



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Melhoria dos Procedimentos da Manutenção e Metalografia na TEandM

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Autor

Catarina de Sousa Pereira

Orientadores

Professor Doutor Cristóvão Silva

Júri

Presidente Professor Doutor José Luís Ferreira Afonso
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor Cristóvão Silva
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Professor Doutor Fernando Jorge Ventura Antunes
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A

Coimbra, Julho, 2013

Agradecimentos

A realização desta dissertação só foi possível com o apoio de algumas pessoas, por esse motivo quero deixar aqui o meu agradecimento.

Ao Professor Cristóvão Silva, pela sua disponibilidade e orientação dada ao longo deste trabalho.

Ao Engenheiro Gonçalves, administrador da empresa TEandM, Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A., pela oportunidade de realizar o estágio curricular na empresa.

Ao Engenheiro Ricardo Ribeiro, meu orientador na empresa, pela sua disponibilidade, dedicação e transmissão de conhecimentos ao longo do estágio.

A todos os colaboradores da empresa pela ajuda e vontade de ensinar demonstrada.

À minha família e aos meus amigos pelo contributo e confiança depositada em mim ao longo deste caminho, sem o seu apoio não teria conseguido chegar até aqui.

Resumo

O objetivo deste trabalho é a melhoria dos procedimentos de manutenção e metalografia na empresa TEandM (Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A).

A melhoria na área da manutenção tem como objetivo realizar a integração de um *software* de gestão da manutenção, com o fim de alargar a vida útil dos equipamentos, diminuir perdas de produção, paragem longas dos equipamentos e custos associados à manutenção. Para alcançar o objetivo o planeamento das intervenções de manutenção foi revisto, o histórico dos equipamentos foi transferido para o *software* e os procedimentos de registo alterados.

Em paralelo à manutenção foram otimizados os procedimentos para preparação e análise de provetes com o intuito de reduzir o tempo de operação, análise e interpretação, e os custos dos consumíveis.

Palavras-chave: Manutenção, Informática na Manutenção, Metalografia, Preparação de Amostras.

Abstract

The purpose of this paper is the improvement of the maintenance and metallography procedures at TEandM (Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A).

In order to improve in the maintenance area, a software of maintenance management is installed, with the goal of extending the life of the equipments, reduce production losses, long stops of the equipments and the costs associated with maintenance. To accomplish the objective, the planification of the maintenance interventions was revised, the history of the equipments transferred to the software and the record's procedures changed.

In parallel the procedures to prepare and analyze test pieces were optimized, with the purpose to reduce the time to operate, analyze and interpret the results, and the cost of consumables.

Keywords: Maintenance, Information Technologies in Maintenance, Metallography, Sample Preparation.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Siglas	xv
1. Introdução	1
1.1. Contextualização da Dissertação	1
1.2. Apresentação do Tema.....	2
1.3. Estrutura da Dissertação	3
2. Apresentação da Empresa.....	5
2.1. Processos Aplicados	6
2.2. Projeção Térmica	7
2.2.1. <i>Atmospheric Plasma Spraying</i>	9
2.2.2. <i>High Velocity Oxygen Fuel</i>	10
2.2.3. <i>Electric Arc Wire Spraying</i>	11
2.2.4. Procedimento de Trabalho na Empresa	11
2.3. <i>Physical Vapour Deposition</i>	13
2.3.1. Procedimento de Trabalho na Empresa	14
3. Manutenção Industrial	17
3.1. Evolução Histórica.....	17
3.2. Tipos de Manutenção	20
3.2.1. Manutenção Corretiva	20
3.2.2. Manutenção Preventiva	20
3.2.3. Manutenção de Melhoria	22
3.3. Subcontratação	23
3.4. Níveis de Manutenção	23
3.5. Graus de Urgência	24
3.6. Indicadores.....	24
3.6.1. MTBF	24
3.6.2. MTTR.....	25
3.6.3. MWT	25
3.6.4. Disponibilidade.....	26
3.7. Custos de Manutenção	26
3.7.1. Custos Diretos	26
3.7.2. Custos Indiretos	27
3.7.3. Custos Ciclo de Vida	27
3.8. Implementação da Manutenção	27
3.9. Informática na Manutenção	29
3.10. Integração do <i>Software</i> na Empresa	31
3.10.1. Organização dos Equipamentos.....	32
3.10.2. Planeamento da Manutenção	36
3.10.3. Carregamento do Histórico	36
3.10.4. Arranque do Sistema de Gestão.....	37

3.10.5. Evolução dos Indicadores	39
4. Metalografia.....	41
4.1. Corte.....	41
4.2. Montagem	42
4.3. Desbaste	43
4.4. Polimento	44
4.5. Ataque	45
4.6. Análise ao Microscópio	45
4.7. Aplicação	46
4.7.1. Processo Aplicado Anteriormente	47
4.7.2. Estudo	49
5. Outras Atividades Desenvolvidas.....	57
6. Conclusões.....	61
6.1. Trabalho Futuro	61
6.2. Apreciação Final	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXO A	65
ANEXO B	67
ANEXO C	69
ANEXO D	71
ANEXO E.....	73
ANEXO F.....	75
APÊNDICE A	77
APÊNDICE B.....	79
APÊNDICE C.....	81
APÊNDICE D	83
APÊNDICE E.....	85
APÊNDICE F.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Cronograma das atividades desenvolvidas.....	2
Figura 2.1. Várias técnicas de PT, (Adaptado de CTCV).	8
Figura 2.2. Esquema de tocha APS, (Adaptado Responsive Coating Technology).	10
Figura 2.3. Esquema de tocha HVOF, (Adaptado Responsive Coating Technology).	10
Figura 2.4. Esquema de tocha EAWS, (Adaptado Associated Plasmatron Private Limited).	11
Figura 2.5. Máquina PVD, (Ivancice).	14
Figura 3.1. Procedimento de manutenção, (Tecnologia e Engenharia de Materiais, 2012)	31
Figura 3.2. Procedimento de manutenção.	37
Figura 4.1. Microscópio ótico.	46
Figura 4.2. (a) Máquina de corte; (b) Sistema de recirculação.....	47
Figura 4.3. (a) Estufa; (b) Amostras no interior da estufa.	48
Figura 4.4. Polidora.	48
Figura 4.5. Amostra 1 ampliada 200X.	50
Figura 4.6. Amostra 2 ampliada 200X.	51
Figura 4.7. Amostra 3 ampliada 200X.	52
Figura 4.8. Amostra ampliada 200X.	53
Figura 4.9. Amostra ampliada 200X.	54
Figura 5.1. Resultado do ensaio numa haste.	60

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Comparação entre a Projeção Térmica e a Deposição Iónica, (Adaptado de Grainger, 1989).	7
Tabela 2.2. Comparação entre os três processos de PT, (Adaptado CTCV).....	9
Tabela 3.1. Evolução da Manutenção, (Adaptado Ramalho, 2012).	19
Tabela 3.2. Vantagens em aplicar um sistema informático.	30
Tabela 3.3. Listagem de equipamentos.	33
Tabela 3.4. Duração dos trabalhos.	40
Tabela 3.5. Perdas de produção.	40
Tabela 4.1. Parâmetros a selecionar na máquina de corte.	47
Tabela 4.2. Processo de desbaste e polimento.....	49
Tabela 4.3. Processo aplicado na amostra 1.	50
Tabela 4.4. Processo aplicado na amostra 2.	51
Tabela 4.5. Processo aplicado na amostra 3.	52
Tabela 4.6. Processo de desbaste e polimento.....	54
Tabela 4.7. Comparação de tempo de operação e custos dos consumíveis.....	56

SIGLAS

APS – *Atmospheric Plasma Spraying*

CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro

DAR – *Deutsche Akkreditierungs Rat*

DN – Diretor Nanotech

DPT – Diretor de Projeção Térmica

EAWS – *Electric Arc Wire Spraying*

ENAC – *Entidad Nacional de Acreditación*

EPI – Equipamento de Proteção Individual

GTM – Gestão da Manutenção

HVOF – *High Velocity Oxygen Fuel*

IDI – Investigação, Desenvolvimento e Inovação

LVOF – *Low Velocity Oxygen Fuel*

MTBF – Tempo Médio entre Avarias

MTTR – Tempo Médio de reparação

MWT – Tempo Médio de Esperas

OT – Ordem de Trabalho

PACVD – *Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition*

PT – Projeção Térmica

PVD – *Physical Vapour Deposition*

TAP – Transportes Aéreos de Portugal

TEandM – Tecnologia e Engenharia de Materiais

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização da Dissertação

O presente relatório pretende descrever o estágio realizado pela autora no âmbito da cadeira de dissertação inserida no plano curricular do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial.

O estágio foi realizado na empresa Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A., TEandM, localizada no Parque Industrial de Taveiro, Coimbra. A empresa efetua tratamentos nas superfícies de componentes, preparação, revestimentos através de projeção térmica e deposição iónica, e retificação.

A TEandM com a compra de um *software* de gestão de manutenção teve necessidade de fazer a sua integração. Essa integração implicou a revisão das tarefas de manutenção preventiva, a transferência do histórico de manutenção dos equipamentos e a definição de procedimentos para o registo e tratamento da informação a retirar do *software*. Estas tarefas constituíram a principal atividade desenvolvida durante o estágio. No entanto, ao longo do estágio houve necessidade de participar noutras tarefas.

Ao nível do controlo de qualidade dos revestimentos produzidos, foi necessário desenvolver técnicas de preparação e análise de provetes no sentido da redução de tempo de operação, análise e interpretação, e dos custos de consumíveis.

Na Figura 1.1. apresenta-se um cronograma da totalidade das tarefas desenvolvidas ao longo do estágio, que demonstra o tempo despendido nas atividades anteriormente mencionadas e outras que ao longo do estágio houve oportunidade de realizar.

Atividades	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
Manutenção	■							
Identificação de Aços		■						
Levantamento dos EPI'S		■						
Levantamento das Fichas de Segurança			■					
Metalografia			■					
Ensaio de Tensão/ Adesão			■					
Líquidos Penetrantes				■				
Aeronáutica				■	■			
Capacidade Produtiva Instalada						■		

Figura 1.1. Cronograma das atividades desenvolvidas.

O estágio foi enriquecedor não só pelas atividades desenvolvidas, mas também pelo funcionamento de equipamentos que puderam ser observados, como perfilometro, máquina tridimensional e durometro, e aprendizagem de algumas ferramentas do programa *Autodesk Inventor*. Durante o estágio foi possível realizar uma visita ao Departamento de Manutenção dos Motores da TAP Manutenção e Engenharia, Transportes Aéreos de Portugal, empresa cliente dos serviços da TEandM.

1.2. Apresentação do Tema

A importância da manutenção na indústria tem vindo a aumentar desde os anos 30. O objetivo da manutenção é assegurar o bom funcionamento dos equipamentos e das instalações. As ações de manutenção, sejam elas corretivas, preventivas ou de outro tipo, têm sempre em consideração o critério económico.

A manutenção contribui para menos paragens de produção, melhor segurança, maior proteção ambiental, melhor qualidade do produto, maior motivação dos operadores e para a preservação dos equipamentos.

Os sistemas informáticos para auxílio da gestão da manutenção têm tido uma grande adesão devido à elevada informação sobre manutenção que é gerada todos os dias numa empresa, e com a sua ajuda é mais fácil recolher, armazenar e por fim tratar os dados.

A avaliação através da metalografia tem como objetivo relacionar a estrutura intrínseca do material às suas propriedades físicas, ao processo de fabricação, ao desempenho das suas funções.

1.3. Estrutura da Dissertação

A dissertação estava dividida em seis Capítulos, sendo este o primeiro capítulo onde é feita uma descrição do que foi realizado durante o estágio.

No Capítulo seguinte é feita uma apresentação da empresa, explicando os processos aplicados nos componentes e todo o processo que estes sofrem desde que entram na fábrica até serem expedidos.

No terceiro Capítulo é realizada uma introdução teórica à manutenção industrial e são descritas as atividades realizadas na empresa para o melhoramento desta.

O quarto Capítulo tem uma introdução teórica à metalografia, ou seja, uma breve explicação das etapas necessárias para obter uma amostra nas condições ótimas para ser observada ao microscópio.

No Capítulo cinco é feita uma breve explicação das outras atividades realizadas na empresa.

Na conclusão, sexto Capítulo, é realizado o balanço do estágio e das atividades desenvolvidas, bem como tarefas a realizar num trabalho futuro.

2. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A TEandM, Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A., foi fundada em 2000, pelo CTCV, Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, e Durit – Metalurgia Portuguesa do Tungsténio, Lda. A empresa encontra-se instalada nos lotes 41 e 42 do Parque Industrial de Taveiro, Coimbra, tendo uma área coberta de cerca de 5000m², (Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A.).

A sua missão é assumir-se como uma empresa líder na disponibilização a todo o mercado global de aplicações de materiais avançados, de filmes espessos (PT, Projeção Térmica) e de filmes finos (PVD, *Physical Vapour Deposition*). Tem como visão ser uma empresa reconhecida internacionalmente pela capacidade de desenvolver soluções inovadoras recorrendo a aplicações de materiais avançados, tecnologias de revestimentos e de componentes de geometria complexa. Os seus valores passam por desenvolver soluções inovadoras para as empresas clientes com recurso a novos materiais e tecnologias de revestimentos e estabelecer acordos e parcerias com empresas/instituições nacionais e internacionais de investigação e desenvolvimento, (Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A., 2012).

A TEandM é certificada pela *Bureau Veritas Certification* nas normas de gestão da qualidade de acordo com a norma NP EN ISO 9001, sem exclusões, no âmbito "Preparação, revestimento e retificação de peças e componentes mecânicos". Pela *Bureau Veritas Certification UK* nas normas de aeronáutica de acordo com a norma BS EN ISO 9001, EN 9100 e AS 9100 Rev. B, sem exclusões, no âmbito "Preparação, revestimentos e retificação de peças e componentes mecânicos para aplicações aeronáuticas, médicas e outras indústrias". Mais recentemente certificou-se pela norma IDI, Investigação, Desenvolvimento e Inovação, NP 4457, no âmbito "Inovação e desenvolvimento de novos produtos, processos e soluções tecnológicas de revestimentos e componentes industriais, bem como inovação em organização e marketing". Estas normas também são reconhecidas em Espanha pela ENAC, *Entidad Nacional de Acreditación*, e na Alemanha pela DAR, *Deutscher Akkreditierungs Rat*, dois mercados onde a empresa se encontra a atuar atualmente.

2.1. Processos Aplicados

Os revestimentos realizados na TEandM têm como objetivo proporcionar melhores características às superfícies das peças ou componentes, de acordo com as solicitações às quais vão estar sujeitos, podendo ser peças novas ou usadas. As solicitações podem ser desgaste na forma de abrasão, erosão e atrito; corrosão e oxidação; isolamento ou condução elétrica; condução eletromagnética ou térmica; óticas; biocompatibilidade. Os revestimentos não vão só melhorar os componentes em relação as suas solicitações, como também aumentar o seu tempo de vida útil, o tempo entre manutenções, a produtividade e a qualidade do produto final.

