas ações e atuar naquelas que causam mais prejuízo à empresa.

5.4.2 Localizações dos defeitos e reparações

De forma a saber exatamente a localização dos defeitos, foram criados códigos para inserir no sistema informático. O fato de se conhecer a localização, permite perceber facilmente a origem do problema, ou seja, se o problema ocorre sempre no mesmo sítio ou em sítios diferentes. Assim torna o processo de análise dos problemas mais fácil de perceber, o que implica uma melhor eficácia da sua resolução. Na figura 46, são ilustrados dois exemplos de codificações para inserir no programa informático por parte do operador e do serralheiro, respetivamente:

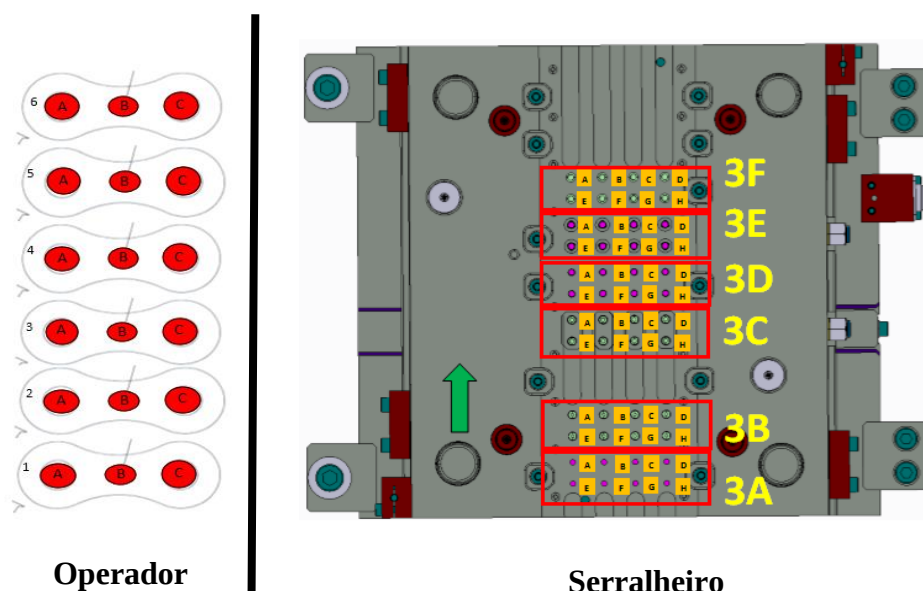


Figura 46. Exemplo da codificação das localizações inseridas pelo operador e serralheiro em SAP

A localização que o operador precisa de registar, consiste no sítio onde observa o defeito nas placas, quando realiza o controlo das mesmas. No exemplo da figura 46, estão representadas seis placas, o que significa que este exemplo retrata uma ferramenta que produz seis placas por golpe da prensa. O operador, quando observa um defeito ao controlar as seis diferentes placas, tem de indicar a localização do defeito no programa informático. De modo a não haver erros na interpretação da localização, foi estabelecido que o número das placas está de acordo com a posição da respetiva placa na fita e as letras são representadas no sentido “esquerda-direita”, quando a marca está virada para o operador. Por exemplo, quando existe um defeito num dos furos da primeira placa, o operador insere: “1C”.

O serralheiro, à semelhança do operador, também deve registar o local da ferramenta onde executou a intervenção. Na figura 46, está ilustrada a parte superior do terceiro módulo da ferramenta que produz placas exteriores de 12 velocidades. A seta “verde” representa o sentido de passagem da fita, e os números e letras, cada sítio que pode ser intervencionado na ferramenta. Por exemplo, se o serralheiro retificar todos os punções da pré-furação, regista: “3A”, mas caso substitua um só punção desta mesma etapa, insere no sistema informático: “3AF”.

5.4.3 Supressão das folhas de seguimento da ferramenta em fabrico

Com a introdução do registo em suporte digital, deixa de ser necessário o registo em suporte papel, e para tal, foi necessário criar condições para suprimir as folhas de seguimento da ferramenta em fabrico. O problema em retirar estas folhas consistia em conseguir identificar os módulos, pois eram estas que os identificavam e assim os distinguiam entre si.

A solução concebida foi identificar cada módulo com placas de alumínio, como é possível visualizar na figura 47:



Figura 47. Placa de identificação do primeiro módulo da ferramenta que produz placas interiores de 8, 9 e 10 velocidades

Estas placas possuem informação pertinente para as pessoas intervenientes em todo o processo, a que estes módulos estão sujeitos. Em primeiro lugar, tem o número de equipamento que identifica o módulo e que permite diferenciar dos outros módulos bem como dos outros equipamentos da fábrica. Na segunda linha tem o número 500, número que representa as placas interiores, e as correntes que estas placas pertencem, que neste caso, produz placas interiores para as 8, 9 e 10 velocidades. De seguida, tem o número do módulo, ou seja, neste caso, este é o primeiro módulo dos quatro que constituem a ferramenta. E também informa se existe a duplicação do módulo, isto é, quando após o símbolo “\” contêm o número 2, significa que existe outro módulo exatamente igual, mas quando possui o número 1, expressa que só existe um módulo, não havendo nenhum de substituição. Neste caso, como está representado na placa “1\2”, significa que este módulo tem outro de substituição, e na sua placa de identificação possui “2\2”.

Esta informação tem uma elevada importância, pois permite ao operador saber, quando coloca um módulo para ser intervencionado, se existe outro de substituição, e assim transporta de imediato o de substituição para a máquina, de modo a que a paragem de produção seja o mais curto possível.

Ainda na placa de identificação existem cores que representam as placas das correntes que o módulo produz. Neste caso, existem três cores:

- Amarelo – significa 8 velocidades;
- Vermelho – significa 9 velocidades;
- Azul – significa 10 velocidades.

A introdução de cores na placa de identificação têm como objetivo facilitar a identificação do módulo, de modo visual, para que não existam módulos incorretos na fabricação. Esta identificação foi inspirada na filosófica “Poka-Yoke”, criada pelo sistema de produção da Toyota, que consiste num dispositivo à prova de erros destinado a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação e/ou na utilização de produtos.

5.4.4 Funcionamento do sistema informático

Após a decisão do *software* e preparação dos dados para inserir no sistema informático foram realizados dois fluxogramas, representados no Anexo II, de modo a que o responsável pela realização do projeto no SAP facilmente entendesse o pretendido. Um fluxograma corresponde à parte do sistema informático desejado para registo de intervenção por parte do operador, e o outro, por parte do serralheiro. Ambos os fluxogramas se ligam, pois quando termina o registo executado pelo operador, inicia-se a interpretação desse mesmo registo e posteriormente termina com o registo efetuado pelo indivíduo da reparação.

Assim sendo, ao fim de vários meses de desenvolvimento e de inúmeras reuniões com o responsável do SAP por este projeto, surgiu o sistema de registo das manutenções de ferramentas. Muito semelhante ao já existente para a manutenção de equipamentos, este sistema encontra-se ligeiramente mais complexo, pois necessita de uma lista de observações do defeito e ações de reparação muito detalhadas, para que sejam facilmente escolhidas, e a introdução do número de golpes que a ferramenta executou. Estas são as grandes diferenças em relação ao registo de intervenções da manutenção de equipamentos.

O processo de registo digital no SAP divide-se em quatro passos, como representado no esquema seguinte:

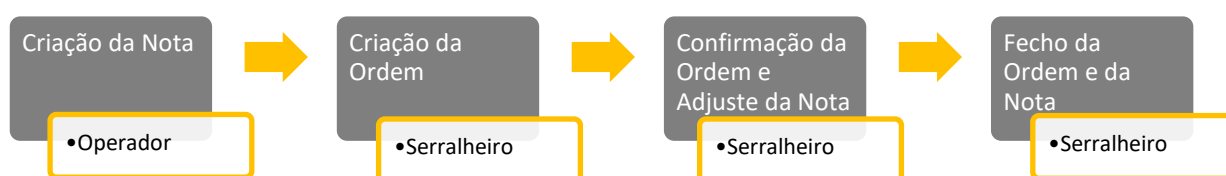


Figura 48. Sequência do processo de registo digital em SAP

O registo inicia-se com a criação da “Nota”, por parte do operador, no computador disponível no espaço técnico, próximo da prensa. A figura 49 representa *layout* da “Nota”:

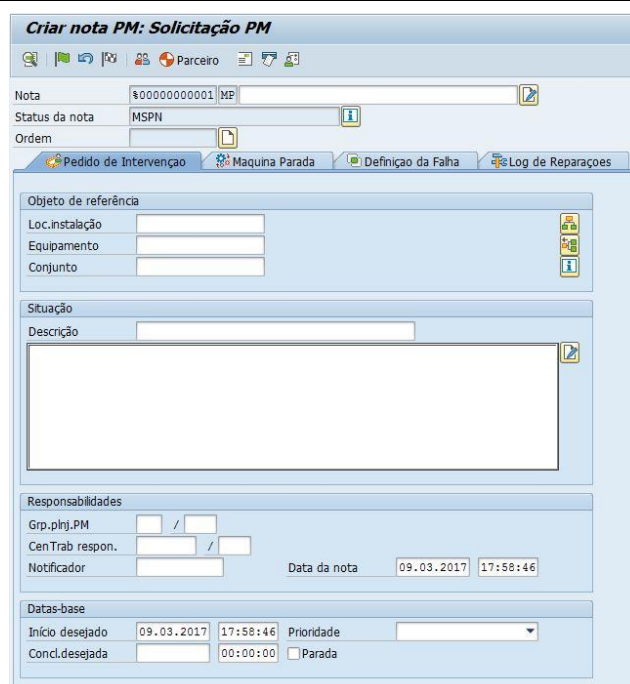


Figura 49. Janela de criação da nota em SAP

Na criação da nota é necessário proceder às seguintes etapas:

- Registrar o nome da “Nota” - criar um nome para a nota descrevendo o defeito da forma mais sucinta possível;
- Registrar o número do equipamento – ao inserir o número de equipamento, o programa apresenta de imediato a descrição do módulo;
- Registrar uma descrição detalhada – opcionalmente, é possível descrever o defeito com mais pormenor;
- Selecionar o defeito observado na placa – o operador só necessita de seleccionar o defeito que observa na lista apresentada na “Nota”, como é possível visualizar na figura 50;

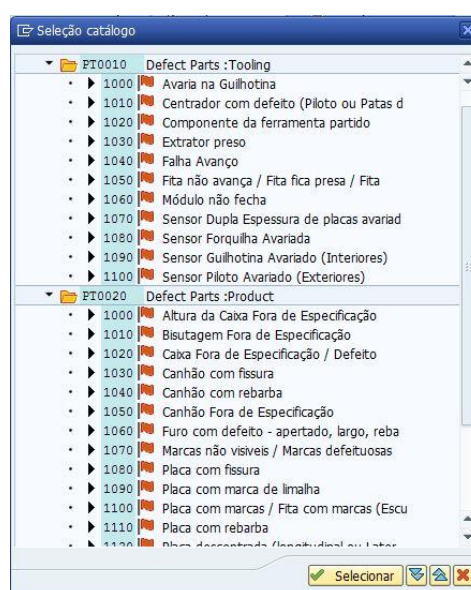


Figura 50. Lista de defeitos para o operador selcionar em SAP

- Inserir localização do defeito – de acordo com a localização apresentada num dos capítulos anteriores, o operador insere o código da localização do defeito observado no produto;
- Inserir o número de golpes – nesta etapa é introduzido o número de golpes observado na consola da prensa.

Após realizar estas etapas, o operador ao criar a “Nota”, esta é automaticamente adicionada a uma lista de “Notas” que o responsável pela reparação tem acesso no seu computador, localizado na serralharia. O serralheiro quando for para intervir no módulo, procura na lista a respetiva “Nota” e transforma-a numa “Ordem”. Ao criar a “Ordem”, indica que a reparação está em curso. Na figura seguinte, pode-se observar o *layout* da “Ordem”.

The screenshot displays the SAP 'Exibir Ordem Manutenção Correctiva' interface for order SRAMPOR 928965. The main header shows the order number 'MPT1 8965' and description 'limpeza'. Below this, a 'Stat.sist.' bar contains various status indicators. The interface is organized into several tabs: 'DdsCabeç.', 'Operações', 'Componentes', 'Custos', 'Objetos', 'Dados adic.', 'Localiz.', 'Planej.', and 'Controle'. The 'Operações' tab is active, showing a 'Responsáveis' section with fields for 'Gr.planej.' (M04 / 0341), 'M: PORT SER', 'CenTrabRes' (SER / 0341), 'Nota' (110595), 'Custos' (0,00 EUR), 'TipoAtvMnt', and 'CondInst'. The 'Datas' section includes 'InícioBase' (09.12.2016), 'Fim-base' (09.12.2016), 'Prioridade' (Produção Reduzida), and 'Revisão'. The 'Objeto de referência' section shows 'LocInstal.' (0341/CRT/DPE), 'Equipam.' (1000422), 'Conjunto', and 'DPE' (Mód.1 - 1\1 -500 12 SPD Eagle). The '1ª operação' section details the operation 'limpeza' with fields for 'Operação', 'ChCál', 'CtrTr/Ctro' (SER / 0341), 'ChvContr' (PT01), 'Tp.ativ.' (MNT03), 'Trib.empr.' (180,0 MIN), 'Número' (0), 'Dur.Oper.' (180,0 MIN), and 'Nº pessoal' (0). There are also checkboxes for 'MAP' and 'Cmp'.

Figura 51. *Layout* da ordem em SAP

De seguida, abre a “Nota”, onde é permitido adicionar alguma informação adicional, e efetua as seguintes etapas:

- Selecionar a reparação que realizou – o serralheiro seleciona na lista a ação que executou para solucionar o problema;
- Inserir a localização da reparação – à semelhança do operador, o serralheiro, de acordo com a localização apresentada num dos capítulos anteriores, insere o código da localização da reparação que efetuou no módulo.

Por fim, procede ao fecho da “Nota” e da “Ordem”, onde regista a hora a que terminou a tarefa, dando por finalizado o registo da intervenção. No Anexo III é possível encontrar o modo de operar todo este processo de forma detalhada, que foi realizado em parceria com o responsável de projeto do SAP.

Todo este sistema informático foi pensado para permitir uma elevada rapidez de preenchimento, e ao mesmo tempo não levantasse muitas dúvidas sobre o que preencher em cada campo. Como são preenchidos diversos registos diários, a duração de introdução de cada

um desses registos é de crucial importância, pelo que foi um dos primeiros pontos tomados em consideração, tendo sido escolhido um *layout* o mais simples possível como se demonstra nas figuras anteriores. A maior parte dos campos a preencher estão pré-preenchidos ou em forma de lista para que o processo se dê com a maior rapidez possível e para que não permita erros de preenchimento e para, que não seja comprometido a viabilidade de utilização do *software*.

Apesar do esforço por tornar este processo o mais simples possível, foi necessário formar todos os envolventes neste processo e realizar um acompanhamento inicial para certificar que o registo seja corretamente efetuado.

Até este ponto, apenas são realizados os registos das ocorrências relacionadas com a Manutenção Corretiva. Sendo assim, o passo seguinte será a criação de planos de Manutenção Preventiva.

5.5 Introdução da Manutenção Preventiva nas ferramentas

Um dos fatores de maior importância num departamento da manutenção consiste no custo relacionado com realização da manutenção. As empresas não devem olhar para a manutenção como um custo, mais sim como um proveito, porém, deve-se avaliar as operações de manutenção, e realizar apenas as necessárias ao bom funcionamento das ferramentas para reduzir os custos.

Para este efeito, foram elaborados planos de manutenção preventiva com o intuito de prevenir e evitar avarias, especialmente em situações onde a paragem da ferramenta seja um acontecimento frequente e crítico para a empresa. Para tal, foi criado um grupo de trabalho para analisar toda a informação recolhida dos registos das intervenções das ferramentas. Este grupo de trabalho teve como objetivo criar intervalos em número de golpes para efetuar a manutenção preventiva, de forma, a introduzir este tipo de manutenção nas ferramentas. Sendo assim foram analisados todos os intervalos de golpes das intervenções realizadas em todos os módulos. Na tabela 5 podemos observar um exemplo da análise dos intervalos de golpes de uma intervenção num primeiro módulo da ferramenta que fabrica placas exteriores de 9 velocidades.

Tabela 5. Exemplo de uma intervenção efetuada, e respetivos nº de golpes, no módulo 1 das placas exteriores das 9 velocidades

RETIFICAÇÃO PUNÇÕES DE PILOTAGEM	Nº de golpes
1	7821549
2	1656211
3	1533077
4	111116
5	1830967
6	4654441
Total de golpes	17607361
Média das revisões	2934560,167

Posteriormente a esta análise e, para criar os intervalos do plano de manutenção preventiva, utilizou-se um dos métodos de análise das Leis da Fiabilidade, o qual já está

descrito no capítulo 2. Desta forma, foi realizada a estimativa usando a amostra como estimador para uma fiabilidade de 80%, como é possível visualizar na tabela 6.

Tabela 6. Exemplo da análise de fiabilidade para o primeiro módulo da ferramenta que produz placas exteriores de 9 velocidades

RETIFICAÇÃO PUNÇÕES PILOTAGEM			
TBF [Nº de Golpes]	FA	$F=(FA-0,3)/6,4$	$R=1-F$
111.116	1	0,109375	89%
1.533.077	2	0,265625	73%
1.656.211	3	0,421875	58%
1.830.967	4	0,578125	42%
4.654.441	5	0,734375	27%
7.821.549	6	0,890625	11%
Intervalo de Manutenção Preventiva para 80% de Fiabilidade:			935853

Em primeiro lugar, organizou-se os dados do tempo de bom funcionamento (TBF), neste caso, os intervalos de golpes que a ferramenta efetuou entre intervenções da manutenção. De seguida, foi calculada a frequência acumulada (FA) das avarias e a probabilidade de avaria, $F(t)$, com a seguinte fórmula:

$$F(t) = \frac{FA_i - 0,3}{N + 0,4} \quad (16)$$

A escolha da fórmula deve-se pelo facto do número de amostras (N) ser inferior a 20 para este caso, sendo utilizadas as outras fórmulas deste método para outros tipo de avarias que possuem um número de amostra superior a este.

Finalmente, foi calculada a Fiabilidade para cada amostra, em percentagem, e estimado o intervalo desta intervenção através de uma interpolação linear entre os valores mais próximos de 80% de Fiabilidade.

Contudo, o plano de manutenção preventiva foi criado com base nesta análise e na experiência do responsável das Ferramentas, ou seja, foram atribuídos intervalos de modo a que as paragens da ferramenta sejam as mínimas possíveis. Para tal, os valores das análises foram ajustados para intervalos padronizados, para ser possível atuar em várias avarias por cada paragem preventiva da ferramenta, como demonstra a tabela 7:

Tabela 7. Plano de manutenção preventiva de todos os primeiros módulos das ferramentas de fabrico de placas exteriores

Módulo 1	Nº Golpes	
	8 e 9 Vel.	10 e 11 Vel.
Retificar Matriz Estrela e Pilotagem		500.000
Retificar Matrizes de Corte Ajourage	1.000.000	1.000.000
Retificar Matrizes de Pilotagem	1.000.000	
Retificar Punções de Corte Ajourage	1.000.000	1.000.000
Retificar Punções de Pilotagem	1.000.000	
Retificar Punções Estrela e Pilotagem		500.000
Substituir Casquilhos Aço	16.000.000	8.000.000
Substituir Casquilhos de Esferas	8.000.000	4.000.000
Substituir Colunas (d=16mm)	16.000.000	8.000.000
Substituir Colunas (d=25mm)	16.000.000	8.000.000
Substituir/Rodar Casquilhos de Bronze	8.000.000	4.000.000

Estes planos encontram-se em desenvolvimento, uma vez que é necessário colocá-los em prática durante um período de tempo razoável para ser possível verificar se os intervalos estão adequados, ou se terão de ser ajustados.

5.5.1 Manutenção Preventiva Preditiva

Como foi abordado durante o capítulo 2, é possível realizar manutenção preventiva preditiva às ferramentas, para desta forma reduzir os custos de manutenção, ou apenas antecipar a intervenção antes das avarias. A proposta deste método foi executada, mas ainda não colocada em ação.

A sua importância consiste em controlar as causas das intervenções consecutivas e antecipar a manutenção momentos antes de o problema surgir. Por exemplo, se o diâmetro do furo de uma placa for controlada, através de medições sucessivas, é possível prever uma furação fora dos limites de tolerância ou o aparecimento de rebarba, momentos antes de a placa ser identificada como não conforme, evitando paragens desnecessárias e custos excessivos de manutenção ao trocar elementos em excesso. Para tal, é necessário reformular o processo de controlo de placas realizado pelo operador da máquina, pois, atualmente, controla os furos com um calibre passa/não passa e deste modo, terá de ter mais que um calibre, com intervalos de diâmetros mais reduzidos para detetar o possível defeito, e assim planear a reparação da furação aquando uma mudança de fabrico.