Os métodos pelos quais a PT é aplicada na TEandM são através de APS, *Atmospheric Plasma Spraying*, HVOF, *High Velocity Oxygen Fuel*, e EAWS, *Electric Arc Wire Spraying*, e a Deposição Iónica por PVD, *Physical Vapour Deposition*. Tendo também capacidade para aplicar LVOF, *Low Velocity Oxygen Fuel*, por PT e PACVD, *Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition*, por Deposição Iónica, como não são aplicados diariamente não vão ser mencionados nesta dissertação.

Entre estes dois grupos existem diferenças, como pode ser constatado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Comparação entre a Projeção Térmica e a Deposição Iónica, (Adaptado de Grainger, 1989).

	Projeção Térmica	PVD
Espessura, mm	0,1-1,0	0,001-0,2
Geometria dos componentes	Acesso as superfícies internas controladas pelo tamanho da tocha	Variável
Tamanho dos componentes	Ilimitado	Limitado por causa do tamanho da câmara
Material do substrato	Quase ilimitado	Quase ilimitado
Temperatura do substrato, °C	200	30-1000
Pré-tratamento	Limpar e decapar	Bombardeamento iónico
Pós-tratamento	Nenhum	Nenhum/Alívio de tensões
Porosidade do revestimento, %	1-15	Nenhum a % pequenas
Resistência à tração, MPa	20-140	Alta
Ligação	Mecânica	Atómica, força de superfície
Controlo da espessura depositada	Muito bom	Bom
Distorção do substrato	Baixa	Baixa

2.2. Projeção Térmica

A PT, Projeção Térmica, é um grupo de processos nos quais os materiais são inseridos num ambiente de maior ou menor energia térmica e cinética de forma a serem fundidos ou semi-fundidos e acelerados até chocarem com um substrato anteriormente preparado de forma a criarem uma nova superfície, o revestimento. O revestimento é composto por camadas sucessivas de lamelas ancoradas mecanicamente. Esta técnica tem vários processos pelos quais pode ser aplicada, que se encontram ilustrados na Figura 2.1.

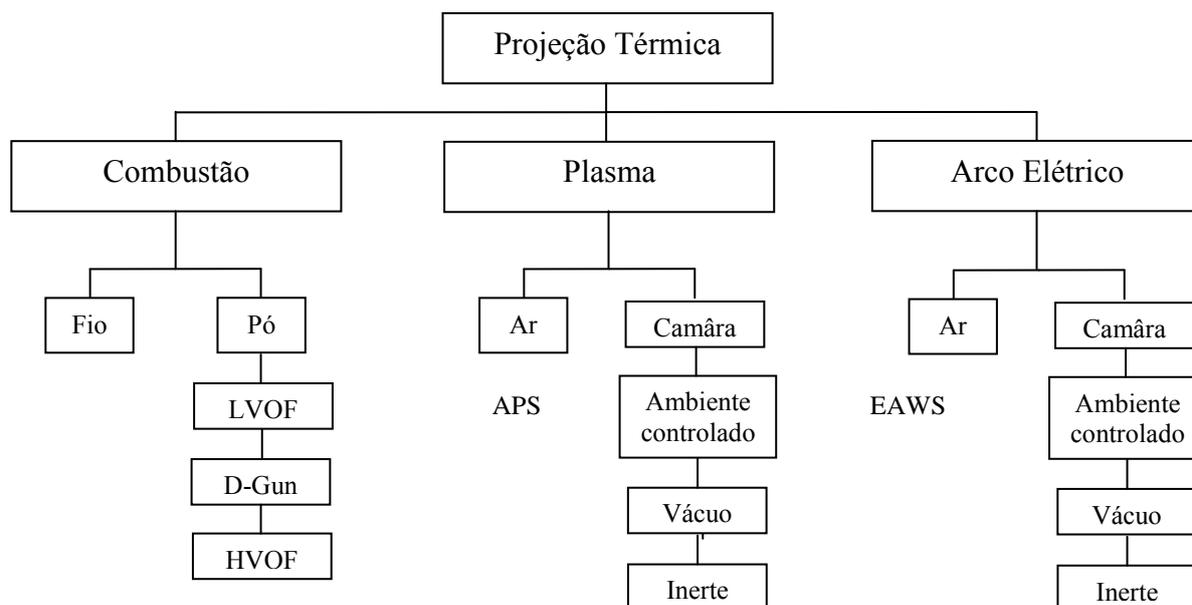


Figura 2.1. Várias técnicas de PT, (Adaptado de CTCV).

Os materiais que podem ser projetados recorrendo a estas técnicas são metais (níquel/cromo, *stellite*, cobre), cerâmicos (alumina, óxido de cromo) ou cermetos (carboneto de tungsténio/níquel, carboneto de cromo/níquel cromo), na forma de pó, arame ou vareta.

O mesmo material pode ter várias características (nível de porosidade, dureza, adesão) dependendo dos parâmetros de projeção e da tecnologia aplicada. Os parâmetros de projeção que podem ser alterados são: distância e ângulo de projeção, e taxa de deposição. Por exemplo, a distância influencia a rugosidade, densidade, coesão e a velocidade no momento do impacto na superfície do substrato. Dando especial atenção ao facto que se as distâncias forem grandes as partículas podem solidificar parcialmente mas se forem menores o material pode não ter tempo de se fundir.

Uma unidade de PT é composta por uma tocha, um armário de regulação e controlo de parâmetros, um alimentador de pó, uma central de gases e uma unidade de refrigeração da tocha.

A PT tem como vantagens a possibilidade de poder ser aplicada em quase todos os substratos e dimensões, de ter uma interação mínima com o substrato não alterando as suas características e de garantir a deposição de partículas com micro controlo de propriedades.

Na Tabela 2.2 é feita a comparação das três técnicas de PT aplicadas na TEandM.

Tabela 2.2. Comparação entre os três processos de PT, (Adaptado CTCV).

	APS	HVOF	EAWS
Revestimentos	Cerâmicos Cermetos Metálicos	Cermetos Metálicos	Cermetos Metálicos
Forma da matéria-prima	Pó	Pó	Arame
Caudal típico de matéria-prima, kg/h	2,5 a 3,5	2,5 a 3	10 a 20
Velocidade das partículas, m/s	200	300	100
Temperatura da fonte energética, °C	10000 a 20000	3000	5500
Tensões de adesão, MPa	20 a 50	>80	15 a 40
Porosidade, %	5 a 10	0,5 a 1	3
Espessura dos revestimentos, µm	200 a 1000	100 a 500	200 a 300

2.2.1. Atmospheric Plasma Spraying

A tecnologia APS, *Atmospheric Plasma Spraying*, consiste em introduzir a matéria-prima na forma de pó no seio de um jato de plasma, de forma acelerá-las e se possível fundi-las, antes de chocarem com o substrato onde formam um depósito com um estrutura lamelar. É fundamentalmente utilizada na projeção de materiais de alto ponto de fusão, como os cerâmicos e outros materiais refratários. O esquema de uma tocha APS pode ser visualizado na Figura 2.2. Os gases que normalmente se usam na tecnologia APS são Árgon, Hidrogénio, Azoto, Hélio ou uma mistura destes.

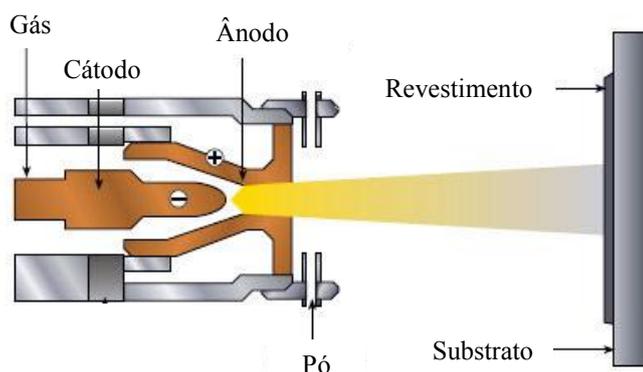


Figura 2.2. Esquema de tocha APS, (Adaptado Responsive Coating Technology).

O APS tem como vantagens a possibilidade de projetar materiais cerâmicos devido às altas temperaturas que se atinge na projeção e a boa adesão que proporciona do material ao substrato.

Esta tecnologia é aplicada em deposições refratárias, nos componentes dos motores dos aviões, componentes dos equipamentos da indústria têxtil e gráfica, sendo o CR_2O_3 um dos materiais aplicados.

2.2.2. High Velocity Oxygen Fuel

A tecnologia HVOF, *High Velocity Oxygen Fuel*, é utilizada na projeção de carbonetos, permitindo elevadas tensões de adesão com uma porosidade mínima.

O HVOF baseia-se num processo de combustão contínua de Oxigénio e outro gás combustível (Hidrogénio, Propano) que entram em combustão numa câmara a altas pressões gerando um jato de saída com alta velocidade, Figura 2.3. O bocal e a câmara de combustão têm que ser constantemente arrefecidos com água devido as temperaturas elevadas que a chama atinge. O pó a projetar que se encontra no alimentador de pó é injetado axialmente no jato através de um gás de transporte normalmente azoto.

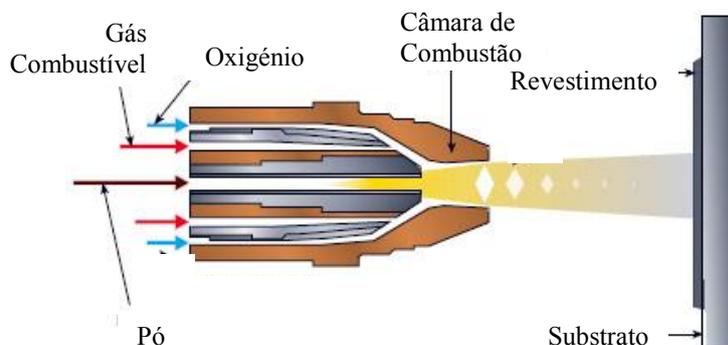


Figura 2.3. Esquema de tocha HVOF, (Adaptado Responsive Coating Technology).

Esta tecnologia é aplicada na indústria aeronáutica, aeroespacial e petroquímica, sendo o WC em matriz metálica, WC-Co, um dos materiais aplicados.

2.2.3. *Electric Arc Wire Spraying*

A técnica EAWS, *Electric Arc Wire Spraying*, é usada para projetar materiais de natureza metálica e compostos metálicos, tal como o nome indica a matéria-prima apresenta-se na forma de um arame condutor elétrico, diferenciando-se das outras técnicas em que a matéria-prima é em pó.

No EAWS, dois arames consumíveis, ligados a pólos elétricos de polaridades opostas, são introduzidos na tocha de forma que ao tocarem-se é estabelecido entre eles um arco elétrico, que funde o material do arame, no meio de um jato de ar, Figura 2.4. O ar flui ao longo da zona do arco elétrico e transporta o metal fundido sob a forma de partículas atomizadas e no estado de fusão, projetando-as contra o substrato.

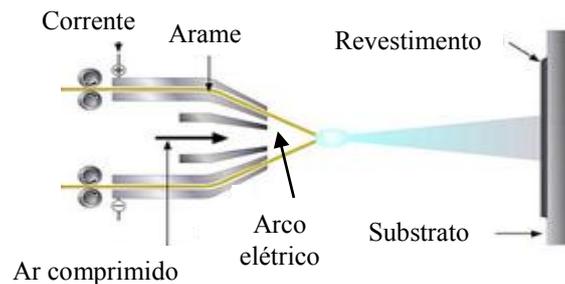


Figura 2.4. Esquema de tocha EAWS, (Adaptado Associated Plasmatron Private Limited).

Os arames utilizados podem ser arames metálicos fluxados com partículas, por exemplo cerâmicos (Al_2O_3 ou WC), que dão origem a um revestimento composto ou cermeto. Podem ser usados ao mesmo tempo arames diferentes.

O facto de ser possível usar dois arames diferentes na projeção é uma grande vantagem para este processo, tal como as altas taxas de projeção que são possíveis.

A tecnologia EAWS é a mais adequada para revestimentos de grandes componentes, como rolos para a siderurgia, sendo os revestimentos de AISI420 ou NiCrMo casos típicos de aplicação.

2.2.4. **Procedimento de Trabalho na Empresa**

Na receção de peças, estas começam por ser analisadas pelo Departamento de Assistência a Clientes e é emitida uma proposta para o trabalho solicitado.

Após o envio da proposta as peças são colocadas na estante da Assistência a Clientes identificadas enquanto aguardam aceitação do cliente.

Após receção da encomenda do cliente, o componente é entregue à produção com a respetiva proposta de intervenção e é elaborada a ordem de trabalho com a descrição das tarefas/ procedimentos a realizar.

Na ordem de trabalho consta informação de identificação do cliente, nome e quantidade dos componentes a intervencionar, condições de serviço, número de outras ordens de trabalho iguais para o mesmo componente, tipos de revestimentos e materiais a aplicar, dimensões a controlar e desenho ou fotografia dos componentes.

Durante o processo de intervenção são registadas informações, como lotes de matéria-prima aplicada, dimensões que vão sofrendo alterações (antes e após revestimento), tempos operacionais, aparelhos de controlo, datas e assinaturas dos técnicos que realizaram os trabalhos. Nas ordens de trabalho também são anotadas todas as informações úteis para futuras análises.

Normalmente, as etapas que as peças e componentes sofrem são: preparação das superfícies para receber o revestimento, decapagem, pré-aquecimento, revestimento e maquinação de acabamento.

A preparação da superfície passa primeiro pela abertura de caixa, retirar material do componente, que pode ser revestimento anteriormente aplicado ou no caso de nunca ter sido revestido material do substrato para posteriormente existir espaço para aplicar o revestimento. Este passo é realizado com auxílio de retificadoras ou tornos.

As peças antes de ser decapadas têm que ser isoladas de modo a que as zonas que não vão receber revestimento não sejam afetadas, logo este isolamento mantém-se durante o revestimento, só é retirado antes ou durante a maquinação. O isolamento é feito com fitas adesivas específicas para o efeito, massa de endurecimento rápido ou com chapas metálicas.

A decapagem é realizada com projeção de um abrasivo Al_2O_3 , *corindon*, tendo como função a remoção de óxidos da superfície e criar a rugosidade correta para promover uma boa adesão do revestimento. As decapadoras podem ser portáteis, manuais ou automáticas, a sua seleção depende do tamanho e geometria dos componentes.

Os componentes precisam de ter um pré aquecimento para compensar diferenças de coeficiente de dilatação térmica entre o substrato e o revestimento e evitar

fissuração no revestimento ou na interface. Este aquecimento pode ser realizado através da própria tocha de revestimento sem pó a fluir, se forem de combustão ou plasma, ou em estufas.

Após a decapagem o revestimento deve ser logo aplicado, tendo em consideração que no máximo a peça pode aguardar duas horas entre essas duas operações e sempre que possível em ambiente controlado isento de humidade.

Na TEandM existem duas cabines de projeção, na Cabine 1 são feitos revestimentos APS, HVOF, LVOF e EAWS, na Cabine 2 APS e EAWS.

No fim do revestimento das peças estas passam para a maquinação. Nesta etapa as superfícies revestidas são colocadas nas dimensões e no acabamento indicado para o seu funcionamento. A maquinação é realizada através da retificação, para materiais com uma dureza inferior a 50 HRC são usadas mós de WC, Al_2O_3 e SiC, para durezas superiores ou revestimentos de cermetos são usadas mós de Diamante e CBN.

Através da retificação é possível atingir graus de acabamento de $0,1\mu m$ de Ra, para conseguir acabamentos melhores é necessário realizar um polimento com pastas abrasivas de Al_2O_3 , SiC ou de Diamante, sendo possível alcançar graus de acabamento de $0,02$ a $0,1\mu m$ de Ra.

Por último as peças são colocadas na zona da expedição. Antes de serem embaladas é realizado um controlo não destrutivo, como observação superficial e verificação dimensional (perfilmetro, máquina tridimensional, paquímetro, micrómetro). Quando necessário é realizado controlo destrutivo através de provetes, podendo ser por metalografia, microdureza, macro-dureza e por ensaio de tensão/ adesão.

2.3. Physical Vapour Deposition

O PVD, *Physical Vapour Deposition*, é um processo de revestimento de deposição em vácuo onde o material é transportado e por fim depositado na superfície de um substrato.

Este processo caracteriza-se pela ejeção de átomos ou moléculas de um alvo, sendo o alvo a fonte de material para produzir o revestimento, quando este é submetido a um bombardeamento de partículas. No processo convencional existe um alvo e um substrato. O alvo e o substrato estão posicionados numa câmara de vácuo, com o substrato virado para o alvo. Após a câmara atingir uma pressão adequada é introduzido um gás,

normalmente o argon. Após a introdução do gás dentro da câmara é aplicada uma diferença de potencial entre o ânodo e o cátodo, que provoca uma descarga. A descarga é responsável pela produção do plasma, cujos iões vão bombardear o alvo (carregado negativamente) com a energia necessária para retirar partículas ao alvo. Essas partículas vão depois depositar-se no substrato dando início ao revestimento. No fim do revestimento os componentes são arrefecidos lentamente e só depois retirados da câmara. O exemplo de uma máquina PVD pode ser observado na Figura 2.5.

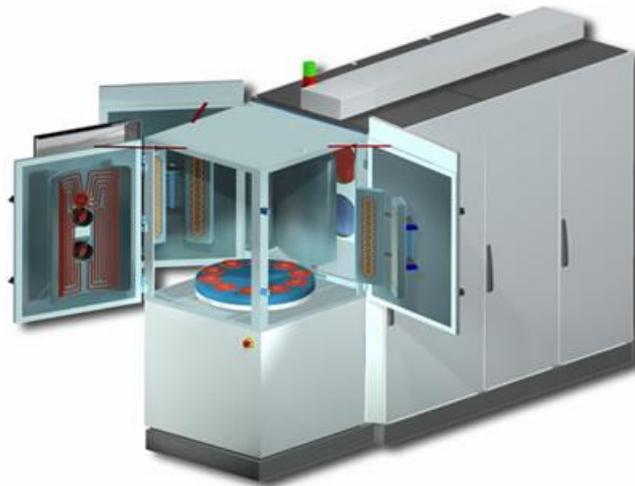


Figura 2.5. Máquina PVD, (Ivancice).

Alguns dos revestimentos aplicados pelo processo PVD são CrN, TiN e TiAlN.

O processo PVD tem como características os seus revestimentos serem de espessura fina, baixo coeficiente de atrito, resistência ao desgaste por adesão e abrasivo, quimicamente inerte e biocompatível.

Os revestimentos PVD podem ser aplicados por exemplo em ferramentas de corte aumentando a vida útil destes e em moldes de injeção melhorando a sua desmoldagem e limpeza.

2.3.1. Procedimento de Trabalho na Empresa

As peças e componentes quando rececionados na empresa têm o mesmo processo que ocorre na PT.

As etapas que sofrem antes de ser aplicado o revestimento são: remoção química, limpeza em ultra-sons, decapagem e isolamento.

A remoção química tem como objetivo retirar o revestimento aplicado, por isso é realizada quando os componentes já possuem algum tipo de revestimento.

A limpeza em ultra-sons tem como função limpar os componentes de todas as sujidades presentes no seu substrato.

A decapagem é realizada quando o substrato, por exemplo, contém oxidações. Esta etapa é efetuada com auxílio de uma decapadora manual em que são usadas como abrasivo esferas de vidro.

Após estas etapas os componentes são colocados numa estufa a 50°C, por causa da humidade ambiente, até chegar o momento de serem colocadas na câmara para ser aplicado o revestimento.

As peças para serem colocadas na câmara são montadas em suportes, estes suportes variam consoante a zona a revestir.

Em cada câmara de revestimento é colocado um provete para se realizar após o revestimento o controlo de qualidade. O controlo de qualidade é realizado através de ensaios, como indentação para verificar a adesão do revestimento e calote para controlar a espessura do revestimento.

Por fim as peças são embaladas e colocadas na estante da expedi o.

3. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

A manutenção, segundo Ferreira (1998), “é escolher os meios de prevenir, de corrigir ou de renovar um parque material, seguindo um critério económico, a fim de otimizar o custo global de posse do equipamento.”

De acordo com Cabral (1998) a manutenção é definida como “conjunto das acções destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas e das instalações, garantindo que elas são intervencionadas nas oportunidades e com o alcance certos, por forma a evitar que avariem ou baixem de rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam repostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, tudo a um custo global optimizado”.

A manutenção tem vindo a tornar-se importante na indústria dado à sua contribuição para menos paragens de produção, melhorar a segurança, maior protecção ambiental, a qualidade do produto, a motivação dos operadores e a preservação dos equipamentos.

A manutenção não é aplicada só a partir do momento em que o equipamento está em funcionamento, o seu papel começa logo na escolha do equipamento. Através do histórico de equipamentos do mesmo tipo consegue-se definir qual o mais apropriado para desenvolver as tarefas em questão e se são necessários ajustes posteriores. No fim da compra ajuda no processo de instalação e na fase de arranque do equipamento, de seguida estabelece a manutenção a aplicar ao equipamento de acordo com as suas características.

O objetivo da gestão da manutenção é afetar uma carga de trabalho aos vários tipos de manutenção de modo a obter os resultados pretendidos a um custo mínimo.

3.1. Evolução Histórica

A manutenção industrial surgiu na década de 1950 nos Estados Unidos da América, substituindo a terminologia ligada à conservação. A conservação tem como objetivo consertar e reparar os equipamentos para se poder prosseguir com a produção.

Desde os anos 30 até aos dias de hoje a evolução da manutenção pode ser dividida em 3 gerações, Tabela 3.1.

A 1ª geração caracteriza o período antes da Segunda Guerra Mundial. Neste tempo os equipamentos eram simples, a indústria pouco mecanizada e as perdas de produção não tinham grande importância. A manutenção aplicada era corretiva, passando apenas por limpeza, lubrificação e reparação após a avaria ocorrer. Os utilizadores possuíam poucas competências técnicas.

Da Segunda Guerra Mundial aos anos 60 decorreu a 2ª geração, devido aos acontecimentos durante a guerra a mecanização dos equipamentos aumentou. Nesta altura aparece a necessidade de aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Através dessa necessidade surgiu o conceito de manutenção preventiva. As avarias nos equipamentos não podiam surgir por isso começaram a surgir as previsões de falhas. Com este conceito de manutenção o planeamento e o controlo da manutenção apareceram.

A 3ª geração decorreu a partir da década de 70, onde aconteceu uma mudança nas indústrias com o aumento da mecanização e automatização. As paragens de produção começaram a ser um problema dado as consequências que causavam para a empresa: perda de produção, qualidade dos produtos afetada, aumento dos custos e a segurança das pessoas posta em causa.

Tabela 3.1. Evolução da Manutenção, (Adaptado Ramalho, 2012).

	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração
Solicitação da Produção	Reparar após avaria	Elevada disponibilidade Longa vida dos equipamentos Baixos custos	Elevada disponibilidade e fiabilidade Elevado grau de segurança Melhor qualidade do produto Não provoca danos no meio ambiente Longa vida dos equipamentos Elevada eficiência dos investimentos
Resposta da Manutenção	Reparar após avaria	Previsões programadas Sistemas de planeamento e controlo dos trabalhos Computadores grandes e lentos	Monitorização de condição Design para fiabilidade e manutibilidade Estudos de riscos Computadores pequenos e rápidos Análises dos modos e efeitos das avarias <i>Expert systems</i> Equipas de trabalho polivalentes

3.2. Tipos de Manutenção

A manutenção é dividida em três tipos, (Cabral, 1998), corretiva, realizada após a avaria ocorrer, preventiva, efetuada antes de a avaria surgir com o intuito de reduzir a probabilidade dessa acontecer e melhoria, praticada com o intuito de melhorar as características do equipamento.

A manutenção corretiva é por sua vez dividida em paliativa, colocar a funcionar no momento e em curativa, reparar o problema, (Ferreira, 1998).

A manutenção preventiva é classificada em sistemática, realizada com uma periodicidade de tempo estabelecida, e em condicional, executada através de medições e avaliações que são posteriormente analisadas para saber qual o momento indicado para a realização dos trabalhos.

As alterações realizadas no equipamento com o intuito de melhorar a sua performance são indicadas como manutenção de melhoria.

3.2.1. Manutenção Corretiva

Na manutenção corretiva a carga de trabalho é irregular, os técnicos estão à espera que a avaria ocorra para depois intervirem, por este motivo as intervenções não são planeadas.

Os componentes que são necessários substituir, se não existirem em *stock* no armazém da empresa, só podem ser encomendados depois de a avaria ocorrer, logo o equipamento vai ter que estar parado até o material necessário chegar.

As intervenções feitas de forma corretiva são registadas no histórico do equipamento. Através dele é possível saber a causa da avaria e analisar se será mais vantajoso colocar este fator no plano da manutenção preventiva.

Este tipo de manutenção é aplicável quando os custos indiretos da avaria são mínimos, os incidentes não metem a segurança em risco, a empresa renova frequentemente os equipamentos ou então existem várias máquinas e a indisponibilidade de uma não interfere na produção.

3.2.2. Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é realizada antes da ocorrência da avaria, com o objetivo de manter o funcionamento do equipamento igual ao inicial, e a intervenção é

planeada e programada. Mas como imprevistos podem sempre ocorrer há uma complementaridade com a manutenção corretiva.

Este tipo de manutenção tem como função aumentar a fiabilidade de um equipamento, melhorar o planeamento e a programação das intervenções, regularizar a carga de trabalho e gerir o *stock* dos consumíveis.

3.2.2.1. Manutenção Preventiva Sistemática

A manutenção preventiva sistemática é realizada de acordo com uma periodicidade de tempo. Inicialmente essa periodicidade é estabelecida através dos dados fornecidos pelo construtor do equipamento. Numa fase posterior podem-se analisar os dados registados no histórico de todos os tipos de manutenção e a partir daí implementar novas periodicidades. Estes novos tempos são ajustados ao funcionamento do equipamento.

Os intervalos podem ser estabelecidos através de um tempo absoluto (meses, anos) ou por tempo relativo (horas, Km, unidades produzidas).

Este tipo de manutenção é maioritariamente aplicável em equipamentos com custos de avaria elevados, que coloquem a segurança em causa ou que seja expectável que a paragem seja de longa duração.

3.2.2.2. Manutenção Preventiva Condicional

Na manutenção preventiva condicional as intervenções são realizadas de acordo com o estado do equipamento no momento, os trabalhos de manutenção preventiva são realizados em intervalos de tempos variáveis. As inspeções é que são realizadas em intervalos de tempo fixos e vão indicar quando realizar os trabalhos, (Cabral, 1998).

A escolha dos equipamentos onde aplicar este tipo de manutenção passa por analisar o seu impacto económico, a segurança das pessoas, a sua criticidade e se é possível detetar a sua degradação.

Para Cabral (1998) existem seis técnicas para controlo da condição aplicáveis na manutenção dos equipamentos, análise de vibrações, termografia, análise aos parâmetros de rendimento, inspeção visual, medições ultra-sónicas e análise de lubrificantes em serviço.

As técnicas a aplicar variam consoante os componentes que se pretendem controlar e garantindo que as medições possam ser realizadas durante o funcionamento dos equipamentos. Além dos componentes a controlar é importante saber a avaria que se

pretende evitar e o seu sintoma. Por vezes tenta-se escolher a técnica que consegue detetar o maior número de sintomas uma vez que um componente pode ter mais que um modo de avaria.

Dois métodos fundamentais para aplicar o controlo de condição são o acompanhamento da tendência e a verificação da condição, (Cabral, 1998).

O acompanhamento da tendência é realizado através de medições periódicas, ou contínuas, de um parâmetro que indica as variações das condições de funcionamento do equipamento ou de um componente específico. É importante fazer uma seleção cuidadosa do parâmetro que se vai analisar. Através dos resultados obtidos elabora-se uma tendência para analisar quando a degradação de uma máquina ultrapassa o estado crítico, assim prevê-se a avaria antes de ela ocorrer.

A verificação da condição não passa de uma medição de um parâmetro numa determinada altura. O resultado dessa medição tem que ser preciso e quantificável para depois ser comparado com o valor limite admissível.

Os limites admissíveis aos quais os equipamentos podem chegar só são conhecidos no fim de se ter uma boa experiência com aquele tipo de equipamentos.

Alguns parâmetros que podem ser analisados são pressões, vibrações, ruídos e lubrificação.

Por vezes o sistema de controlo da condição falha e isso deve-se ao facto de existirem falsos alarmes e avarias não detetadas. Os falsos alarmes advêm de limites mal definidos anteriormente, porque não existe um histórico consistente para serem retiradas conclusões e por vezes as pessoas não têm a experiência necessária. As avarias não detetadas resultam de leituras e procedimentos incorretos.

3.2.3. Manutenção de Melhoria

A manutenção de melhoria é aplicada quando há necessidade de ajustar o equipamento a uma situação em particular ou quando se chega à conclusão que se houver uma modificação ou alteração este vai ser mais eficaz a desenvolver as suas funções.

Para se chegar à conclusão que da intervenção realizada vão surgir vantagens é feito anteriormente um estudo. Desse estudo resultam desenhos, lista de materiais, serviços externos no caso de serem precisos e o investimento necessário.

3.3. Subcontratação

A subcontratação ocorre quando uma empresa destina a outra trabalhos para realizar conforme o contrato que tem estabelecido entre si, não esquecendo que os serviços prestados têm que ser vigiados e controlados.

Normalmente, a subcontratação é efetuada quando os trabalhos são afastados do foco principal da empresa, revisões gerais que têm um tempo de duração longo, o pessoal existente não é o suficiente para a produção e manutenção, podendo não ter o conhecimento fundamental para realizar as atividades de manutenção.

Alguns trabalhos que são subcontratos são reparações na sequência de avarias, assistência após-venda e manutenção preventiva, corretiva ou de melhoria.

3.4. Níveis de Manutenção

De acordo com Ferreira (1998) a manutenção pode ser dividida em cinco níveis.

1º Nível – As intervenções são realizadas pelo operador da máquina e no local de trabalho. Estas intervenções resumem-se em afinações simples ou substituição de componentes, previstas pelo fabricante, sem ser necessário a desmontagem do equipamento.

2º Nível – São resolvidas avarias por substituição de componentes *standards* previstos e intervenções simples de manutenção preventiva, como lubrificação ou controlo de bom funcionamento. As intervenções são realizadas pelo operador ou por um técnico no local.