5.6 Análise de custos entre Manutenção Corretiva e Preventiva

Ambas as manutenções, corretivas e preventivas, acarretam elevados custos dependendo o tipo de avaria onde são aplicadas, por isso, é incorreto generalizar qual das manutenções é mais rentável. Para tal, as empresas devem efetuar uma análise de custos entre os dois tipos de manutenção, ou seja, qual das manutenções é a mais vantajosa para ser aplicada na sua atividade, de modo, que sua utilização seja o menos dispendiosa possível. Como referido no capítulo 2, ambas têm vantagens e desvantagens quando associadas aos custos que originam.

Portanto, durante o projeto realizou-se uma análise de custos comparando estes dois tipos de manutenção para os problemas mais frequentes. O objetivo desta análise traduz-se em perceber qual das manutenções é mais vantajosa para um determinado defeito. Isto é, se compensa mudar para manutenção preventiva ou manter em corretiva, visto que a maioria das resoluções dos problemas são corretivas, e pelo facto de haver uma enorme vontade da empresa em aplicar a manutenção preventiva.

Assim sendo, com o auxílio do “CMNavigo”, programa que permite analisar o refugo causado por defeitos que ocorrem durante a produção, como já referido anteriormente, e com os dados dos registos das intervenções, foram efetuadas análises de custos dos defeitos mais frequentes, quando aplicada a manutenção corretiva ou preventiva. Na figura seguinte, está representado o gráfico dos defeitos que causaram mais refugo durante o período de um ano:

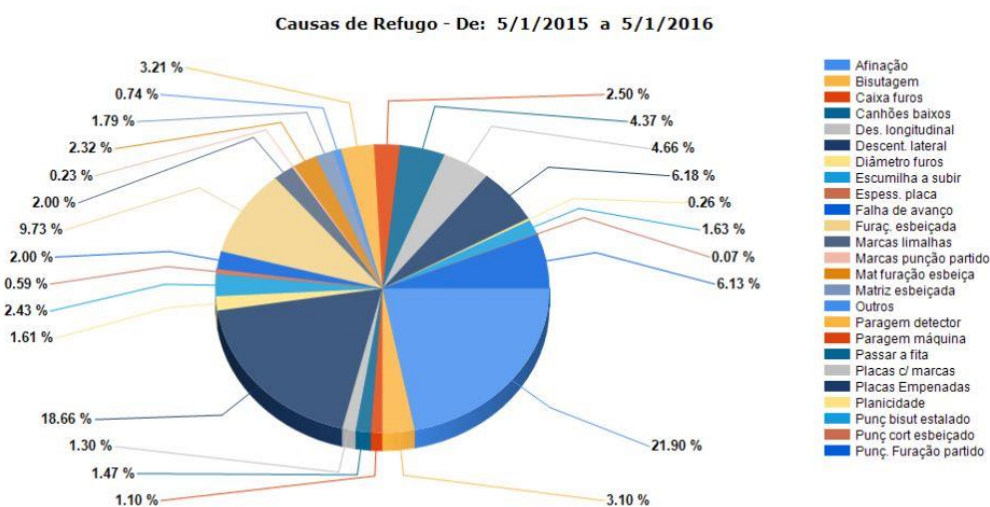


Figura 52. Gráfico das causas de refugo, em percentagem, num periodo de um ano

Por ordem decrescente, foram analisados os defeitos de maior frequência e que causam maiores custos de reparação. De forma simplista, estudou-se os seguintes tópicos:

- Custo das peças reparadas, que originam o defeito;
- Custo de refugo causado pelo defeito;
- Custo de mão-de-obra do operador;
- Custo da máquina parada.

O cálculo destes tópicos realizou-se para os dois tipos de manutenções, e quando somados permitiu perceber qual das manutenções é mais rentável de ser aplicada a cada defeito.

5.6.1 Exemplo da análise de custos do defeito “Furação Esbeçada”

A “Furação Esbeçada” é uma das principais causas de refugo nas ferramentas progressivas. Este defeito é encontrado durante a produção, quando o operador ao realizar o controlo das placas, deteta o diâmetro dos furos fora dos limites de tolerância pretendido.

Na seção de manutenção, o processo de resolução deste defeito traduz-se em retificar os punções e as matrizes de furação.

A análise de custos começa por conhecer o valor de cada punção e matriz de furação, de modo, a perceber qual o custo das peças reparadas. De seguida, analisou-se o comprimento dos punções e matrizes que é possível retificar e concluiu-se que, em média, cada conjunto de punções pode ser retificado 6 vezes e de matrizes 10 vezes, até serem substituídos por uns novos.

Esta análise foi executada com dados recolhidos num período de seis meses. Assim sendo, comparou-se os custos originados pela manutenção corretiva com os custos estudados se fosse exercida manutenção preventiva.

5.6.1.1 Custo da Manutenção Corretiva

Durante os seis meses, quantificou-se o número de vezes que o posto da furação foi retificado devido ao defeito “Furação Esbeçada”. Posteriormente, dividiu-se esse número de retificações pelo número de vezes que os punções e as matrizes podem ser retificados até à sua substituição para conhecer as quantidades de punções e matrizes gastos nesse período.

Sabendo que 25% das reparações da furação provocaram paragem de produção da ferramenta e que em média a reparação tem a duração de 3 horas, calculou-se o prejuízo da máquina estar parada e o custo de mão-de-obra do operador, pois durante este período de tempo não está a exercer a sua função. Também foi contabilizado o custo associado ao refugo, ou seja, a quantidade de placas que são sucateadas, pois, o operador controla as placas quando uma caixa de 30 kg está cheia, e ao encontrar esse defeito é obrigado a sucatear as placas, logo, é importante saber o valor de sucata provocada por este defeito. Contudo, foram somados todos estes custos e assim quantificado o prejuízo causado pela manutenção corretiva.

5.6.1.2 Custo da Manutenção Preventiva

Idealmente, na manutenção preventiva, não existem custos associados à paragem de produção nem de refugo, mas como são utilizados nos cálculos valores de fiabilidade de 80%, é necessário considerar 20% dos casos que este tipo de manutenção não abrange, sendo necessário aplicar manutenção corretiva. Deste modo, foram calculados os custos ligados à substituição dos punções e matrizes para intervalos de reparações para estes valores de fiabilidade e considerar os custos associados aos 20% que a manutenção preventiva não capta, é necessário contabilizar os custos de paragem de máquina, mão-de-obra do operador e de refugo.

Durante o período de 6 meses, este tipo de manutenção é mais dispendiosa mas como os punções podem ser recuperados ao fim das 6 retificações, foram calculados os custos para um período de um ano para os dois tipos de manutenção, pois realmente os custos dos punções vai diminuir. Sendo assim, a diferença de custos das duas manutenções vai diminuir, pois, como na manutenção preventiva as peças são substituídas com mais frequência e na manutenção corretiva os custos associados à paragem de produção e ao refugo são mais elevados, se o custo de substituição de peças reparadas diminuir, origina a descida dos custos da manutenção preventiva no período de um ano.

Os custos da manutenção preventiva ainda continuam elevados quando comparados com a manutenção corretiva, mas como é preferível utilizar manutenção preventiva, por ser uma manutenção mais segura e fácil de controlar porque não é necessário ter um elevado *stock* de peças e também pelo facto da manutenção corretiva provocar paragens de produção que podem originar atrasos nas entregas de encomendas aos clientes. O objetivo é efetuar manutenção preventiva, pelo facto, se for corretamente controlada as reparações são realizadas quando as ferramentas não estão em produção. Assim sendo, é necessário encontrar o intervalo ideal de manutenção preventiva para que provoque o mínimo de custos possíveis. Para tal, foram calculados os custos, quando aplicadas diferentes percentagens de fiabilidade, contando sempre com os custos inerentes às paragens de produção e ao refugo, pois ao diminuir os valores de fiabilidade origina o aumento deste tipo de custos, pelo motivo de aumentar a percentagem de falhas que não é possível controlar com baixos valores percentuais de fiabilidade. Sendo assim, é favorável chegar a um valor de fiabilidade equilibrado para diminuir ao máximo os custos e as consequências das paragens de produção. No gráfico seguinte da figura 53, permite perceber os custos da manutenção preventiva para diferentes fiabilidades, quando comparado com os custos da manutenção corretiva. Como exemplo, está representada a análise do módulo da furação da ferramenta que produz placas exteriores de 11 velocidades.

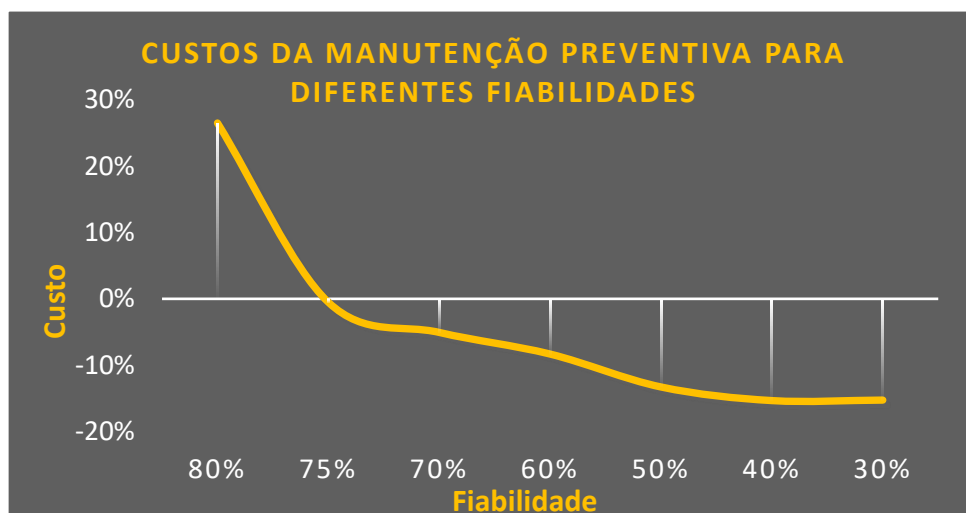


Figura 53. Análise de custo entre a manutenção corretiva e preventiva, para diferentes fiabilidades, do quarto módulo da ferramenta de fabrico as placas exteriores de 11 velocidades

Contudo, é possível verificar que, para este exemplo, a manutenção preventiva é rentável para uma fiabilidade inferior a 75%, valor onde o custo da manutenção preventiva é 1% inferior ao custo da manutenção corretiva. Então, para o intervalo em número de golpes correspondente a este valor de fiabilidade, é possível aplicar manutenção preventiva, reduzindo custos, mas é necessário ter a consciência que este valor não abrange 15% dos defeitos de furação esbeçada. Porém, pode-se concluir que neste módulo é vantajoso aplicar este tipo de manutenção para o defeito “Furação Esbeçada”.

6 GESTÃO DOCUMENTAL DE EQUIPAMENTOS

6.1 Introdução

Um importante suporte de toda a atividade de manutenção é constituído pela documentação técnica relativa aos equipamentos, sendo normal, todos os equipamentos possuem documentação técnica sobre si.

Para tal, a empresa propôs para este projeto a organização de todo o arquivo de documentação de equipamentos com o intuito de melhorar a rapidez das intervenções de manutenção. Ou seja, se o processo de procura dos dossiês de equipamentos for o mais rápido e eficaz possível, vai ajudar com que a manutenção do equipamento tenha uma menor duração. Assim sendo, o arquivo da documentação dos equipamentos precisa de estar organizado e possuir uma lista que ajuda a pesquisa dos documentos.

6.2 Organização do arquivo da documentação dos equipamentos

A organização da documentação técnica começou por retirar todos os documentos obsoletos existentes no arquivo e verificar todos os dossiês que ainda não estavam arquivados.

Posteriormente, efetuou-se a elaboração de uma lista, onde se inventariou todos os equipamentos afetos à atividade e que são intervencionados pelo serviço de manutenção. Assim, conheceu-se todos os equipamentos da empresa que tinham um dossiê associado.

Seguidamente, uniformizou-se o sistema de codificação da documentação técnica e a codificação dos equipamentos, pois anteriormente ao projeto, o sistema de codificação do arquivo e dos equipamentos era diferente. Esta diferença originava o processo de procura dos manuais técnicos dos equipamentos algo confuso, e para tal decidiu-se padronizar, ficando o número de equipamento como sistema de codificação da documentação técnica.

De seguida, normalizou-se todos os dossiês, transferindo tudo para capas, e em simultâneo, atualizou-se a capa de todos os dossiês, como é possível visualizar no exemplo da figura seguinte:

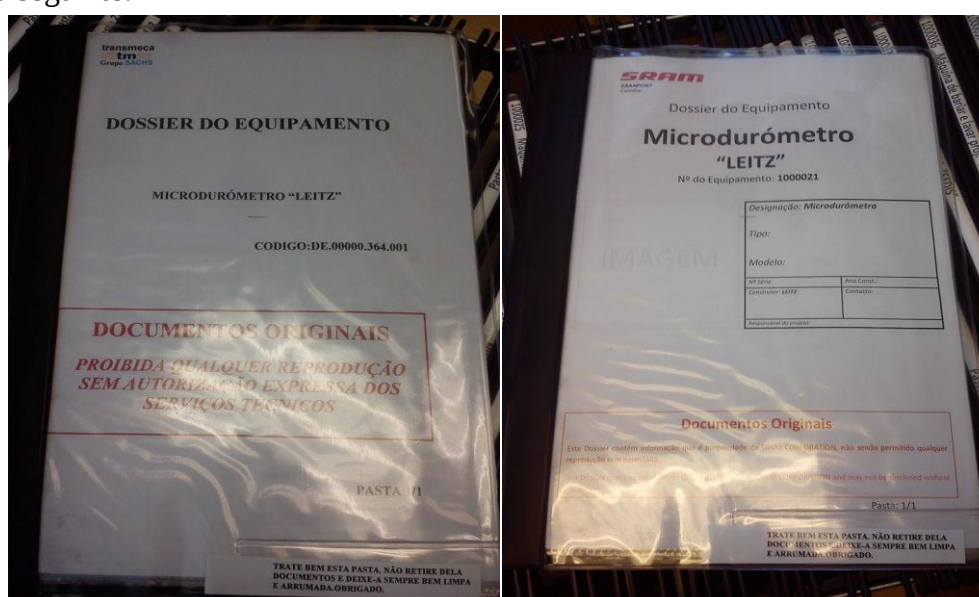


Figura 54. Capa antiga (esquerda) e nova (direita) do dossiê de equipamentos

Após toda esta melhoria de apresentação dos dossiês, foi tempo de melhorar o arquivo, que é constituído por gavetas e separadores, sendo cada separador correspondente a um equipamento. Para isso, procedeu-se ao aperfeiçoamento da identificação de todos os separadores e gavetas, para tornar o processo de fácil visualização. O arquivo está representado nas figuras 55 e 56, onde é possível observar a fase anterior e a fase posterior do projeto.



Figura 55. Arquivo na fase anterior ao projeto



Figura 56. Arquivo na fase posterior ao projeto

Depois de todo arquivo organizado, foi criada uma lista para facilitar a procura dos documentos técnicos, onde os equipamentos estão organizados por secções e técnicas ao qual pertencem, como é possível visualizar na figura 57.

SRAM**SRAMPORT**

Coimbra

SECÇÃO DA MANUTENÇÃO

DOSSIERS DE EQUIPAMENTOS

Grupos	Nº Equipamento	Equipamentos	Localização	Eq. Comum
Montagem				
Correntes				
	LDF/CBP/BIK			
	1000066	Máquina de cortar corrente "BIKE MACHINERY"	G4	
	1000067	Máquina de cortar corrente "BIKE MACHINERY"	G4	1000066
	1000096	Máquina de cortar e embalar corrente LDF	G7	
	1000097	Máquina de fechar em barquetes	G7	
	1000109	Máquina de cortar e embalar corrente LDF		1000096
	1000110	Máquina de fechar em barquetes "Strapex"		
	1000111	Mesa elevadora "STRAPFX"		

Figura 57. Excerto da lista de pesquisa dos dossiês de equipamentos

Esta lista está organizada de forma diferente do arquivo, pois neste, os documentos estão organizados por ordem crescente de número de equipamento. Para tal, para cada equipamento foi colocado na gaveta, no qual se encontra o seu dossiê de equipamento, representada com a letra "G", e se tem documentação associada, visto que alguns equipamentos, pela sua antiguidade, não possuem documentação. Também, como existem equipamentos iguais com um só documento técnico, na lista é possível, encontrar o separador do equipamento em que se encontra o documento comum a vários equipamentos.

Em paralelo com a organização do arquivo físico, foi organizado o arquivo digital para a documentação técnica atual, sendo apenas inseridos os documentos dos equipamentos, que já possuem este tipo de documentação digital.

Contudo, as diferentes formas de pesquisa criadas tiveram como objetivo reduzir o tempo de procura da documentação técnica dos equipamentos, visto que quando mais rápido for este processo, menor é o tempo técnico de reparação (TTR) exercido pela equipa de manutenção, e que por consequência, reduz o tempo de paragem dos equipamentos e melhora o processo de produção. Assim sendo, todo este processo de melhoria e de organização foi baseado na filosofia 5's, proveniente do sistema de melhoria contínua do conceito TPM, no qual já explicado no capítulo 2.

7 CONCLUSÃO

O trabalho realizado na empresa SRAMPort, incidiu sobre a manutenção de ferramentas progressivas de corte por estampagem, com o objetivo de otimizar o registo de todo o processo de manutenção para uma posterior análise detalhada das avarias das ferramentas. Esta análise permite realizar uma manutenção mais cuidada às ferramentas, visto que estas exigem uma elevada atenção e cuidado especial, devido ao seu elevado valor de aquisição e pelo facto de serem modelos únicos que não se encontram em mais nenhum local.

Deste modo, foi necessário analisar e compreender todo o processo de manutenção, para ser possível listar todas as ações inerentes a este processo. Para que este tipo de registo digital seja viável, é preciso que todos os intervenientes colaborem, tanto na introdução dos dados no SAP como na análise da informação recolhida de todas as avarias. Assim sendo, para garantir que os registos necessários fossem corretamente inseridos no programa, foram efetuadas várias ações de formação para esclarecer eventuais dúvidas, e desta forma obter resultados confiáveis para posterior análise.

Durante o estágio, não foi possível apresentar resultados quantificados provenientes do registo digital, visto que a implementação do SAP só se efetuou pouco tempo antes do término do estágio, e de acordo com o referido ao longo deste trabalho, a prevenção não é recompensada de imediato. Assim sendo, a parte do programa informático correspondente à gestão da manutenção preventiva não se encontra implementada mas os intervalos para a sua aplicação já se encontram previamente estabelecidos, conforme referido num dos capítulos anteriores. É expectável que todos os dados gerados pelo SAP relativos à manutenção corretiva sejam explorados de forma coerente e corretamente interpretados. Só assim num futuro próximo, permitirá a existência de uma manutenção preventiva que visa diminuir avarias, aumentar a disponibilidade dos equipamentos, e consequentemente melhorar a eficiência de toda a organização.

Em paralelo à otimização do processo de manutenção de ferramentas, realizou-se a gestão documental dos equipamentos, no qual foram obtidas várias melhorias ao nível da sua organização e do processo de procura desta documentação técnica, com vista a um melhoramento substancial do processo de manutenção de equipamentos e ferramentas.

7.1 Perspetivas de trabalhos futuros

Este projeto é relativamente recente na SRAMPort, e devido à sua elevada importância, é pretendido a sua continuidade, tendo por base a melhoria contínua de todo este processo.

Quanto ao registo de intervenção das manutenções corretivas, seria deveras proveitoso melhorar o processo de registo com o intuito de diminuir a duração de introdução dos dados no programa informático. Esta melhoria poderá diminuir todo o tempo do processo de manutenção de ferramentas, pois atualmente, tanto o operador como o serralheiro despendem muito tempo no registo das avarias.

Relativamente à manutenção preventiva, é necessário recolher mais dados das manutenções, para que sejam reajustados os planos realizados no decorrer do estágio, e assim proceder à correta realização da mesma. Também, com vista na manutenção preventiva preditiva, poderá ser proposto ao departamento da qualidade, métodos de medições

pormenorizadas das peças com o objetivo de analisar o estado das ferramentas e poder desta forma prever avarias.

Semelhante ao registo de intervenção da manutenção corretiva, é pretendido criar um módulo no SAP para a manutenção preventiva, onde seja possível introduzir os planos em intervalos de golpes para alertar o serralheiro quando é necessário exercer uma tarefa preventiva em cada módulo de todas as ferramentas.