3º Nível – No nível três são verificadas avarias que já requerem algum diagnóstico e identificação do sucedido, por esse motivo têm que ser registadas no histórico do equipamento. Reparções mecânicas simples e intervenções de manutenção preventiva, como calibrações, são classificadas neste nível. São realizadas por um técnico especializado ou pela equipa de manutenção no local ou na oficina de manutenção.

4º Nível – As intervenções de manutenção corretiva e preventiva, expeto renovação e reconstrução, são de quarto nível e realizadas pela equipa de manutenção na oficina de manutenção ou externamente.

5º Nível – Inclui os trabalhos de reparação, renovação ou reconstrução que são realizados na oficina pela equipa de manutenção ou externamente.

3.5. Graus de Urgência

O grau de urgência de uma intervenção pode ser classificada de um a quatro, emergência, urgência, normal e quando conveniente, respetivamente, (Cabral, 1998).

Os trabalhos têm um caráter de emergência quando é essencial reparar a avaria no mais curto espaço de tempo, podendo esta meter em causa a segurança ou provocar uma avaria mais complicada.

Quando o aspeto fundamental é diminuir os tempos de perda de produção a intervenção é urgente.

As intervenções preventivas e as que vão ser executadas na paragem seguinte são classificadas com o grau de normal.

Os trabalhos efetuados quando conveniente são aqueles que não interferem no bom desempenho do equipamento, por vezes são demorados e só são realizados na revisão seguinte.

3.6. Indicadores

Os indicadores fornecem dados que podem ser comparados e a partir deles retirar conclusões, são tão verdadeiros como os dados que são inseridos para o seu cálculo.

Na manutenção industrial esses indicadores dão informação em relação à disponibilidade dos equipamentos, tempo de execução das intervenções, tempo entre avarias, perdas de produção, duração das paragens, custos na manutenção, entre outros. A seleção dos indicadores a utilizar depende do que se quer analisar, comparar, decisões que se pretendem tomar e dos dados que são adquiridos aquando do preenchimento das fichas de intervenção.

Os indicadores que serão analisados são MTBF, tempo médio entre avarias, MTTR, tempo médio de reparação, MWT, tempo médio de espera, e disponibilidade.

3.6.1. MTBF

O tempo entre avarias é o tempo que decorre desde o fim da última reparação até o pedido de uma nova reparação. Normalmente, este tempo é calculado de acordo com as horas em que a máquina deveria estar a trabalhar, isto é, não se deve contar as 24 horas do dia mas sim as horas de funcionamento do equipamento. Por vezes é complicado calcular este tempo porque o equipamento não trabalha as horas totais de laboração da

empresa. Esta lacuna pode ser corrigida através de um contador de horas colocado no equipamento.

O MTBF para um determinado período pode ser calculado através, (Cabral, 1998):

$$MTBF = \sum \frac{TFi}{Nav}, \quad (3.1)$$

em que o TFi é o tempo de funcionamento no período e Nav o número de avarias no período.

O MTBF é uma medida de fiabilidade de um equipamento, ou seja, capacidade para funcionar durante um determinado período de tempo em boas condições.

3.6.2. MTRR

O tempo de reparação é o tempo que a reparação demora a ficar resolvida e inclui o tempo necessário para descobrir a causa da avaria, reunir os elementos necessários, resolver e testar o equipamento.

O MTRR para um dado período pode ser determinado com a seguinte equação, (Cabral, 1998):

$$MTRR = \sum \frac{TRi}{Nav}, \quad (3.2)$$

em que TRi é o tempo de reparação no período.

Este indicador é uma medida de manutibilidade, isto é, a capacidade do equipamento para ser reparado e voltar ao seu estado de bom funcionamento.

3.6.3. MWT

O tempo de espera é o tempo que vai desde que a avaria ocorreu até os trabalhos começarem a ser realizados, isto é, o tempo que se teve de esperar para reunir os elementos necessários.

O MWT para um dado período é calculado da seguinte forma, (Cabral, 1998):

$$MWT = \sum \frac{TEi}{Nav}, \quad (3.3)$$

em que TEi é o tempo de espera no período.

3.6.4. Disponibilidade

A disponibilidade é o tempo que um equipamento está disponível para desempenhar as suas funções.

Este indicador para um determinado período pode ser achado por, (Cabral, 1998):

$$Disponibilidade = \frac{\sum TFi}{\sum TFi + TRi + TEi} \quad (3.4)$$

Dividindo a equação (3.4) por N_{av} , para um longo período, obtém-se,

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT} \quad (3.5)$$

3.7. Custos de Manutenção

Os custos totais de manutenção são o somatório dos custos referentes ao serviço da manutenção, custos de execução e da estrutura do serviço de manutenção, com os custos referentes às perdas de produção e todos os custos causados nos processos seguintes até ao cliente. Então conclui-se que os custos de manutenção podem ser classificados em custos diretos e custos indiretos, (Ferreira, 1998).

3.7.1. Custos Diretos

Os custos diretos são os custos do serviço prestado durante a manutenção. Estes custos podem ser relativos a uma intervenção ou então o somatório dos custos diretos das intervenções num determinado período.

Nos custos do serviço prestado durante a manutenção são contabilizados os custos da mão-de-obra de execução (tempo gasto na intervenção x taxa horária), das despesas globais fixas do serviço de manutenção (energia, comunicações, despesas com o pessoal que não está presente na execução), de posse dos *stocks* das ferramentas e máquinas (despesas de armazenagem, desvalorização), das despesas dos consumíveis e sobresselentes (custo dos próprios, do transporte e da execução da encomenda), dos contratos de manutenção (custos de negociação, de elaboração do caderno de encargos, da prestação de serviços).

3.7.2. Custos Indiretos

Os custos indiretos representam o somatório dos custos relativos à perda de produção devido à intervenção realizada.

O somatório destes custos engloba os custos referentes à perda dos produtos não fabricados, matérias-primas em transformação, perda de qualidade, mão-de-obra parada, amortização dos equipamentos parados, despesas induzidas (penalidades para a empresa) e arranque de novo do processo.

Quando comparados com os custos diretos, os custos indiretos são mais difíceis de contabilizar porque não se consegue avaliar integralmente a perda de qualidade e as despesas induzidas, como perda de cliente, degradação da imagem da empresa entre outros fatores.

3.7.3. Custos Ciclo de Vida

O custo do ciclo de vida de um sistema representa o custo total durante o período de vida útil.

Este custo é o somatório dos custos de aquisição, instalação, ensaios de teste, operação, manutenção preventiva e corretiva, paragens, desativação e eliminação. Pode ser dividido em duas partes, custo de operação e custo de propriedade. Nos custos de propriedade estão inseridos: os custos de aquisição, instalação, manutenção, desativação e eliminação, nos de operação os custos relacionados com a produção (mão-de-obra, consumíveis e energia).

3.8. Implementação da Manutenção

Para a implementação da manutenção funcionar corretamente, e não existirem desgostos porque os resultados não estão a ser os esperados têm que se cumprir alguns requisitos. Inicialmente é necessário fazer uma listagem dos operadores e ver quais as suas especialidades para saber que tarefas vão realizar. Não se pode querer implementar tudo de uma vez, por isso é necessário definir quais os equipamentos que vão ser sujeitos a manutenção, os indicadores e informação que se pretende retirar das fichas de intervenção. Normalmente inicia-se por uma setor da empresa e de seguida passa-se aos restantes. As intervenções preventivas têm que estar bem definidas e tem que haver uma resposta rápida

às avarias. O armazém dos materiais tem que ser organizado para realizar o inventário do que se possui no momento, para não se fazerem encomendas desnecessárias.

Estes requisitos são fatores importantes mas para a programação das manutenções preventivas ter êxito e para não interferir na produção tem que haver uma parceria com a gestão da produção.

De acordo com Cabral (1998) a sequência lógica das várias etapas importantes para a implementação da manutenção são as seguintes:

- Organizar os equipamentos,
- Organizar os trabalhos de manutenção,
- Organizar a área de intervenção técnica,
- Arranque do sistema de gestão,
- Organização dos materiais.

Na organização dos equipamentos é essencial observar o *layout*, de seguida dividir em áreas funcionais e por fim em grupos. Codificar os equipamentos, elaborar as fichas técnicas e atribuir os respetivos centros de custo.

Para ser mais fácil planear os trabalhos no futuro têm que ser organizados no início, começando por definir os tipos de intervenção, descrições chave para sintomas, causas, tipos de paragem e graus de urgência.

A organização da área de intervenção passa por identificar os departamentos, os operadores e as suas especialidades, codificar os fornecedores, nomear os equipamentos que vão sofrer manutenção, efetuar os planeamentos das manutenções preventivas e preparações padrão. As preparações padrão são importantes para a realização dos planeamentos, porque para equipamentos similares só é preciso alguns ajustes. Os planos de manutenção são realizados de acordo com os manuais dos fornecedores e com a opinião do operador que opera na máquina, pois ninguém melhor do que ele sabe como se comporta o equipamento.

No arranque do sistema de gestão tem que se garantir que os operadores e colaboradores que vão receber as ordens de trabalho (OT's) sabem como as preencher. Deve existir uma pessoa completamente dedicada a este arranque que se responsabilize por registar e organizar toda a informação. Ela deve preparar e emitir as OT's das intervenções programadas, receber e tratar os pedidos de trabalho, analisar as OT's no fim de

preenchidas e a partir delas retirar as horas de trabalho de cada pessoa, material utilizado e toda a informação do serviço efetuado.

Na organização dos materiais começa-se por codificar os materiais necessários nas manutenções, classificam-se por famílias e elabora-se um manual de codificação para ser mais fácil a orientação das pessoas no armazém.

Apesar de ser apresentada esta sequência ela muda de empresa para empresa, com diferentes prioridades e competências técnicas.

3.9. Informática na Manutenção

Na área da manutenção têm-se desenvolvido vários sistemas informáticos para auxiliarem a gestão da manutenção. Estes sistemas informáticos têm tido uma grande adesão devido à elevada informação sobre manutenção que é gerada todos os dias numa empresa, e com a sua ajuda é mais fácil recolher, armazenar e por fim tratar os dados.

O *software* pode ser comprado ou desenvolvido pela empresa que o pretende implementar. Ambas as opções têm as suas vantagens e desvantagens e a sua escolha depende da capacidade da empresa em questão. Uma das vantagens principais do *software* ser desenvolvido pela empresa é que vai estar mais adaptado aos seus interesses.

De acordo com Pinto (1999) a gestão de manutenção assistida por computador deve incluir oito áreas de gestão relacionadas com a manutenção. Gestão do equipamento, ficha de identificação e histórico de intervenções. Gestão da manutenção preventiva sistemática, planos de manutenção, programação, emissão das ordens de trabalho (OT's) e o seu registo no histórico. Gestão da manutenção preventiva condicionada, planos de inspeções e medições, programação, emissão das OT's e registo após a realização. Gestão da manutenção corretiva, quando for permitido a sua preparação ou só o seu registo final. Apuramento e controlo de custos, gestão do orçamento para os serviços de manutenção, custos diretos e indiretos. Gestão de *stocks* de armazém, reservas dos materiais necessários para as intervenções. Gestão de compras, ficheiro de fornecedores, custos dos materiais e prazos de entrega. Gestão dos recursos humanos, ficheiro dos colaboradores.

A utilização de sistemas informáticos na gestão da manutenção tem vantagens, as quais se encontram indicadas na Tabela 3.2, (Pinto, 1999):

Tabela 3.2. Vantagens em aplicar um sistema informático.

Vantagens		Percentagem
Gestão da mão-de-obra	Melhorias no planeamento e programação	5 a 12%
	Redução na subcontratação	10 a 20%
Gestão de peças de reserva e materiais	Redução do número de peças de reserva	2 a 5%
	Redução do nível de <i>stock</i>	10 a 20%
	Redução dos custos de armazenagem	2,5 a 5%
	Melhoria devidas à maior disponibilidade de peças e materiais	1 a 3%
Disponibilidade operacional do equipamento	Aumento da produção	0,5 a 2%

O sistema informático tem vantagens, mas para estas serem alcançadas é necessário o envolvimento de todos os colaboradores. Para isso os seus hábitos e atitudes têm que ser alterados, explicando as vantagens de usar um programa informático, as suas capacidades de armazenar e organizar a informação. Uma forma de os cativar é dar-lhes as ferramentas e as condições apropriadas para eles exercerem as suas funções, para que eles dinamizem a nova forma de gerir a manutenção.

A pessoa que informatizar a gestão da manutenção deve delinear um objetivo capaz de alcançar de acordo com a gestão da manutenção, não procurar funcionalidades e registar dados que depois não vai analisar. Tem que ter em mente a resistência à mudança e que ao início os resultados podem não ser os pretendidos.

3.10. Integração do *Software* na Empresa

O procedimento de manutenção preventiva ou corretiva aplicada na TEandM anteriormente está representado na Figura 3.1.

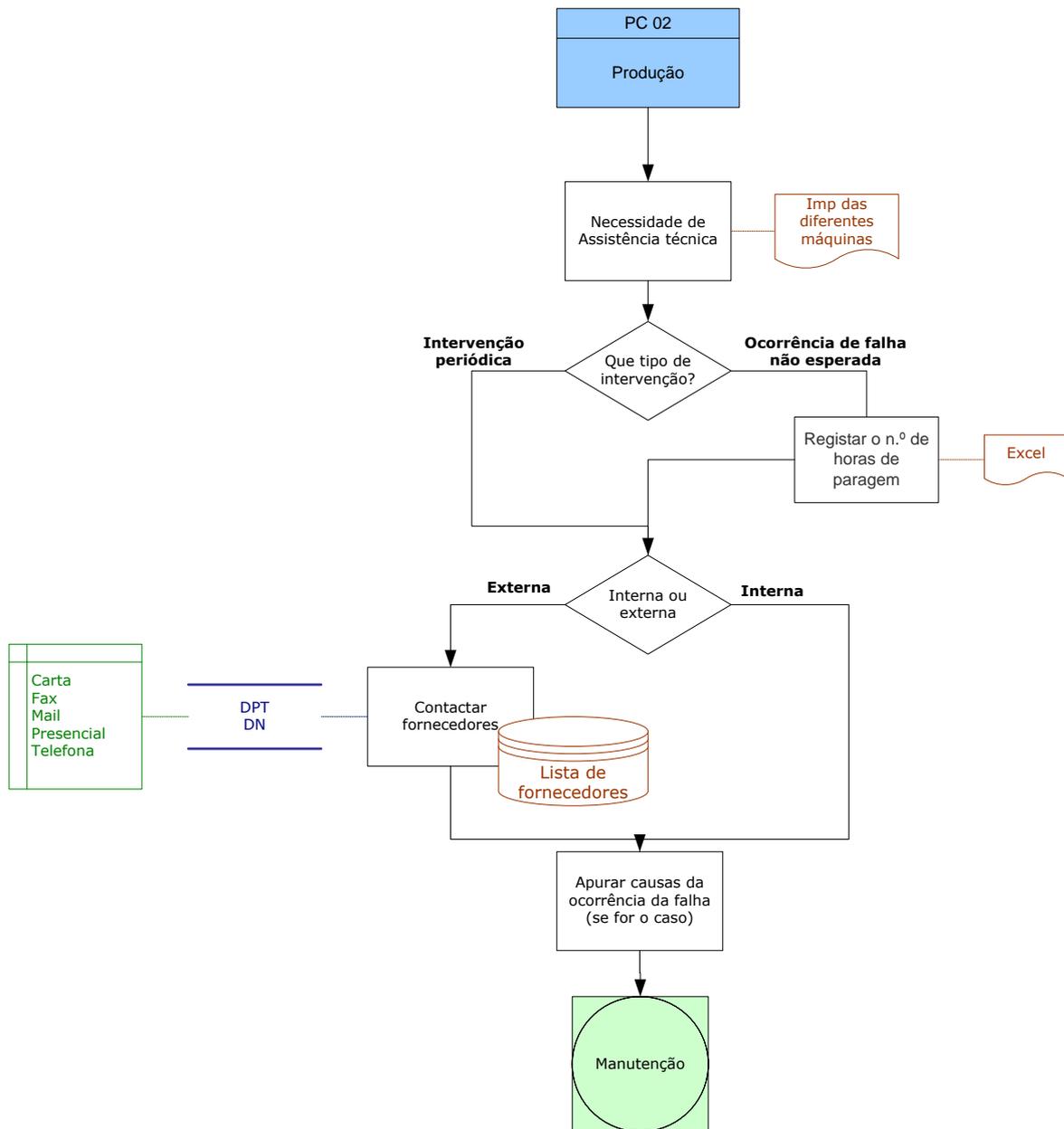


Figura 3.1. Procedimento de manutenção, (Tecnologia e Engenharia de Materiais, 2012)

As tarefas recomendadas a realizar nos equipamentos e as intervenções periódicas estavam descritas num impresso da qualidade afixado em cada equipamento correspondente, o impresso geral pode ser visualizado no ANEXO A.