Em relação à análise de custos, é de elevada importância dar continuidade a este estudo, visto que os custos representam uma das maiores barreiras da manutenção. Para tal, é pretendido efetuar esta análise para todos os problemas, de modo a minimizar o prejuízo efetuado pela prática da manutenção, pois durante o decorrer do estágio, só foram executados estudos dos problemas que causavam mais refugo, como referido anteriormente.

Contudo, a empresa deve dar continuidade à aposta centrada na formação dos trabalhadores para criar uma verdadeira cultura de mudança e melhoria aos mais diversos níveis, pois são estes colaboradores que estão, no seu dia-a-dia, em contato direto com os problemas e com as dificuldades existentes. Esta formação deverá focar-se em técnicas de melhoria continua através da aplicação da metodologia 5's e técnicas SMED.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ascensão, J. P. S. e S. (2011). *Módulo de Apoio à Gestão da Manutenção de Ferramentas de Estampagem na Inapal Metal SA*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/63291/1/000149657.pdf>.
- Azevedo, A. (2016). *8D - Técnicas de resolução de problemas*. Iberogestão - Gestão Integrada E Tecnologia, Lda.
- Azevedo, A., Alves, J., Pimenta, E., & Pereira, P. (2003). *Fichas Técnicas de Ferramentas da Qualidade*. Iberogestão-Gestão Integrada e Tecnológica, Lda.
- Brito, M. (2003). *Manutenção - Manual Pedagógico do Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias*. Associação Empresarial de Portugal. ISBN 972-8702-12-4.
- Cabral, J. P. S. (2013). *Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios (3ª Edição)*. Lidel. ISBN 978-972-757-970-9.
- Didelet, F., & Viegas, J. C. (2003). *Manutenção*. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal. Disponível em http://ltodi.est.ips.pt/jviegas/_private/folhas_manut_novas.pdf.
- Farinha, J. M. T. (2011). *Manutenção - A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão (1ª Edição)*. Monitor - Projectos e Edições, Lda. ISBN 978-972-9413-82-7.
- Forum, I. (2016). *Total Productive Maintenance*. Industry Forum - Business Excellence Through Inspired People. Disponível em <https://www.industryforum.co.uk/wp-content/uploads/sites/6/2011/05/Total-Productive-Maintenance-Overview-High-Res.pdf>.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). *Juran's Quality Control Handbook (5ª Edição)*. McGraw-Hill. ISBN 0-07-034003-X. Disponível em <https://doi.org/10.1108/09684879310045286>
- Kazimer, M. (2016). *First Ride: SRAM's 12-Speed Eagle Drivetrain*. Pinkbike. Disponível em <https://www.pinkbike.com/news/sram-eagle-12-speed-drivetrain-first-ride-2016.html>
- Lemos, B. J. A. de. (2010). *Análise RAMS na componente Manutenibilidade*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa.
- Malça, C. (2014). *Transmissões por correntes*. Documentação de Apoio à Unidade Curricular "Órgãos de Máquinas I" da Licenciatura em Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.
- Marcorin, W. R., & Lima, C. R. L. (2003). *Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos*. Revista de Ciência & Tecnologia. Disponível em <http://www.drb-assessoria.com.br/11Custodemantencao.pdf>.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance (2ª Edição)*. Industrial Press Inc. ISBN 0-8311-3078-4.
- NF X60-010 (1994). *Maintenance - Concepts et définition des activités de maintenance*. Association française de normalisation (AFNOR).
- NP EN 13306 (2007). *Terminologia da Manutenção*. Instituto Português da Qualidade (IPQ).
- Pinto, C. V. (2002). *Organização e Gestão da Manutenção*. Monitor. ISBN 972-9413-39-8.

- Ramalho, A. (2011). *Manutenção - Aplicação da fiabilidade à manutenção sistemática de equipamentos*. Documentação de Apoio à Unidade Curricular “Manutenção” do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Ramos, S. (2016). *Manual de Acolhimento*. SRAMPort - Transmissões Mecânicas, Lda.
- Scheibe, G. M. (2011). *Gestão da Manutenção de uma unidade de estampagem de componentes para a indústria automóvel na Inapal Metal S. A., empresa cliente da Iberogestão Lda*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61477/1/000149079.pdf>.
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Plant engineering. ISBN 0-7506-7779-1. Disponível em https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=mTUaMKA-zj4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Lean+maintenance:+reduce+costs,+improve+quality,+and+increase+market+share&ots=yqrsPpysDL&sig=upGYbRQrMKOvXQE-CulxfdasTXo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.
- Sousa, J. P. R. de. (2011). *Organização do Sistema de Manutenção em Empresa de Lavandaria Industrial*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Disponível em <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/21771/1/Organiza%C3%A7%C3%A3o%20do%20Sistema%20de%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20em%20Empresa%20de%20Lavandaria%20Industrial.pdf>.
- Turman, B. (2016). *First Look, First Ride: SRAM Eagle 1x12 Drivetrain | The Front Derailleur Killer*. VitalMTB. Disponível em <http://www.vitalmtb.com/features/First-Look-First-Ride-SRAM-Eagle-1x12-Drivetrain-The-Front-Derailleur-Killer,1335>.
- Willmott, P., & McCarthy, D. (2000). *TPM - A Route to World Class Performace (2ª Edição)*. Newnes. ISBN 978-0750644471.