Nos equipamentos dedicados à maquinação existiam dois impressos de qualidade para o registo de inspeções efetuadas, o ANEXO B encontrava-se afixado no

equipamento juntamente com o ANEXO A, e o ANEXO C era armazenado no histórico do equipamento, que se encontram na sala de inspeções juntamente com os manuais de funcionamento.

Nos restantes equipamentos as manutenções preventivas tinham periodicidades mais reduzidas, eram realizadas mais do que uma vez por ano e, por esse motivo, só existia um impresso de qualidade para o registo das manutenções realizadas, ANEXO D no caso de equipamentos únicos, ANEXO E quando existe mais de que um equipamento com as mesmas características. No final de cada ano esse impresso era armazenado no histórico do equipamento e era colocado um novo junto ao equipamento.

Para colocar o *software* de gestão da manutenção a funcionar foi necessário perceber a real situação em que a manutenção estava a ser realizada. A manutenção aplicada na empresa é maioritariamente manutenção preventiva, dependendo do equipamento e do tipo de intervenção pode variar entre a sistemática ou condicional. A manutenção preventiva é complementada com a manutenção corretiva que possa vir a ser necessária. Na empresa não existe nenhuma equipa disponível só para efetuar as intervenções de manutenção, estas são realizadas pelos sete operadores de fabricação, sendo as calibrações e revisões gerais trabalhos subcontratados a outras empresas.

Para dar início à mudança foi necessário organizar os equipamentos, verificar o planeamento da manutenção, aprender a trabalhar e carregar o histórico no *software*, e fazer o arranque do sistema de gestão.

3.10.1. Organização dos Equipamentos

Na organização dos equipamentos dividiu-se a empresa por áreas funcionais, com o objetivo de começar os trabalhos por uma área e depois expandir a todas as outras.

A empresa foi dividida em cinco áreas funcionais/centros de custo: laboratório, projeção, maquinação, PVD e geral. A projeção por sua vez foi dividida em APS, HVOF, LVOF e EAWS, dado que existem equipamentos destinados a cada técnica. Os equipamentos de inspeção e medição foram colocados na área funcional do laboratório.

À medida que se ia recolhendo os equipamentos de cada área funcional estes eram registados no *software*. Os dados principais inseridos de cada equipamento são os seguintes: código de identificação, nome, marca, modelo, número de série, fornecedor, grupo, centro de custo e responsável. A marca, fornecedor, grupo, centro de custo e

responsável eram registados na base de dados do *software* para estarem disponíveis para serem utilizados noutras circunstâncias.

Os equipamentos necessários para a produção e ensaios existentes na TEandM estão mencionados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3. Listagem de equipamentos.

Equipamento	Quantidade	Área Funcional
Calote Tester	1	Laboratório
Durometro	1	
Estufa	1	
Lupa Bi-Ocular	1	
Máquina de Corte	1	
Máquina de Tração	1	
Máquina Tridimensional	1	
Microdurometro	1	
Microscópio	1	
Perfilometro	1	
Polidora	1	
Rugosimetro	2	
Alimentador de Pó	4	Projeção
Aparelho de Soldadura TIG	1	
Aparelho de Soldadura ER	1	
Bomba de Propano	1	
Cabines de Projeção	2	
Chiller	1	

Equipamento	Quantidade	Área Funcional
Compressor Grande	1	Projeção
Decapadora	5	
Estufa	3	
Hidro Filtro	2	
Maçarico Oxiacetilénico	1	
Mesa de Apoio à Projeção	2	
Multiposto	3	
Robô	2	
Rotomat	1	
Tafa	2	
Tocha	5	Maquinação
Central Hidráulica de Cilindros	1	
Engenho de Furar	1	
Fresadora	1	
Prensa Hidráulica	1	
Retificadora	7	
Torno	4	PVD
Abatedor	2	
Bomba de Arrefecimento	2	
Câmara de Revestimento	2	
Chiller	1	

Equipamento	Quantidade	Área Funcional
Compressor Pequeno	1	PVD
Decapadora	2	
Empilhador Elétrico	1	
Empilhador Manual	1	
Estufa	1	
Máquina Remoção Química	1	
Máquina Ultra-sons	1	
Máquina de Vapor	1	
Berbequim	1	Geral
Lixadora	6	
Máquina de Gravar Automática	1	
Porta Paletes	2	
Ponte Rolante	1	
Rebarbadora Grande	1	
Rebarbadora Pequena	4	
Serrote	1	

Alguns equipamentos mencionados na tabela anterior tinham código de identificação, sendo atribuído um aos restantes no seguimento dos já existentes. A identificação é efetuada através de placas de poliéster ou de alumínio conforme o equipamento, para a fabricação das placas foram contactados fornecedores e pedido cotação das placas.

A maioria dos equipamentos de medição não se encontram mencionados na tabela anterior porque a sua manutenção passa só pela calibração, sendo está controlada pelo Departamento de Qualidade. O edifício e a central de gases apesar de não serem

equipamentos também estão registados no *software* e têm planeamento tal como os equipamentos.

3.10.2. Planeamento da Manutenção

O planeamento da manutenção preventiva foi preparado tendo em conta os manuais, os planos de manutenção já existentes em alguns equipamentos e a experiência do operador que opera o equipamento. A experiência do operador foi um fator importante para estabelecer as prioridades da manutenção, uma vez que a maior parte dos equipamentos não opera as oito horas diárias, assim sendo as periodicidades dos manuais não eram as mais indicadas.

Conforme foram inseridos os planos de manutenção em cada equipamento foram realizadas preparações padrão para ser mais fácil afetar o planos de manutenções.

O impresso da qualidade apresentado no ANEXO A foi ajustado para o APÊNDICE A, em que nas recomendações estão indicadas as atividades que não necessitam de planeamento, como limpezas semanais ou cuidados diários, e intervenções sem periodicidade definida. Nas observações são indicados por exemplo os óleos a utilizar no equipamento e em que situação. Esta informação está carregada no *software*, mas numa situação de urgência é mais rápido consultar o impresso afixado no equipamento.

3.10.3. Carregamento do Histórico

Os primeiros dados do histórico a serem carregados no *software* dizem respeito ao histórico das manutenções preventivas desde 2010. Em relação à manutenção corretiva a informação existente era só da projeção e maquinação, as restantes áreas funcionais não tinham histórico.

Através das faturas existentes foi possível recolher algum do material associado a cada equipamento e fornecedor habitual, e inserir essa informação no separador do material. Os fornecedores recolhidos nestas faturas foram adicionados a lista de fornecedores do *software*.

3.10.4. Arranque do Sistema de Gestão

No arranque do *software* para a gestão da manutenção o procedimento de manutenção foi alterado, podendo ser observado na Figura 3.2.

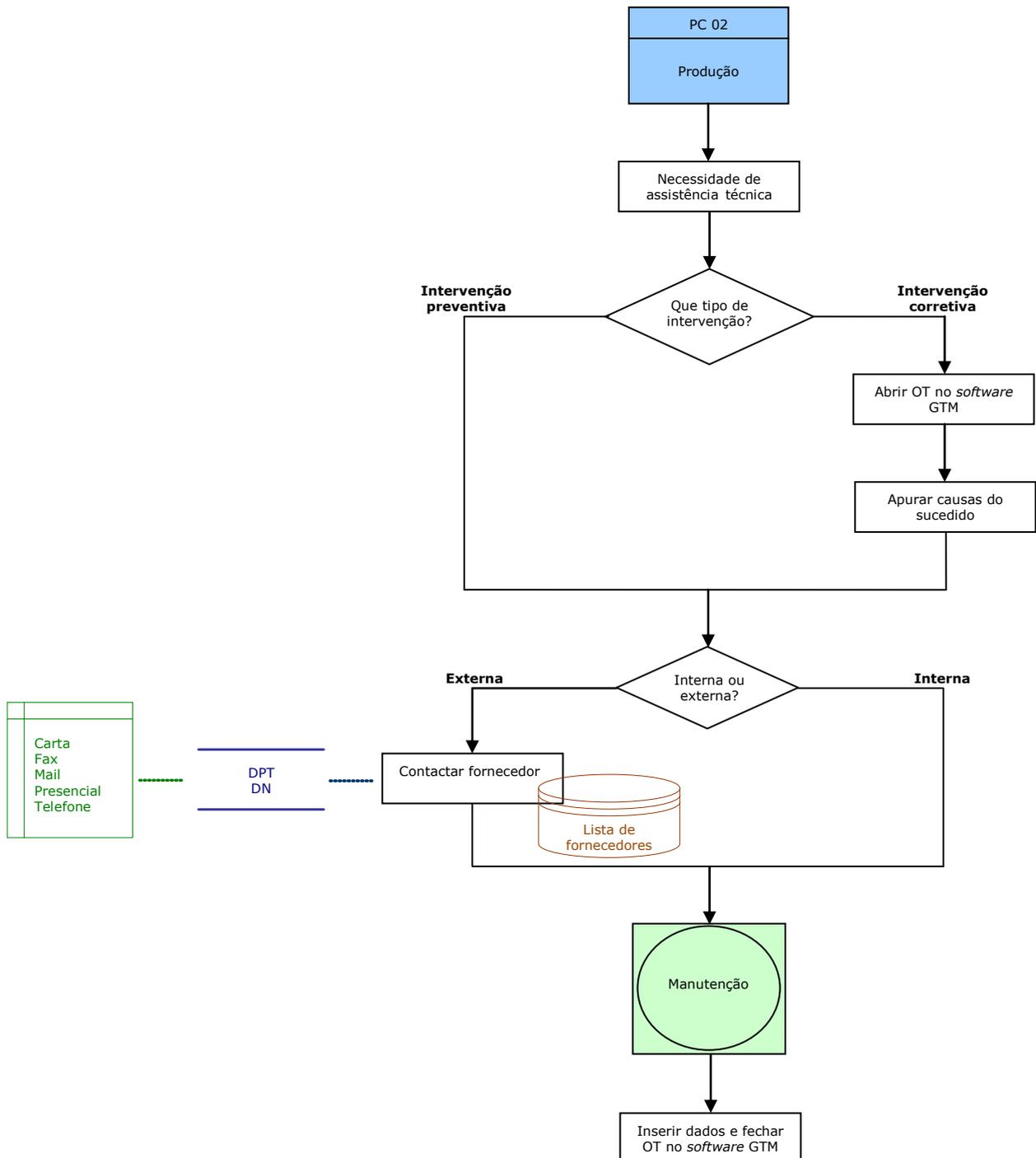


Figura 3.2. Procedimento de manutenção.

O *software* ISIMILL (plataforma informática de apoio à gestão) Gestão da Manutenção foi desenvolvido pelo CTCV. No arranque foi importante trocar informações com o responsável para tirar dúvidas sobre o seu funcionamento. Através dessa troca de informações foram feitos alguns ajustes ao *software* de acordo com as necessidades da TEandM e detetadas algumas lacunas existentes no *software*.

Ao início houve alguma resistência as alterações em curso nos procedimentos da manutenção. Após explicação da utilidade do *software* foi obtido o apoio necessário para a correta implementação do sistema. As mudanças que beneficiaram os operadores foram: registar os tempos de reparação e todas as intervenções estarem afetadas a um operador.

Quando as primeiras OT's foram entregues foi dada formação aos operadores sobre o seu correto preenchimento. Os dados a ser retirados de cada OT são: duração dos trabalhos e material aplicado, caso tenha sido realizada alguma intervenção. A informação do material aplicado depois é cruzada com as suas faturas para saber o seu custo. Os dados relativos à aquisição e os custos efetuados com o equipamento encontram-se no gabinete do Diretor de Produção. O formato de uma OT retirada do *software* pode ser visualizada no ANEXO F.

Numa primeira fase as intervenções corretivas e de melhoria eram registadas num impresso, APÊNDICE B sendo depois a informação transposta para o *software*, em que o tempo indicado como tempo de máquina parada era considerado a duração dos trabalhos.

O indicador retirado inicialmente do *software* era a duração dos trabalhos. Com a evolução do sistema passou-se a retirar as perdas de produção, e o impresso apresentado no APÊNDICE B foi substituído pelo apresentado no APÊNDICE C.

O sistema é dinâmico, uma vez que após cada manutenção algumas informações podem ser modificadas, como por exemplo intervenções planeadas, alterar periodicidades e adicionar mais equipamentos.

Houve oportunidade de acompanhar as manutenções corretivas, preventivas e a instalação de equipamentos que foram adquiridos pela empresa durante a realização do estágio.

Atualmente, os operadores estão completamente familiarizados com o *software* e o que é possível realizar com ele. A sua opinião continua a ser importante uma vez que

vão alertando para intervenções que deviam ser preventivas e no momento não se encontram.

Na finalização do estágio foi dada formação ao colaborador que vai continuar o trabalho realizado e elaborado um documento com os procedimentos mais relevantes para funcionar com o *software*.

3.10.5. Evolução dos Indicadores

No mês de Janeiro, Fevereiro e Março o indicador retirado do *software* foi a duração dos trabalhos. Nos meses seguintes, Abril, Maio e Junho, foram retirados os tempos da duração dos trabalhos e perdas de produção, estes indicadores são retirados em horas. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 3.4 e na Tabela 3.5

Os dados retirados do *software* são enviados para o Departamento de Qualidade para serem alimentados indicadores sobre a perda de produção dos equipamentos e ocupação Homem além da produção.

Na duração dos trabalhos são contabilizados os tempos referentes à manutenção preventiva e corretiva, os trabalhos de melhoria e a instalação de equipamentos adquiridos.