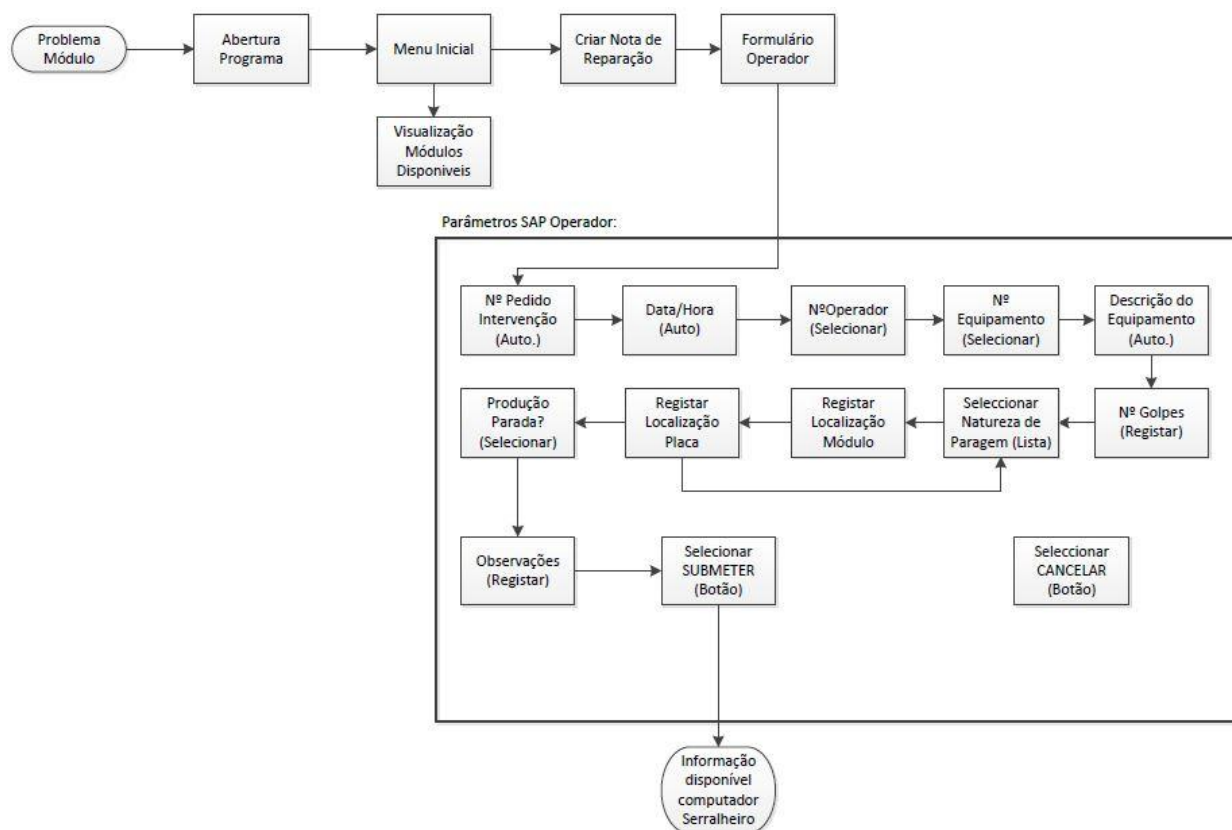
9 ANEXOS

Anexo I – Folha de seguimento da ferramenta em fabrico

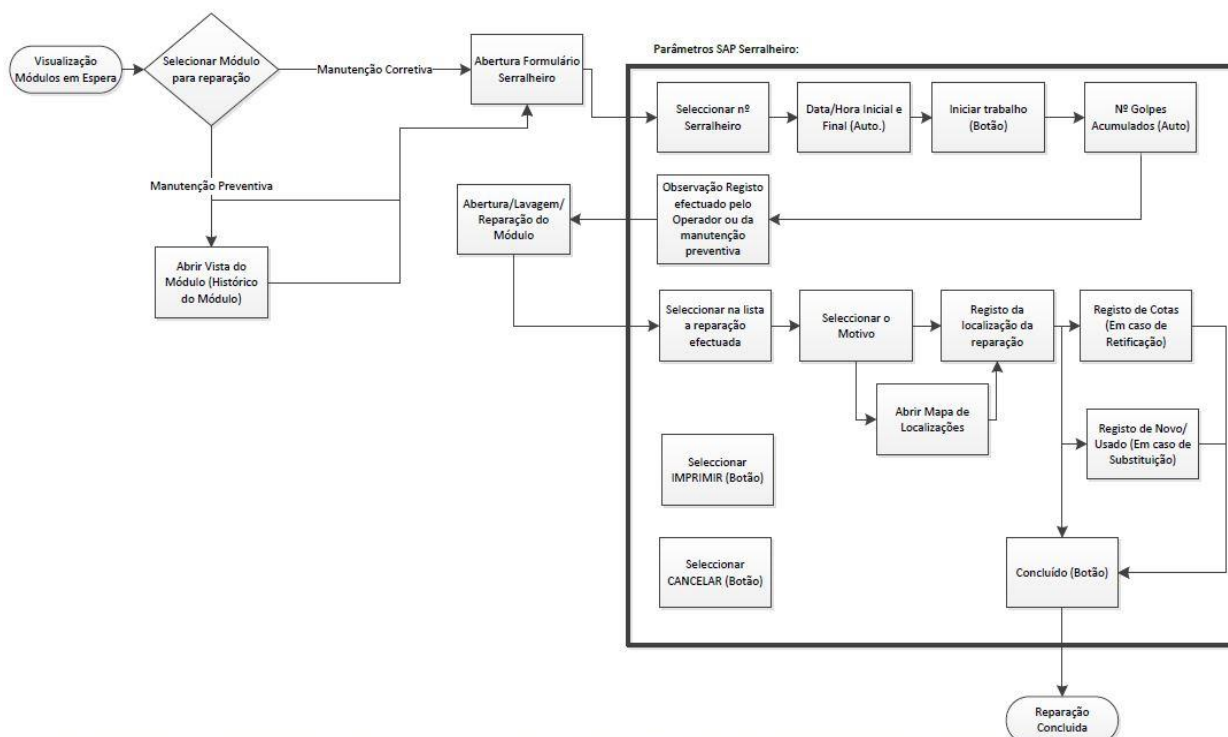
SRAM		SEGUIMENTO DE FERRAMENTAS DE FABRICO		PORTUGAL	
FOLHA DE SEGUIMENTO DA FERRAMENTA DE FABRICO				Técnica de fabrico: Ferramenta N°: Folha N°: Módulo N°:	
P	Data de entrada				
R	Data de saída				
O	Número de golpes executado				
D	Codigo da NATUREZA da paragem				
U	Observações:				
A					
O	Número de golpes da manutenção anterior				
	Codigo da CAUSA da paragem				
M	01				
O	02				
N	03				
T	04				
A	05				
G	06				
E	07				
M	08				
	09				
	10				
D	11				
A	12				
	13				
	14				
	15				
F	16				
E	17				
R	18				
R	19				
A	20				
M	21				
E	22				
N	23				
T	24				
A	25				
	26				
	27				
INTERVENÇÃO:					
Cod. Operação / Cod. Peça					
Tempo de trabalho					
Data e hora de entrega da ferramenta			—/—/— h min	—/—/— h min	—/—/— h min
Secção de Manutenção		rubrica			
SERVIÇOS DE PRODUÇÃO		aceitação			
Imp.84.0					P-7.5.P.B. Pág. 1/1

Anexo II – Fluxogramas do programa

- Fluxograma do processo de registo de uma avaria por parte do Operador:



- Fluxograma do processo de registo de uma manutenção por parte do Serralheiro:



Anexo III – Modo Operatório do Sistema Informático de Manutenção de Ferramentas

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

Last Save 5/25/2016 6:30:00 PM

PM for progressive tooling

Contents

1	Introduction:	2
2	Master data	2
2.1	Changes on the equipment	2
2.2	Create measuring Points	3
3	Execution	4
3.1	Create Note – IW21	5
3.2	Entering a Counting Document without Notification	9
3.3	Create an Order from the Note (IW28)	12
3.4	Confirm Order/Close Note – IW41	16
3.5	Close PM order IW32	17
4	Reporting	18
4.1	Open Notes -IW29	18
4.2	Open PM orders – IW39	20
4.3	Measuring Documents – IK17	20
4.4	Lists by Defect and causes – IW69	22
4.5	Lists by activity – IW65	23
4.6	Other Reports	24

May 25, 2016 [SAP PM for progressive tooling]

1 Introduction:

This project is intend to manage corrective maintenance for progressive tooling used during production of components.

We specific works on tooling used on Presses

2 Master data

The following master data needs to be adjusted to fulfill the requirements

2.1 Changes on the equipment

- Object type to 9020
- Planner group to M04
- Main work Center SER/0341

General	Location	Organization	Structure
General data			
Class			
Object type	9020	Tooling	
AuthorizGroup			
Weight		Size/dimension	
Inventory no.		Start-up date	
Responsibilities			
Planning plant	0341	SRAMPOR	
Planner group	M04	M: PORT SER	239499063
Main WorkCtr	SER	/ 0341	Centro de Trabalho do Grupo Serralheiros
Catalog profile			

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

2.2 Create measuring Points

Before being able to record production counters on each equipment a measuring point needs to be created with IK01 or changed with IK02

Use the Following information when creating the measuring point: Description; characteristic; Flag
Measuring Point is a counter

Create Measuring Point: General Data

Additional Data... Last Measurement Document...

Measuring point: 2 Cat. M MeasPoint (general)

MeasPosition:

Description: Numero de Golpes

Equipment: 1000332

Description: Mód.3 - 2\2 -500 - PC-951-971-991

General data

Characteristic: GOLPESTOTAIS Golpes Totais

CharactUnit: UN unidade PT ☒ MeasPoint is counter

Decimal places: FloatPointExp. ☐

Code group: ☐ ValCode sufficient

Assembly:

AuthorizGroup:

MeasReadTransf. ☐ Supported Transfer of:

Target value

Target value: + UN

Text:

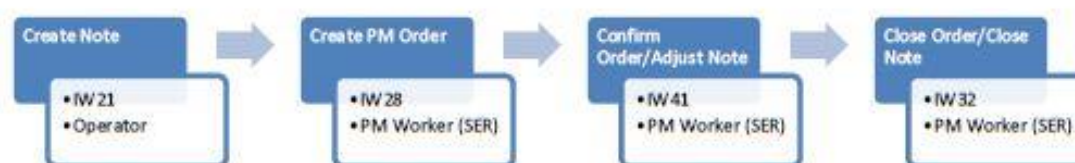
May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

3 Execution

The process will follow 4 steps from note creation until closure as follow.

We will not consider Costing, external operation or components in this phase



May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

3.1 Create Note – IW21

Create note type MP with IW21 or change with IW22

Notification type	MP
Notification	

Tab “Pedido de Intervenção”

Create PM Notification: Maintenance Req-Pt

Notification: 1000000000001 1

Notific. Status: OSNO

Order: 2

Tab: Pedido de Intervenção | Malfunction, breakdown | Definição da Falha | Log de Reparações

Reference object:

Functional loc.: 0341/GRT/DEP DPE

Equipment: 1000332 2 Mod.3 - 2x2 - 500 - PC-051-971-001

Assembly:

Subject:

Description: 5

Responsibilities:

Planner group: 104 / 0341 3 PORT SER

Main WorkCtr: SER / 0341 Centro de Trabalho do Grupo Serralheiros

Reported by: 4 Notif.date: 25.05.2016 09:51:47

Start/End Dates:

Required Start: 25.05.2016 09:51:47 Priority: 5

Required End: 00:00:00 Breakdown: ☐

In the note enter the following elements

- Description (1) – brief description of the Problem will help during note selection
- Equipment needing maintenance (2)
- Text describing the issue (5)
- Responsibilities (3) will be filled automatically based on the equipment
- Report by (4) Name of the person reporting the issue (first letter of the first name + last name)

May 25, 2016 [SAP PM for progressive tooling]

Fill also Tab "Definição da Falha"

- Enter Defect type from catalog (10)
- Cause will be filled during the repair by the PM operator (SER) (11)

Press button (12) for details on the Defect Type

- Enter Location on the Product (20)
- Enter Location on the equipment (21)

You must enter counting

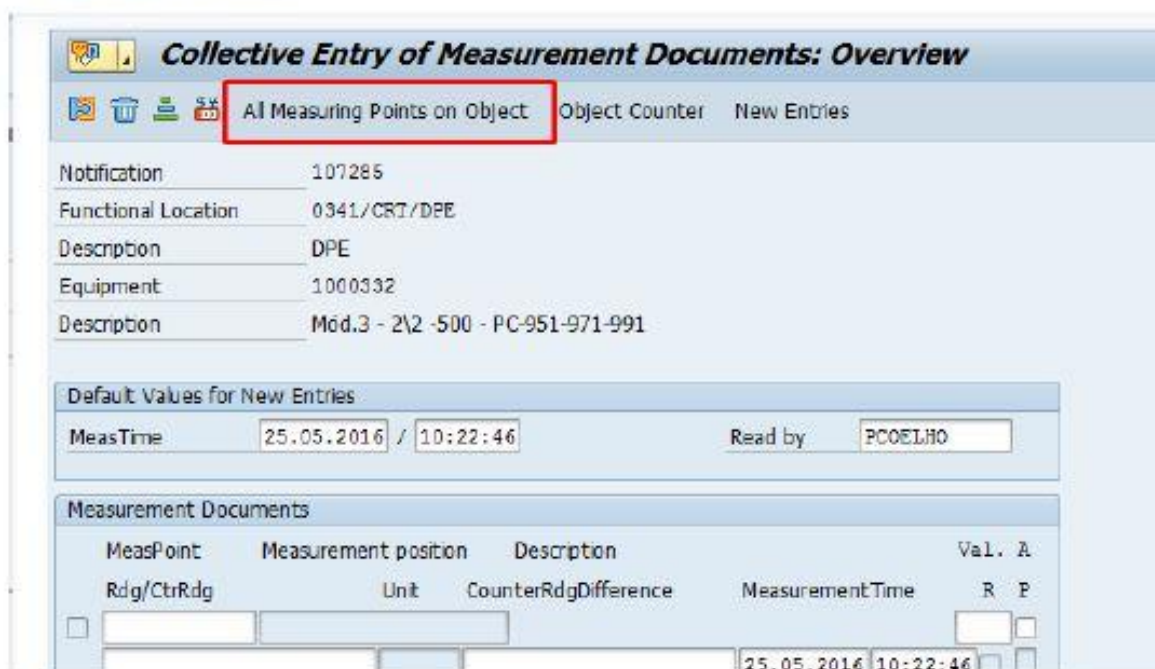
May 25, 2016 [SAP PM for progressive tooling]

For Tooling enter the number of GOLPESTOTAIS produced after the last count

Goto menu Extras-> MeasDocuments



You get the generic screen



Press "ALL Measuring Points on Object" to see the required measuring for the specific object

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

You can choose to enter the total counting on field (30) or just the difference since the last count (31)

Collective Entry of Measurement Documents: Overview

All Measuring Points on Object Object Counter New Entries

Notification: 107285
 Functional Location: 0341/CRT/DPE
 Description: DPE
 Equipment: 1000332
 Description: Mód.3 - 2\2 -500 - PC-951-971-991

Default Values for New Entries

MeasTime: 25.05.2016 / 10:22:46 Read by: PCOELHO

Measurement Documents

MeasPoint	Measurement position	Description	Val. A
Rdg/CtrRdg	Unit	CounterRdgDifference	MeasurementTime
			R P
☐ 2		Numero de Golpes()	☐
☐ +	UN	+	25.05.2016 10:22:46 ☐

(30) is indicated above the CounterRdgDifference field.
 (31) is indicated above the MeasurementTime field.

Save the Note

☒ Notification 107285 saved

May 25, 2016 [SAP PM for progressive tooling]

3.2 Entering a Counting Document without Notification –IK22

A counting document can be entered any time using transaction IK22 or IK11

With IK22 use the equipment as reference in IK11 you need to find the measuring point based on equipment

3.2.1 Using IK22

You get the generic screen

Collective Entry of Measurement Documents: Overview

Notification: 107285
 Functional Location: 0341/CRT/DPE
 Description: DPE
 Equipment: 1000332
 Description: Mod.3 - 2\2 -500 - PC-951-971-991

Default Values for New Entries
 MeasTime: 25.05.2016 / 10:22:46 Read by: PCOELHO

MeasPoint	Measurement position	Description	Val. A	R	P
Rdg/CtrRdg	Unit	CounterRdgDifference	MeasurementTime		
			25.05.2016 10:22:46		

Press "ALL Measuring Points on Object" to see the required measuring for the specific object

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

You can choose to enter the total counting on field (30) or just the difference since the last count (31)

Collective Entry of Measurement Documents: Overview

All Measuring Points on Object
 Object Counter
 New Entries

Notification: 107285
 Functional Location: 0341/CRT/DPE
 Description: DPE
 Equipment: 1000332
 Description: Mód.3 - 2\2 -500 - PC-951-971-991

Default Values for New Entries

MeasTime: 25.05.2016 / 10:22:46
 Read by: PCOELHO

Measurement Documents

MeasPoint	Measurement position	Description	Val. A
Rdg/CtrRdg	Unit	CounterRdgDifference	MeasurementTime
2		Numero de Golpes()	
+	UN	+	25.05.2016 10:22:46

3.2.2 Using IK11

Find the measuring point from the equipment

Measuring point: 2

Default values

MeasTime: 25.05.2016 / 10:22:46
 Read by: PCOELHO

Restrict Value Range

Equipment: 1000332
 Description: Mód.3 - 2\2 -500 - PC-951-971-991
 MeasPosition:

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

Enter the Counter or difference

 **Create Measurement Document: General Data**

  MeasDocuments Previous Measurement Document... Last Measurement Document...

MeasDocument

Measuring point Cat. MeasPoint (general)

MeasPosition Numero de Golpes()

Equipment

Description

Document data

MeasurementTime / ☐ Documtd after task

Characteristic Golpes Totais

CharactUnit unidade PT

Counter reading

Difference

TotalCtrReading

Valuation code

Text  ☐ Long text

Additional information

Read by

ProcessStatus ☐

SAPTeam/PCoelho

May 25, 2016

11

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

3.3 Create an Order from the Note (IW28)

Run IW28 with notification Type MP Planning Plant 0341 and planner group M04, by default the date is set 3 month back if necessary run it with no date once in a while to make sure we don't forget old Notes

Notification status			
☒ Outstanding	☐ Postponed	☒ In process	☐ Completed
Sel. profile		Add. X	
Notification selection			
Notification		to	Add.
Notification type	MP	to	Add.
Functional Location		to	Add.
Equipment		to	Add.
Material		to	Add.
Serial Number		to	Add.
Addit. device data		to	Add.
Order		to	Add.
Notification date	20.02.2016	to	20.05.2016
Partners		Cls.	
General Data/Administrative Data			
Description		to	Add.
Created by		to	Add.
Created on		to	Add.
Notification Time	00:00:00	to	00:00:00 Add.
Reference date		to	Add.
Coding		to	Add.
Coding Code		to	Add.
Priority		to	Add.
Reported by		to	Add.
Changed by		to	Add.
Changed on		to	Add.
Status included		to	Add.
Status Excluded		to	Add.
Main work center	SEB	to	Add.
Plant for WorkCenter		to	Add.
Planning plant		to	Add.
Planner group	M04	to	Add.
TechInspection by		to	Add.

Planner Group can be set automatically using IHG=M04 Planner plant IWK=0341 in the user parameters

The result is a list with open notes to be processed, some already have orders for others we still need to create them.

May 25, 2016

12

SAPTeam/PCoelho

May 25, 2016 [SAP PM for progressive tooling]

Orders can be created or changed from the initial screen using the buttons above



Change Notifications: List of Notifications

	Notification	Planned Date	Equipment	Description	Order	Functional Location	Maint. Start	Created by	Changed by	Maint. Sort	Maint. End
2	187285	29.04.2016	38900000	pun. estrela. part.	921183		29.04.2016	LOPES	LOPES	15:47:03	08:00:00
	187281	27.04.2016	38900000					PCOELHO		00:06:00	08:00:00
	187284	20.05.2016	1890332			0341/CRT/DPE		PCOELHO		00:06:00	08:00:00
	187285	20.05.2016	1890332			0341/CRT/DPE	20.05.2016	PCOELHO	PCOELHO	09:53:48	08:00:00
2	187280	27.04.2016	38900000	Módulo Painel	921181		27.04.2016	PCOELHO	PCOELHO	16:46:41	08:00:00

The recommendation is to go inside of the note (double click on the note number), review it, and only then create the order

Change PM Notification: Maintenance Req-Pt

Notification: 107285 MP Exemple of a note for training

Notific. Status: OSNO

Order: [Empty Field]

Create order, all elements will come by default ,

Order type MPT1

Main WorkCenter SER/0341

press accept

Create Order

Order Type: MPT1

Planning plant: 0341

Business Area: [Empty]

Main work center: SER / 0341 Centro de Trabalho do Grupo Serralheiros

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

Review the order, release and save

Create Maintenance order SRAMPOR -Corrective : Central Header

Order: MPT1 900000000001 Example of a note for training

Sys. Status: CRID MANC

HeaderData Operations Components Costs Objects Additional Data Location Planning Control

Person responsible

PlannerGrp: M04 / 0341 M: PORT SER

Mn.wk.ctr: SER / 0341 Centro de Trabalh..

Notifctn: 107285

Costs: EOR

PMActType:

SystCond.:

Dates

Bsc start: 25.05.2016

Basic fin.: 25.05.2016

Priority:

Revision:

Reference object

Func. Loc.: 0341/CRT/DPE

DPE

Equipment: 1000332

Mód.3 - 2\2 -500 - PC-951-971-991

Assembly:

First operation

Operation: Example of a note for training

WkCtr/Pint: SER / 0341

Ctrl key: PT01

Acty Type: MMT01

Work durtn: MIN

Number:

Oprtn dur.: MIN

Person. no:

Confirmation that order and note was saved

☒ Order 921184 saved with notification 107285

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

If necessary you can print an order form

SRAM

Número: 107285

Tipo Doc.: MP

Data: 25.05.2016

Por: PCOELHO

Prioridade: MP

Ordem de Manutenção: 921184

Operações:

SER PT01 Exemple of a note for training

Equipamento: 1000332 Mod.3 - ZLZ -500 - PC-951-971-991

Centro de Custo: 49-10505 Localização : 0341/CRT/DPE

Dossier:

Descrição: Exemple of a note for training

Detalhe:

Fecho:

Data fim: Hora:

Tempos de Intervenção:

Funcionário	Hinício	Hfim	Duração	Data
-------------	---------	------	---------	------

When returning to the initial screen will be updated with order number

ID	1	MR.	Alt.	1	P	Notification	Notification	Equipment	Description	Order	Functional Location	Plaf. start	Created by	Changed by	Plaf. start	Plaf. end
		SER		1	2	107283	25.04.2016	33330000	gun. stella part.	921183		20.04.2016	J.LOPES	J.LOPES	15:47:03	00:00:00
						107281	27.04.2016	33330000					PCOELHO		00:00:00	00:00:00
						107284	20.05.2016	1000332			0341/CRT/DPE		PCOELHO		00:00:00	00:00:00
						107285	25.05.2016	1000332	Exemple of a note for training	921184	0341/CRT/DPE	25.05.2016	PCOELHO	PCOELHO	09:53:48	00:00:00
					2	107289	27.04.2016	33330000	Module Portfolio	921181		27.04.2016	PCOELHO	PCOELHO	16:46:41	00:00:00

SAPTeam/PCoelho

May 25, 2016

15

May 25, 2016 [SAP PM for progressive tooling]

3.4 Confirm Order/Close Note – IW41

When completed the PM order needs to be confirmed with IW41.

Enter order number

Enter PM Order Confirmation: Initial Screen

Parameters

Confirmation No. of Operation

Confirmation

Order

Order

Oper./Act.

Suboperation

Long-term order for

Functional loc.

Equipment

Go to the note and update the relevant information (See below Relevant information)

Enter actual work

Enter PM Order Confirmation: Actual Data

Goods Movements **Notification** Object List Measurement Documents

Order Example of a note for training

Oper./Act. Example of a note for training

System Status REL

Confirmation Data

Confirmation

Work Center Centro de Trabalho do Grupo Serraheiros

Personnel no.