No mês de Março as horas de trabalho são elevadas dado que a Retificadora MSO fez uma revisão geral no exterior, em que os resultados não foram os melhores e os trabalhos tiveram que ser finalizados na empresa pelo Operador 01 e Operador 06. No mês de Abril houve uma intervenção corretiva no Torno Vertical, apesar de ser uma intervenção de longa duração foi realizada internamente, pelo Operador 01 e Operador 06. Em Maio foi rececionado um robô para a PT a instalação foi realizada com um técnico e o Operador 03 que labora com ele.

As perdas do torno são de uma grandeza maior comparadas com os restantes equipamentos porque foi uma paragem de longa duração. Apesar dos equipamentos não trabalharem oito horas por dia estas foram contabilizadas durante os dias de paragem, como todos os trabalhos realizados são diferentes não é possível saber ao certo as perdas de produção obtidas.

Tabela 3.4. Duração dos trabalhos.

Operador	Duração dos trabalhos, horas					
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
Operador 01	1,00	---	24,00	35,50	6,50	---
Operador 02	4,59	1,00	9,00	2,16	14,17	8,17
Operador 03	26,25	2,75	25,83	36,92	92,00	12,25
Operador 04	13,25	3,50	8,00	1,00	---	---
Operador 05	4,50	---	9,25	5,00	0,75	3,50
Operador 06	4,50	5,08	35,34	33,50	17,74	5,75
Operador 07	0,50	0,41	2,25	0,67	0,58	0,25
Soma	54,59	12,74	113,67	114,75	131,74	29,92

Tabela 3.5. Perdas de produção.

Equipamento	Perdas de Produção, horas		
	Abril	Maió	Junho
MESA 02 - Mesa Rotativa KT 15 1G	0,5	---	---
TOCHA 01 - Tocha F4-MB	0,75	---	---
TOCHA 02 - Tocha DJ	1	0,5	1
TOCHA 04 - Tocha T762	2	---	1
AL. Pó 03 - Alimentador de Pó FST-10FT	0,75	0,08	---
UNI 01 - Unidade 9MCE	0,83	---	---
BOMBA PROP. 01 - Bomba de Propano	1	---	---
DEC 01 - Decapadora Man. César Jacto	0,25	---	---
TOR 03 - Torno Vertical	104	---	---
REC 04 - Retificadora Christen	---	0,67	---
CC800/9 - Máquina PVD CC800/9	---	---	1
Soma	111,08	1,25	3

4. METALOGRAFIA

A metalografia ajuda na identificação das fases das diferentes ligas presentes nos metais e para explicar o mecanismo da sua formação, (Calvo, 1972).

A avaliação metalográfica tem como objetivo relacionar a estrutura intrínseca do material às suas propriedades físicas, ao processo de fabricação, ao desempenho das suas funções. Pode ser feita a nível macroscópico ou microscópico, (Fazano, 1980). A nível macroscópico a análise da amostra é realizada a olho nu ou com uma lupa. Quando é microscópico a observação é efetuada com um microscópio de acordo com as lentes que ele possui.

Para a avaliação ser bem realizada e sem aspetos que possam disfarçar a amostra ela tem que passar por algumas etapas, como o corte, montagem, acabamento (desbaste e polimento) e ataque. A montagem e o ataque são facultativos, uma vez que a montagem depende do tamanho da amostra e da facilidade de manuseamento e o ataque da análise que se pretende efetuar.

4.1. Corte

A secção a ser escolhida e a forma como vai ser cortada depende da sua forma geométrica e dos dados que se pretende obter. É possível realizar dois cortes, o corte transversal e o corte longitudinal. O corte transversal é realizado quando se pretende verificar por exemplo a natureza do material e a sua homogeneidade. Através do corte longitudinal verifica-se se a peça é fundida, forjada ou laminada e a extensão de tratamentos térmicos superficiais, (Rohde, 2010).

Segundo Fazano (1980) os processos de corte podem ser divididos em quatro, corte mecânico, por maçarico de oxigénio, por eletroerosão e eletroquímico. Considera-se o corte mecânico o mais importante dos quatro. Este por sua vez é subdividido em corte por abrasão a seco ou a húmido, por serragem ou por cisalhamento.

O corte por abrasão a húmido é realizado com uma máquina de corte utilizando um disco abrasivo, este processo está em constante lubrificação protegendo assim a amostra e o disco, sendo o mais indicado para amostras metalográficas. No corte a peça tem que estar bem posicionada, para não ser danificada nem danificar o disco.

Os discos abrasivos, normalmente, são de Al_2O_3 , SiC ou de Diamante. Estes discos existem em diferentes granulometrias que devem ser escolhidas em função da amostra que está a ser seccionada, evitando defeitos na superfície da amostra que podem ser prejudiciais para as etapas seguintes.

Os defeitos que por vezes aparecem na amostra são quebra do disco, aquecimento, desgaste excessivo do disco de corte e formação de rebarbas. A quebra do disco pode ocorrer devido à velocidade de avanço e pressão contra a peça elevada, e má fixação da peça. O aquecimento ocorre quando a lubrificação, é baixa e o disco de corte inadequado. O desgaste excessivo pode ocorrer quando o disco não tem dureza suficiente e a lubrificação é irregular. A formação de rebarbas é originada quando o disco de corte tem uma elevada granulometria e dureza, e pela elevada velocidade de avanço no momento do corte, (Rohde, 2010).

Após o corte a amostra deve ser lavada para eliminar os resíduos existentes. O disco deve continuar em rotação para eliminar a humidade existente, provocada pela lubrificação, e de seguida ser armazenado num local seco.

4.2. Montagem

A montagem da amostra é importante para facilitar o seu manuseio, quando o tamanho é reduzido, e evitar que as arestas, no caso de existirem, danifiquem a lixa ou o pano de polimento, (Rohde, 2010).

Segundo Fazano (1980) a montagem pode ser feita a frio ou a quente. Quando é realizado a frio utilizam-se resinas sintéticas de polimerização rápida, a mistura é composta pela resina e pelo endurecedor. De seguida a mistura é vazada dentro de um copo de plástico, onde se encontra a amostra. A polimerização pode chegar a atingir temperaturas entre 50 a 120°C e o tempo de endurecimento variar entre 0,2 a 24 horas. Estes dados variam de acordo com os materiais utilizados para realizar a mistura. Normalmente, este tipo de resina é utilizado em amostras que são sensíveis ao calor e à pressão.

Há dois tipos de resina para efetuar montagens, a frio a resina epóxi e a acrílica. Nas resinas epóxi o tempo de endurecimento é elevado mas a aderência obtida é muito boa, algumas resinas deste tipo são colocadas em estufas. Quando se pretende

tempos de cura mais baixos uma boa escolha é a resina acrílica, (Struers Ensuring Certainty).

Na montagem a quente usam-se resinas termoplásticas e termoendurecedoras, sendo realizada em prensas de montagem. Na prensa de montagem a amostra é colocada num cilindro, existente dentro da prensa, e seguidamente é colocada a resina. Durante a montagem a temperatura pode chegar aos 200°C e a força até 50KN, (Struers Ensuring Certainty). O seu arrefecimento, geralmente com água, deve ser realizado a uma pressão baixa com o objetivo de haver uma boa aderência. O tempo de endurecimento é pequeno e os resultados obtidos são de boa qualidade.

Os defeitos que podem ocorrer na montagem a frio são três: bolhas, fissuramento e falta de fusão, (Borges). As bolhas aparecem quando a mistura foi efetuada rapidamente ou a temperatura durante o endurecimento foi elevada. O fissuramento ocorre quando as quantidades de resina e endurecedor não foram as corretas. A falta de fusão acontece quando na mistura a quantidade de endurecedor é baixa.

Não se pode dizer que uma montagem é melhor que outra, porque a sua importância difere conforme o tipo de material a montar, desbaste e polimento que se vão realizar posteriormente e de acordo com os resultados finais pretendidos. A nível de custos a montagem a quente fica mais cara porque é necessário comprar o equipamento (prensa de montagem). Em relação ao tempo necessário de preparação depende do número de amostras a realizar, se forem muitas é mais vantajoso a montagem a frio. Em termos de qualidade, os melhores resultados são obtidos através da montagem a quente.

4.3. Desbaste

O desbaste tem como objetivo retirar todas as marcas causadas durante o corte, a amostra é desbastada consecutivamente com lixas de granulometria inferiores até serem retirados todos os riscos da lixa anterior.

Esta etapa pode ser realizada de duas formas, manual ou automática. No desbaste manual a amostra é trabalhada manualmente na lixa, no automático a amostra é fixa num dispositivo e sofre uma carga durante o processo. Independentemente da forma como é efetuado o processo está em constante lubrificação com água para minimizar o aquecimento.

Para Fazano (1980) a sequência das lixas mais indicada é 220, 320, 400, 600 ou 800mesh, e o tempo de desbaste vai aumentando para o dobro à medida que se muda de lixa.

Rohde (2010) diz que a sequência mais aplicável é 100, 220, 320, 400, 600 e 1200mesh, podendo existir variações.

Segundo Borges, a sequência normalmente usada é 80,120, 240, 320, 400, 600 e 1200mesh. Se for com discos abrasivos pode-se começar com a lixa 120mesh e se a velocidade de corte for reduzida e a superfície não estiver muito danificada pode ser a partir da lixa 320mesh. Se o desbaste for mecânico não é necessário mais de que um minuto em cada de lixa.

De modo aos resultados obtidos não serem falsos deve-se ter em atenção alguns fatores, como as lixas serem escolhidas de acordo com a amostra a analisar. A superfície da amostra deve ser lavada, para eliminar todos os resíduos que possam provocar reações químicas, e a lixa deve ser mudada quando o material a lixar é diferente do anterior.

4.4. Polimento

A função do polimento é deixar a amostra sem riscos e espelhada, de forma a quando for analisada ao microscópio se obter uma imagem clara e perfeita. Antes de se realizar o polimento a superfície da amostra a analisar deve ser limpa para eliminar todos os resíduos existentes.

Segundo Fazano (1980), o polimento pode ser realizado por um processo mecânico, eletrolítico ou químico.

O polimento mecânico pode ser manual ou automático. As diferenças de manual e automático são iguais às do desbaste. Os agentes polidores mais usados neste polimento são a Al_2O_3 (em forma de pasta ou suspensão) e Diamante natural ou sintético.

No polimento eletrolítico a superfície da amostra sofre uma dissolução eletroquímica, os eletrólitos mais usados têm por base ácido perclórico e álcool. No polimento químico a amostra é tratada com uma solução química.

Para o polimento ser realizado com sucesso a superfície deve estar limpa e sem sinais de desbaste para evitar riscos. A escolha do pano de polimento e o agente polidor de acordo com a amostra são essências para obter os resultados pretendidos. O tempo de

polimento não deve ser elevado para evitar o abaulamento das bordas. Tal como no desbaste, não se deve polir materiais diferentes no mesmo pano.

4.5. Ataque

O ataque tem como função permitir a distinção dos microconstituintes da estrutura, por esse motivo só é realizado quando não se consegue diferenciar os microconstituintes depois do acabamento.

No ataque, como nas etapas anteriores, a amostra tem que ser lavada para retirar as substâncias e os resíduos causados na etapa anterior.

O ataque pode ser realizado através de diferentes reagentes que podem conter dois tipos de solventes diferentes uma solução aquosa ou alcoólica, (Kauczor, 1972). Quando é realizado em soluções alcoólicas a amostra não deve conter água, por isso antes do ataque deve ser passada por álcool.

Esta etapa pode ser realizada de duas formas, a superfície da amostra fica submersa no reagente agitando-a um pouco ou passando algodão contendo o reagente na superfície. Quando são reagentes que possam trazer malefícios à pessoa que está a realizar a tarefa devem ser usadas tenazes indicadas para o efeito. À medida que o reagente vai atuando a superfície vai ficando fosca. No fim do ataque a amostra deve ser lavada passando-a por álcool e com ar pressurizado para ser seca, para a secagem ser mais rápida pode-se passar com um pano sobre a superfície, mas com cuidado para não riscar a amostra.

4.6. Análise ao Microscópio

As amostras no fim de devidamente preparadas são analisadas e fotografadas ao microscópio para retirar as conclusões pretendidas.

Através do microscópio ótico consegue-se ampliar e regular o que se pretende observar, isto é possível com as várias lentes que possui.

O posicionamento da amostra, iluminação, focagem e a escolha da lente são fatores muito importantes para as conclusões retiradas serem válidas.

4.7. Aplicação

Na empresa TEandM são realizadas análises metalográficas aos revestimentos aplicados nas peças quando há modificações na granulometria do pó, nos equipamentos de projeção, na preparação superficial dos componentes, no operador que realiza a projeção ou quando o cliente pede uma validação do revestimento realizado nas suas peças.

Esta análise tem como objetivo a deteção de poros, óxidos, partículas não fundidas, fissuras e outros defeitos, sendo os limites máximos para esses defeitos ditados por quem avalia os revestimentos ou pelos clientes. As análises são realizadas com o auxílio do microscópio ótico da *Carl Zeiss*, modelo *Axio Scope.A1* e com o número de série 3327000101, Figura 4.1.



Figura 4.1. Microscópio ótico.

Com o auxílio da câmara fotográfica que o microscópio possui e o programa instalado no computador, no fim das amostras serem analisadas, são retiradas duas fotos com aumento de 200X e outras duas com aumento de 500X. Posteriormente, as fotos são colocadas na ficha de validação do revestimento.

Foi proposto fazer uma otimização ao processo de acabamento (desbaste e polimento) com o objetivo de reduzir o tempo e os custos de operação. Por vezes os resultados obtidos nem sempre eram os desejáveis, uma vez que a amostra não ficava límpida para ser analisada e o processo de acabamento tinha que ser repetido. As amostras são cortadas de um provete retangular, aço AISI 321, $TiAl_6V_4$ ou Alumínio 5052 ou 6061 de acordo com a reparação em causa, com $75 \times 45 \times 1,2$ mm, em que a sua preparação, procedimento e condições de revestimento são iguais às do revestimento dos componentes.

4.7.1. Processo Aplicado Anteriormente

Corte

O corte por abrasão a húmido das amostras é realizado com a máquina de corte da *Buehler*, modelo *Isomet 400 11-2680* e com o número de série 639-IS4S-01244, Figura 4.2 (a). A lubrificação durante o corte é feita através de um sistema de recirculação, Figura 4.2 (b), em que o lubrificante é um fluido de corte e anti-corrosivo.



(a)



(b)

Figura 4.2. (a) Máquina de corte; (b) Sistema de recirculação.

Os parâmetros selecionados na máquina de corte estão indicados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Parâmetros a selecionar na máquina de corte.

Material	Velocidade da lâmina	Taxa de alimentação
Disco CBN	4000r/m	3,3mm/min

No fim de seccionada a amostra é lavada e seca com recurso a ar comprimido para eliminar os resíduos existentes.