Wage Type

Actual Work MIN Activity Type Posting date

☒ Final Confirmtn ☒ No Remain. Work Acctg Indicator

☐ Clear Open Res. Remaining Work MIN

Work Start Actual Duration MIN

Work Finish Forecast End

Reason

Confirm. text ☐ Long text exists

May 25, 2016

16

SAPTeam/PCoelho

May 25, 2016 [SAP PM for progressive tooling]

Save

☒ Number of confirmations saved for order 921184: 1

3.5 Close PM order IW32

Change Order: Initial Screen

Header data Operations Components Costs Additional data Planning Control

Order: 921184

Change Maintenance order SRAMPOR -Corrective 921184: Central Header

Complete (business)

Order: MPT1 921184 Example of a note for training

Sys.Status: REL CNF MMAT PRC SETC

When saving the popup to close the note will show up, enter the time when the repair was completed is necessary

Reference date: 25.05.2016
Reference time: 13:02:48

☒ Complete notfcns

Notification

Malfcn data Damage Notif. dates

Malf start: 25.05.2016 09:53:48 ☐ Breakdown

MalfEnd: 00:00:00 Breakdown dur.: H

☒ Order 921184 saved with notification 107295

May 25, 2016

17

SAPTeam/PCoelho

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

4 Reporting

4.1 Open Notes -IW29

Relevant fields:

Status: Planner group; work Center; plant

Notification status

☒ Outstanding ☐ Postponed ☒ In process ☐ Completed Sel.profil

Notification selection

Notification		to		Find
Notification type		to		Find
Functional Location		to		Find
Equipment		to		Find
Material		to		Find
Serial Number		to		Find
Addit. device data		to		Find
Order		to		Find
Notification date	25.02.2016	to	25.05.2016	
Partners				Cls. 2

Execute:

4.1.1 Search using classification (button 2)

To search by classification press button (2) and use the following values:

Find Objects in Classes

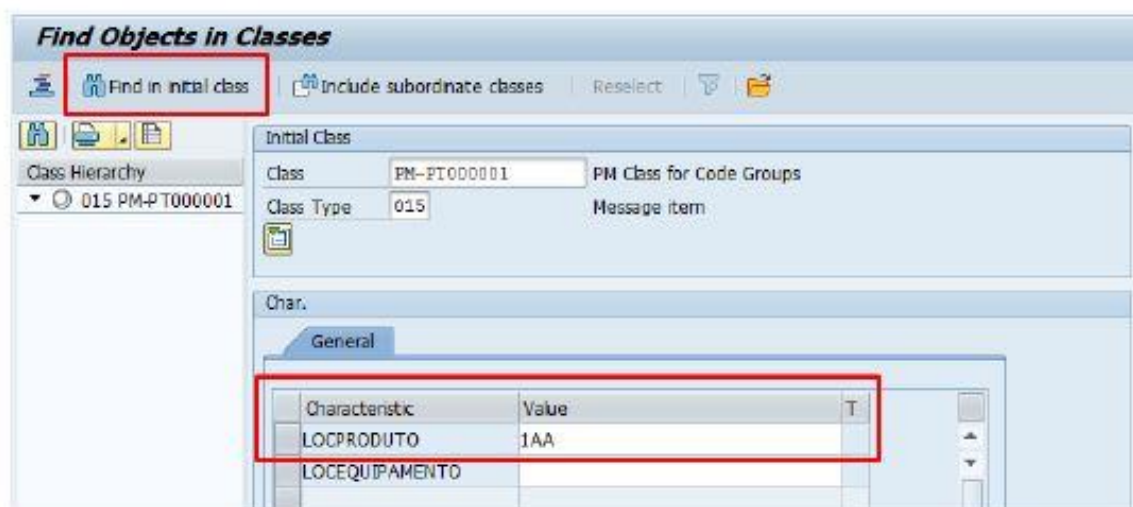
Initial Class

Class	PM-PT000001
Class Type	015

Enter Value for product location and /or equipment and press find initial class

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]



As result you see all notes relevant for the selection



May 25, 2016 [SAP PM for progressive tooling]

4.2 Open PM orders – IW39

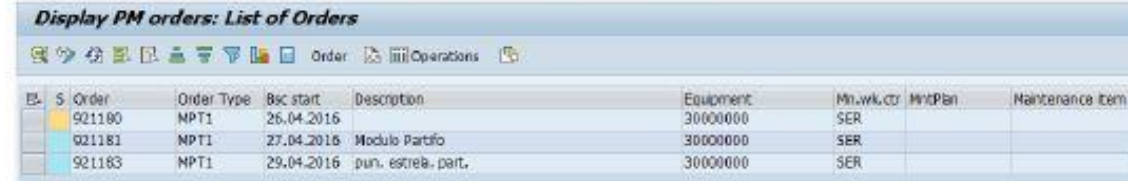
Relevant fields:

Status: Planner group; work Center; plant; order type

List of order types

- MPT1 Maintenance order SRAMPORT -Corrective
- MPT2 Maintenance order SRAMPORT -Preventive
- MPT3 Maintenance order SRAMPORT -Prev N1
- MPT4 Maintenance order SRAMPORT -Installation

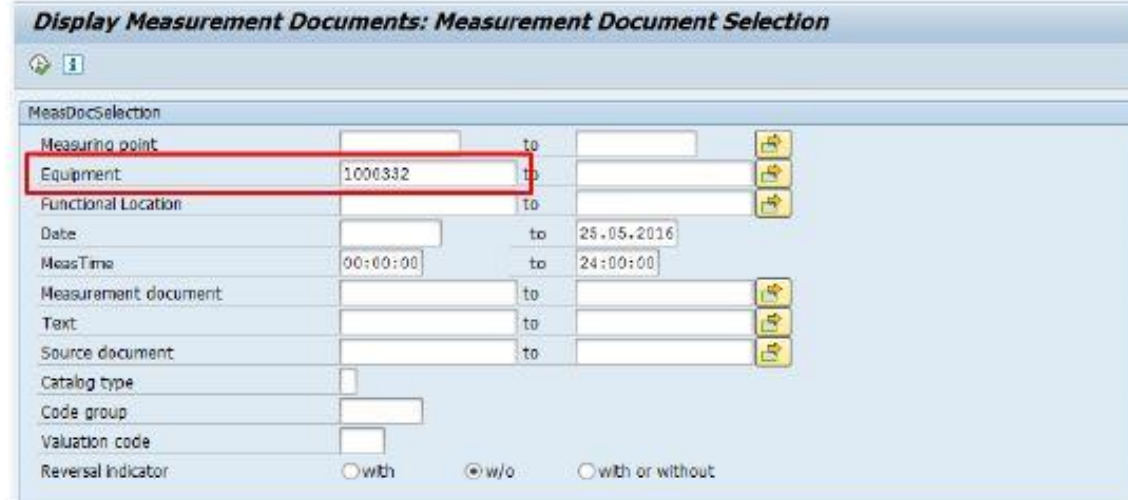
Display PM orders: List of Orders



Order	Order Type	Bsc start	Description	Equipment	Mn.wk.ctr	MntPlan	Maintenance Item
921180	MPT1	26.04.2016		30000000	SER		
921181	MPT1	27.04.2016	Modulo Partido	30000000	SER		
921183	MPT1	29.04.2016	pun. estreba, part.	30000000	SER		

4.3 Measuring Documents – IK17

Display Measurement Documents: Measurement Document Selection



MeasDocSelection

Measuring point: [] to []

Equipment: 1000332 to []

Functional Location: [] to []

Date: [] to 25.05.2016

MeasTime: 00:00:00 to 24:00:00

Measurement document: [] to []

Text: [] to []

Source document: [] to []

Catalog type: []

Code group: []

Valuation code: []

Reversal indicator: ☐ with ☒ w/o ☐ with or without

If more than one document exist then you will get a list otherwise you get immediately the counting document.

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

 **Display Measurement Document: General Data**

 MeasDocuments Previous Measurement Document... Last Measurement Document...

MeasDocument: 10
Notification: 107285
Measuring point: 2 Cat.: ☒ MeasPoint (general)
MeasPosition: Numero de Golpes()
Equipment: 1000332
Description: Mód.3 - 2\2 -500 - PC-951-971-991

Document data

MeasurementTime: 25.05.2016 / 10:22:46 ☐ Documentd after task
Characteristic: GOLPESTOTAIS Golpes Totais
CharactUnit: UN unidade PT
Counter reading: 500
Difference: 500
TotalCtrReading: 500
Validation code:
Text:  ☐ Long text

Additional information

Read by: PCOELHO
ProcessStatus: ☐

May 25, 2016 [SAP PM for progressive tooling]

4.4 Lists by Defect and causes – IW69

Display Notification Items: Selection of Notifications

Notification selection

Notification	
Notification type	
Functional Location	
Equipment	
Material	
Serial Number	
Addit. device data	
Order	
Notification date	25.02.2016
Partners	

Restrictions

Restrict Value Range (3) 2 Entries found

C Short text for the catalog Keyword

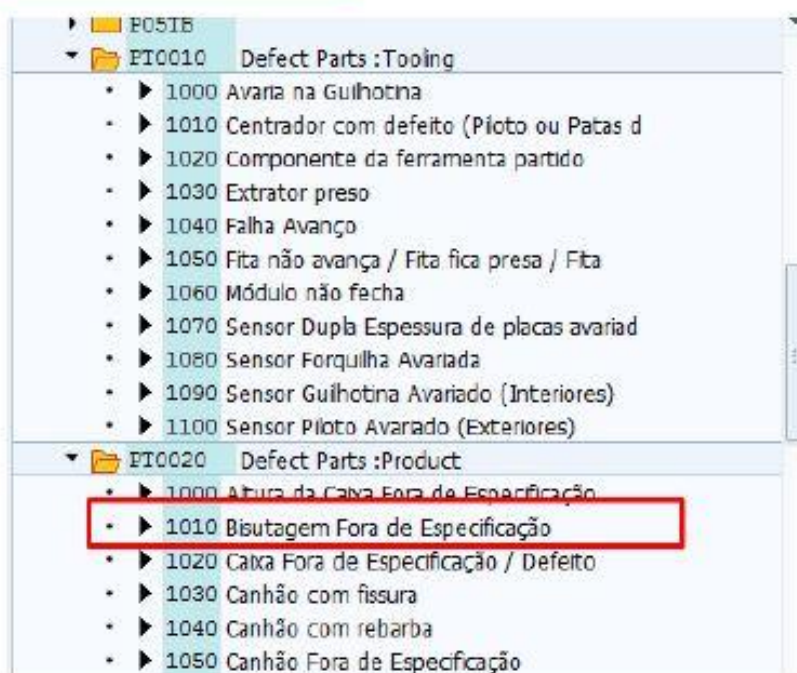
9 Defect types Defect type

C Overview of damage Damage

Item Data/Cause Data

Item text	
Problem	
Damage Code	
Object part	
Object part code	
Cause text	
Cause	
Cause code	

May 25, 2016 [SAP PM for progressive tooling]



Item Data/Cause Data

Item text		to		
Problem	PT0020	to		
Damage Code	1010	to		
Object part		to		
Object part code		to		
Cause text		to		
Cause		to		
Cause code		to		

The result of Notes that meet the conditions

Display Notification Items: List of Notifications

Notification

S	Notification	Item	Item text	CdGpProb	Dam.
	107284	1		PT0020	1010
	107285	1		PT0020	1010

4.5 Lists by activity – IW65

Pick Activity from the Catalog

May 25, 2016

[SAP PM for progressive tooling]

Activities

Activity text:		to		
Activity		to		
Activity code		to		
Start date		to		
Time	00:00:00	to	00:00:00	
End date		to		
Time	00:00:00	to	00:00:00	

4.6 Other Reports

MIC3

MIC8