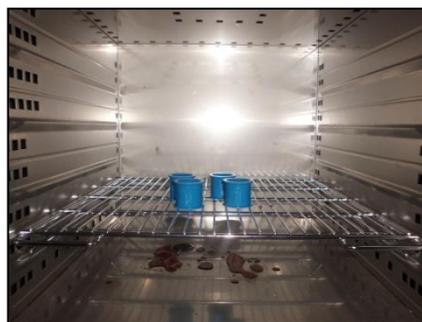
Montagem

A montagem das amostras é realizada com o auxílio da resina *EpoHeat*, resina de montagem a frio do tipo epóxi, e a sua preparação é efetuada de acordo com as recomendações do produto. A mistura é depositada num copo de plástico. O copo de plástico antes de receber a resina é enxaguado com um desmoldante, que ajuda na desmoldação posteriormente. A amostra já se encontra dentro do copo, com a superfície que pretendemos analisar virada para baixo, ficando equidistante das paredes internas do copo segura com um clip de plástico que ajuda na sua fixação. De seguida é colocada na

estufa da *Medcenter Einrichtungen GmbH*, modelo *Venticell 55* e com o número de série B 071091, Figura 4.3, no programa 2 que está programado para 1 hora e 15 minutos à temperatura de 55°C. Por último deixa-se a amostra arrefecer aproximadamente 15 minutos e de seguida desmolda-se do copo.



(a)



(b)

Figura 4.3. (a) Estufa; (b) Amostras no interior da estufa.

Acabamento

As duas etapas (desbaste e polimento) que compõe o acabamento são realizadas com recurso a polidora da *Buehler*, modelo *Alpha 49-5500230D* e número de série 640-PXA-22633, Figura 4.4.



Figura 4.4. Polidora.

O processo de desbaste e polimento utilizado estão representados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Processo de desbaste e polimento.

Material	Duração, minutos	Sentido de rotação	Velocidade de rotação
Lixa 240	8	Complementar ¹	Baixa
Lixa 600	8	Contra ²	Baixa
Lixa 1200	8	Contra	Baixa
Pano <i>ChemoMet</i> com suspensão aquosa de alumina de 0,05µm	6	Complementar	Baixa

As lixas são de SiC e antes de serem colocadas no prato são passadas por água para terem uma melhor aderência. Durante o desbaste a torneira de água que a polidora possui está sempre aberta, com um caudal de água constante, para minimizar o aquecimento.

No polimento só são necessárias umas gotas de água constantemente para o pano se manter húmido e a alumina não aderir ao pano. A alumina encontra-se armazenada num frasco e é colocada de vez em quando durante o polimento.

Entre cada lixa e o polimento a amostra deve ser lavada e seca, com recurso a ar comprimido. Tendo como objetivo retirar grãos de lixa que possam ter ficado na amostra e assim observar-se o acabamento produzido.

No fim do polimento o pano deve ser lavado para retirar a restante suspensão aquosa de alumina e a amostra deve ser lavada e seca, como referido anteriormente, e ainda se deve passar um pano com álcool sobre a superfície a analisar.

4.7.2. Estudo

Após realizada uma pesquisa sobre como efetuar o acabamento em amostras de aço inoxidável para análise metalográfica foram preparadas três amostras, cada uma com um seccionamento de chapa seccionado anteriormente.

Durante a pesquisa foi constatado que se deviam utilizar lixas de diferentes granulometrias do que as que estavam a ser utilizadas, dado que se passava de uma lixa de 240mesh para uma de 600mesh. A lixa de 600mesh não conseguia retirar todos os riscos

¹ No sentido de rotação complementar o prato e o suporte da amostra têm o mesmo sentido de rotação.

² No sentido de rotação contra o prato e o suporte da amostra têm sentido de rotação opostos.

provocados pela lixa de 240mesh. Para combater esse defeito foi encomendado ao fornecedor de lixas da TEandM a lixa de 400mesh, dado que não existia em *stock* enviou a lixa de 320mesh. Esta lixa foi útil na medida em que diminuía a granulometria na passagem da lixa de 240 para a de 600mesh.

O processo aplicado em cada amostra está representado na Tabela 4.3, Tabela 4.4 e Tabela 4.5.

Tabela 4.3. Processo aplicado na amostra 1.

Material	Duração, minutos	Sentido de rotação	Velocidade de rotação
Lixa 240	7	Complementar	Alta
Lixa 320	2	Contra	Alta
Lixa 600	2	Complementar	Alta
Lixa 1200	2	Contra	Alta
Pano <i>ChemoMet</i> com suspensão aquosa de alumina de 0,05 μ m	2	Complementar	Baixa

No fim de analisar a amostra verificou-se que ainda não estava bem preparada para ser analisada metalograficamente, ainda contém alguns riscos como se pode observar na Figura 4.5. Pode-se concluir que se deve ao facto da lixa de 320mesh não ter conseguido retirar todos os riscos provocados pela lixa de 240mesh.

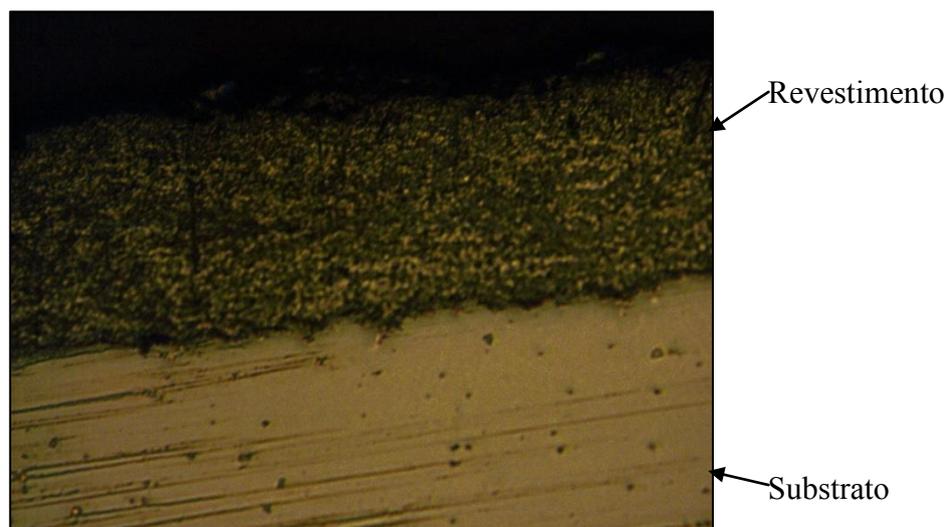


Figura 4.5. Amostra 1 ampliada 200X.

Para a lixa de 320mesh conseguir retirar todos os riscos causados anteriormente foi aumentado o tempo de desbastamento nesta lixa e sucessivamente nas lixas seguintes.

Tabela 4.4. Processo aplicado na amostra 2.

Material	Duração, minutos	Sentido de rotação	Velocidade de rotação
Lixa 240	8	Complementar	Alta
Lixa 320	6	Contra	Alta
Lixa 600	6	Complementar	Alta
Lixa 1200	6	Contra	Alta
Pano <i>ChemoMet</i> com suspensão aquosa de alumina de 0,05 μ m	4	Complementar	Baixa

Conclui-se que os resultados obtidos desta amostra são os pretendidos, está límpida sem quaisquer riscos que possam influenciar a análise, Figura 4.6.

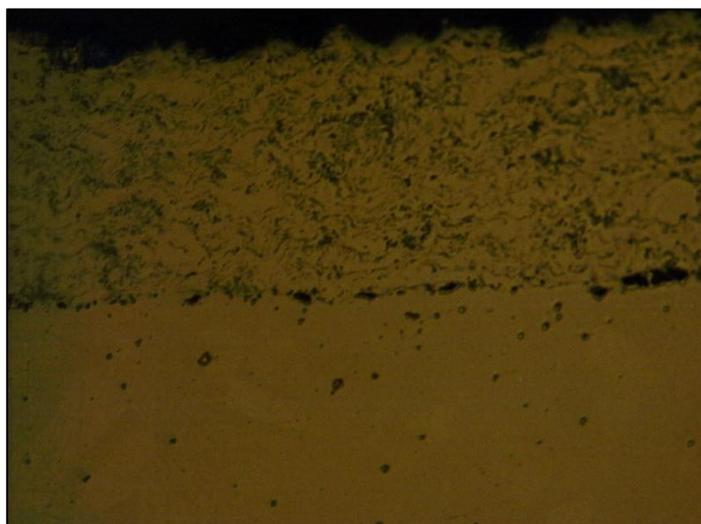


Figura 4.6. Amostra 2 ampliada 200X.

Na amostra seguinte, o tempo de desbastamento com a lixa de 240mesh foi diminuído, com o objetivo de se poder diminuir o tempo nas restantes etapas. No fim de três minutos concluiu-se que a lixa de 240mesh já tinha retirado os riscos causados pelo corte e os resíduos da resina e então o tempo das lixas seguintes podem ser diminuídos.

Tabela 4.5. Processo aplicado na amostra 3.

Material	Duração, minutos	Sentido de rotação	Velocidade de rotação
Lixa 240	3	Complementar	Alta
Lixa 320	3	Contra	Alta
Lixa 600	3	Complementar	Alta
Lixa 1200	3	Contra	Alta
Pano <i>ChemoMet</i> com suspensão aquosa de alumina de 0,05 μ m	2	Complementar	Baixa

No fim de analisar as três amostras concluiu-se que a melhor técnica a ser utilizada era a terceira, uma vez que os resultados na análise eram os pretendidos, Figura 4.7, e o tempo necessário para a sua realização era mais baixo que na segunda opção.

**Figura 4.7.** Amostra 3 ampliada 200X.

Nas próximas amostras realizadas para clientes a terceira técnica foi a utilizada, por vezes o polimento não ficava como pretendido, por esse motivo aumentou-se o tempo de polimento para quatro minutos.

Durante o estudo realizado constatou-se que existiam vários tipos de resinas e com tempos de cura menores. Foram contactados dois fornecedores de resinas, Gravimeta – Sistemas de Pesagem, Lda e Izava Portugal – Distribuições Técnicas, Lda, indicando o

tipo de resina pretendida, resina acrílica, e o material das amostras para ser indicado qual a resina mais adequada.

A resina adotada foi a *Varikleer Acrylic System*, a preparação da montagem é igual a da resina *EpoHeat*, com a diferença de não necessitar de ir a estufa nem de arrefecer posteriormente, só é necessário aguardar dez a quinze minutos à temperatura ambiente para endurecer e fica preparada para a fase seguinte. Esta é uma resina de montagem a frio do tipo acrílica.

Quando o fornecimento da resina foi efetuado realizou-se uma amostra para experimentar a resina, o procedimento experimental realizado está demonstrado na Tabela 4.5, com a exceção do polimento que foi de quatro minutos. O resultado obtido pode ser observado na Figura 4.8, podendo-se constatar que não é o esperado, a amostra não se encontra límpida e sem riscos.

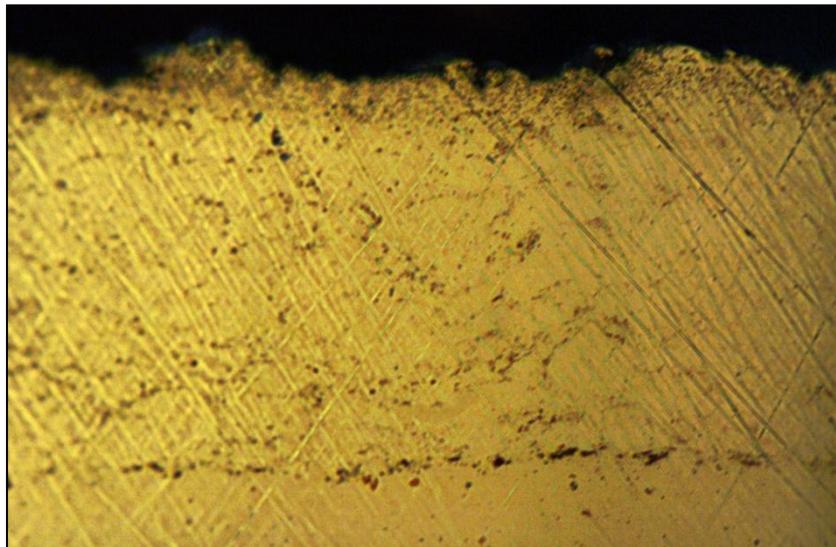


Figura 4.8. Amostra ampliada 200X.

Realizou-se uma nova pesquisa para tentar perceber o sucedido. Pela pesquisa concluiu-se que se devia usar outro pano entre a lixa de 1200mesh e o pano *ChemoMet* e assim aumentar o tempo de utilização deste pano, (Voort). O outro pano passado a utilizar é o *TriDent* com uma suspensão monocristalina de diamante de 3 μ m.

Com a resina *EpoHeat* não tinha existido necessidade de usar o pano *TriDent* porque a qualidade de acabamento era menor.

Na amostra anterior foi passada a lixa de 1200mesh para retirar o polimento anterior e aplicamos o pano *TriDent* com uma suspensão monocristalina de diamante de 3 μ m durante três minutos e de seguida o pano *ChemoMet* com a suspensão aquosa de

alumina de $0,05\mu\text{m}$ durante cinco minutos e o resultado obtido está demonstrado na Figura 4.9. Através desta amostra já foi possível alcançar o resultado pretendido.

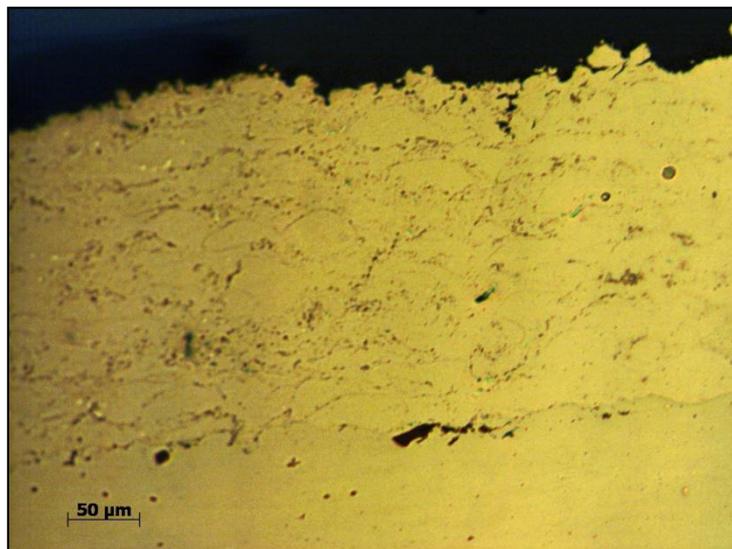


Figura 4.9. Amostra ampliada 200X.

O método de acabamento passado a usar está demonstrado na Tabela 4.6.

Tabela 4.6. Processo de desbaste e polimento.

Material	Duração, minutos	Sentido de rotação	Velocidade de rotação
Lixa 240	3	Complementar	Alta
Lixa 320	3	Contra	Alta
Lixa 600	5	Complementar	Alta
Lixa 1200	5	Contra	Alta
Pano <i>TriDent</i> com suspensão monocristalina de diamante de $3\mu\text{m}$.	3	Complementar	Baixa
Pano <i>ChemoMet</i> com suspensão aquosa de alumina de $0,05\mu\text{m}$	5	Contra	Baixa

4.7.2.1. Análise de Custos

Através do estudo realizado conseguiu-se diminuir o tempo de operação mas o mesmo não foi alcançado nos custos associados. Com a mudança da resina o custo da resina diminuiu, no entanto a introdução de novos consumíveis aumentou o custo total por amostra.

Os tempos de corte e montagem, exceto tempo de endurecimento, continuaram a ser iguais, por isso não vão ser contabilizados neste estudo. O tempo de análise ao microscópio também não vai ser tido em conta uma vez que não existe forma de o contabilizar.

Custos tempo de operação

O tempo de endurecimento no processo antigo era de 1 hora e 15 minutos na estufa, 15 minutos de arrefecimento e o tempo de acabamento era de 30 minutos.

Atualmente, o tempo de endurecimento é de 15 minutos e o de acabamento é de 24 minutos.

O tempo entre um método de acabamento e outro não difere muito, mas tem como vantagem o facto de o procedimento atual ser mais eficaz, reduzindo a probabilidade de ser necessário repetir o procedimento para se retirar as conclusões necessárias da análise da amostra. Uma vez que a amostra só demora 15 minutos a endurecer, a preparação da amostra pode ser realizada de uma só vez, não havendo necessidade de ocupar o tempo de cura na estufa com outra atividade.

Custos de consumíveis

No procedimento novo de preparação de amostras aumentou o consumo de consumíveis, lixas de 320mesh, pano *TriDent* e suspensão monocristalina de diamante. No entanto deixou de ser necessário o uso da estufa e com isso o seu gasto energético, e a nova resina e endurecedor são mais baratos que os anteriores. Os restantes consumíveis são utilizados nos dois tipos de preparação.

Na Tabela 4.7 é feita uma comparação entre o tempo de operação e os custos dos consumíveis anteriores e os atuais para uma preparação de amostra.

Tabela 4.7. Comparação de tempo de operação e custos dos consumíveis.

		Anterior	Atual
Tempo de operação, horas	Endurecimento + Arrefecimento	1,50	0,25
	Acabamento	0,5	0,4
Custo dos consumíveis, euros	Gasto Energético	0,1	---
	Resina e Endurecedor	3,82	2,28
	Lixa 320 mesh	---	0,78
	Pano <i>Trident</i>	---	0,62
	Suspensão Monocristalina de diamante de 3 μ m	---	0,94

Pode-se concluir que com o novo método o tempo de produção tanto a nível de endurecimento como de acabamento diminuiu. Uma vez que atualmente não é necessário arrefecimento conseguiu-se diminuir 1 hora no endurecimento e arrefecimento do método anterior para o atual. Os custos dos consumíveis tiveram um aumento cerca de 0,70 euros por amostra, mas se tiver em conta que através deste método a probabilidade de repetir o acabamento diminuiu, acaba-se por ter um ganho tanto a nível de tempo como a nível de consumíveis.

A disponibilidade da estufa para outros fins aumentou, acarretando uma vantagem de grau significativo uma vez que quando se realiza análise metalográfica também são realizados ensaios de tensão/ adesão. Deste modo à medida que se realiza a preparação da amostra a cura dos provetes pode ser efetuada, reduzindo assim o tempo total da realização dos ensaios, passando aproximadamente de 3 horas e 30 minutos para 2 horas.

5. OUTRAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Na Figura 1.1 podem ser visualizadas as outras atividades que foram realizadas ao longo do estágio. Neste Capítulo será explicado o objetivo e o modo de concretização de cada atividade.

Identificação de Aços

Anteriormente, no momento da receção dos aços era colocada uma etiqueta com nome, referência, aplicação, número de encomenda e lote. De seguida os aços eram levados para o armazém da ferramentaria, que contém várias prateleiras identificadas por tipo de material, onde os aços eram colocados na prateleira correspondente. Concluiu-se que esse método não era o mais eficaz, uma vez que à medida que o aço era usado a etiqueta se degradava e deixava de ser possível verificar o que estava escrito.

Pelo motivo mencionado o Departamento de Qualidade sugeriu outro método de rastreabilidade para os aços de modo que a informação não fosse perdida ao longo do tempo. Esse método passou por criar uma tabela, APÊNDICE D, onde a informação sobre o material, encomenda e lote é colocada. A cada lote corresponde um número que é assinalado no aço correspondente, através de uma caneta que resiste ao manuseamento durante a maquinação e ao óleo de corte. Alguns materiais mencionados no APENDICE D não têm encomenda nem lote, porque no momento do preenchimento da tabela dos materiais já existentes no armazém a sua etiqueta estava degrada ou inexistente.

É importante os aços estarem identificados para que qualquer operador tenha a certeza que tipo de aço está a utilizar. Identificar unicamente as prateleiras não é o suficiente uma vez que por descuido podem ser colocados no local errado.

Quando se trata de fabricação de componentes novos para venda, é necessária a rastreabilidade do aço. No método anterior havia muitas vezes dúvidas levando a compra de aço novo contra o consumo do existente. Os materiais duvidosos são utilizados em consumo interno para o fabrico de ferramentas.

Levantamento dos EPI's e Fichas de Segurança

Durante a realização do estágio foi elaborado o “Manual sobre o uso e manutenção dos EPI's”. Para a sua realização foi necessário fazer o levantamento dos EPI's utilizados na empresa e em que ocasião estavam a ser utilizados, APÊNDICE E.

Em alguns casos para saber se o EPI era o correto para a aplicação que estava a ser utilizado foi preciso recolher as fichas de segurança das matérias-primas utilizadas na projeção, gases, tintas, diluentes, óleos e outros produtos químicos. A recolha das fichas de segurança também ajudou a concluir que alguns produtos não estavam devidamente armazenados.

Ensaio de Tensão/ Adesão

Os ensaios de tensão/ adesão são realizados para se verificar a tensão de adesão entre o revestimento e o substrato. Estes têm que ser efetuados quando há modificações na granulometria do pó, nos equipamentos de projeção, na preparação superficial dos componentes, no operador que realiza a projeção e no tubo de cola para realizar a colagem dos provetes. Também são realizados quando o cliente pede uma validação do revestimento realizado nas suas peças.

Para validação de revestimentos é necessário decapar seis provetes, de aço AISI 321, $TiAl_6V_4$ ou Alumínio 5052 ou 6061, de acordo com a reparação em causa. Os provetes têm uma forma cilíndrica, aquando da sua fabricação são marcados com um número sequencial, CXXXXX, em que três vão receber revestimento igual ao depositado nas peças. Depois cada um dos provetes revestidos é colado a um dos provetes que só foi decapado, são colocados num suporte e levados à estufa durante cinco minutos a uma temperatura de 177°C. No caso da validação da cola nenhum dos provetes recebe revestimento.

No fim dos provetes arrefecerem é realizado o ensaio de tensão/ adesão aos três conjuntos de provetes na máquina da *Zwick/Roell* e modelo BT1-FB050TN.D30, com a força de tração aplicada a uma taxa de 1mm/min. Dos três ensaios resulta um gráfico onde é registada a tensão de rutura que é comparado com a tensão de adesão pretendida. No caso da validação da cola é verificado se a cola superou a tensão de adesão que é indicada nas propriedades da cola.

Líquidos Penetrantes

Por vezes são realizadas soldaduras em alguns dos componentes que recebem revestimento. Quando solicitado pelo cliente são realizados ensaios não destrutivos por líquidos penetrantes. Este ensaio tem como objetivo detetar defeitos ou discontinuidades (como fissuras, trincas, dobras) à superfície de materiais não porosos, como por exemplo, no alumínio, magnésio, aços inoxidáveis e ligas de titânio.

O ensaio foi realizado em três hastes de titânio em zona de rosca. O procedimento aplicado é composto por seis passos: preparação da superfície, aplicação do penetrante, remoção do líquido em excesso, aplicação do revelador, inspeção e interpretação, e limpeza da superfície analisada.

No primeiro passo a superfície a analisar é limpa com acetona para eliminar todos os resíduos existentes, como óxidos, lubrificantes, impurezas.

O penetrante é aplicado na zona da peça que se pretendia analisar, zona de roscas, através de latas pressurizadas. É necessário aguardar vinte minutos para passar ao passo seguinte, tempo necessário para o líquido penetrar nas discontinuidades.

A remoção do líquido aplicado em excesso é feita cuidadosamente para não remover o líquido presente nas discontinuidades nem deixar líquido em excesso. Para retirar o excesso é utilizado um removedor solvente.

Aplica-se o revelador e aguarda-se cinco minutos para o revelador absorver o líquido presente nas discontinuidades e revelá-las.

A inspeção das discontinuidades reveladas no passo anterior é realizada com uma boa incidência de luz para não existirem dificuldades a visualizar os resultados, podendo ser observado um dos resultados na Figura 5.1. Conclui-se que não existia nenhuma discontinuidade na peça, mas que a limpeza inicial não tinha sido realizada com sucesso, uma vez que tinha algumas impurezas.



Figura 5.1. Resultado do ensaio numa haste.

Por último a superfície analisada é limpa para eliminar todos os resíduos deixados nos passos anteriores para não prejudicarem os próximos trabalhos.

Aeronáutica

Na área da aeronáutica foram revistos os procedimentos internos realizados aos componentes da família de motores CFM56 que são reparados na TEandM. Esta revisão foi realizada cruzando a informação interna com a informação técnica existente nos manuais de reparação do fabricante. Para ser efetuada com sucesso foi necessário uma familiarização com a linguagem técnica utilizada nos manuais, perceber o funcionamento dos motores e a sua constituição. Com esta revisão foi apreendido alguns processos que os componentes do motor sofrem na sua reparação, testes antes de serem reparados, técnicas aplicadas, materiais utilizados e posteriormente análise no fim da reparação.

Neste contexto, foi fundamental a visita às instalações da TAP Manutenção e Engenharia em Lisboa, onde permitiu conciliar o trabalho desenvolvido em sala com a visita às oficinas de reparação dos motores.

Capacidade Produtiva Instalada

Foi elaborado um documento com a capacidade produtiva instalada na TEandM para os equipamentos de revestimento, maquinaria e medição/tração/análise. Nesse documento são indicados o equipamento, marca, modelo e capacidade. As tabelas referentes à capacidade produtiva dos 3 grupos mencionados em cima encontram-se no APÊNDICE F.

6. CONCLUSÕES

Os objetivos propostos ao longo do estágio foram atingidos, uma vez que o *software* de gestão da manutenção se encontra em funcionamento e todos os operadores sabem a sua utilidade, como devem agir perante uma intervenção corretiva e como realizar as intervenções preventivas. Este procedimento vai, médio prazo, aumentar a disponibilidade dos equipamentos e o MTBF, a qualidade dos componentes é preservada e melhorada e a motivação dos operadores também aumenta.

A otimização das técnicas de preparação de amostras metalográficas permitiu ganhos significativos em termos do tempo para obter os resultados corretos, tendo consequência direta na redução do tempo de ocupação do técnico.

6.1. Trabalho Futuro

Na continuidade do trabalho efetuado, perante o *software*, o passo seguinte é realizar o inventário dos materiais existentes para realizar a manutenção tanto corretiva como preventiva. Este inventário irá ajudar a determinar as quantidades exatas presentes no *stock*, e corrigir desvios existentes. Posteriormente, na receção de componentes a sua informação será inserida no *software*, como fornecedor, custo e local de armazenamento. Com o tratamento desta informação será possível atribuir um custo aos materiais consumidos nas intervenções, aumentando a qualidade da imputação dos custos da manutenção.

Outra atividade futura passa por analisar o histórico dos equipamentos e aproveitar o facto de o sistema ser dinâmico para ajustar as periodicidades das intervenções e inserir outras intervenções que passaram a ser pertinentes terem uma manutenção planeada ou mesmo tornar inativas algumas manutenções preventivas. Esta análise ao histórico tem como objetivo diminuir as perdas de produção que ainda existam e otimizar o *stock* e os custos dos componentes no armazém.

6.2. Apreciação Final

Este estágio foi uma experiência muito positiva tanto a nível profissional como pessoal. A nível profissional houve oportunidade de aplicar conhecimentos adquiridos ao longo do curso e de ter um primeiro contato com matérias e experiências só adquiríveis em ambiente industrial. As competências desenvolvidas vão ser úteis na introdução no mercado de trabalho e no crescimento enquanto profissional. A nível pessoal, a oportunidade de ter contato com o meio industrial e de me relacionar com pessoas de várias hierarquias, contribuiu para o meu crescimento enquanto pessoa.

Por todos estes motivos considero que a realização de um estágio curricular é uma mais-valia para um aluno de mestrado, pois permite ganhar uma visão e experiência que só se adquire com o contacto com o meio industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associated Plasmatron Private Limited. (s.d.). Obtido em 1 de Julho de 2013, de <http://www.indiamart.com/associatedplasmatron/spray-coating.html>

Borges, J. N. *Preparação de amostras para análise microestrutural.* Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina.

Cabral, J. S. (1998). *Organização e gestão da manutenção: dos conceitos à prática.* Lisboa: Lidel.

Calvo, F. A. (1972). *Metalografia Practica.* Madrid: Alhambra.

CTCV. (s.d.). *Formação sobre Projeção Térmica .*

Fazano, C. A. (1980). *A prática metalográfica.* São Paulo, Brasil: Hemus .

Ferreira, L. A. (1998). *Uma introdução à manutenção.* Porto: Publindústria Edições Técnicas.

Grainger, S. (1989). *Engineering Coatings - design and application.* Abington, Cambridge: Abington Publishing.

Ivancice. (s.d.). Obtido em 1 de Julho de 2013, de <http://www.ivancice.cz/index.php>

Kauczor, É. (1972). *Processos de trabalho na metalografia.* São Paulo: Ed. Polígono.

Pinto, C. V. (1999). *Organização e gestão da manutenção.* Lisboa: Monitor.

Ramalho, A. (2012). Material de Apoio da Disciplina Gestão da Manutenção.

Responsive Coating Technology. (s.d.). Obtido em 1 de Julho de 2013, de <http://www.thermalspray.com/>

Rohde, R. A. (2010). *Metalografia Preparação de Amostras.* Laboratório de ensaios mecânicos e materiais - Universidade Regional Integrada Brasil .

Struers Ensuring Certainty. (s.d.). Obtido em 4 de Fevereiro de 2013, de www.struers.com

Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A. (2012). Manual do Sistema de Gestão da Qualidade e Inovação.

Tecnologia e Engenharia de Materiais, S.A. (s.d.). Obtido em 1 de Março de 2013, de <http://www.teandm.pt/>

Voort, G. F. The Science Behind Materials Preparation - A Guide to Materials Preparation e Analysis. In *Buehler Sum-Met* (pp. 45-50). United States of America: Buehler Ltd.

ANEXO A

Plano de Manutenção

Máquina: _____ Ref. TEandM: _____

	Diário	Mensal	Semestral	Anual	Anual	Bianual	4 anos	Automático	<input type="checkbox"/> Operador	<input type="checkbox"/> Manutenção	<input type="checkbox"/> Lubrificante
Recomendações											
A _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
B _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
C _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								

	Diário	Mensal	Semestral	Anual	Anual	Bianual	4 anos	Automático	<input type="checkbox"/> Operador	<input type="checkbox"/> Manutenção	<input type="checkbox"/> Lubrificante
Procedimentos											
1 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
2 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
3 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
4 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
5 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
6 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
7 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
8 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
9 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
10 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
11 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
12 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
13 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
14 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
15 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
16 _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								

ANEXO B**Registo de Inspeções Efetuadas****Máquina:** _____ **Ref. TEandM:** _____

Int.	Ext.	Manutenção	Calibração	Reparação	Doc. N.º	Ultima inspeção	Próxima inspeção	Ass.

ANEXO C

Registo de Manutenções

Máquina: _____

Ref. TEandM: _____

Horas Máquina: _____

MUDANÇA DE ÓLEO					
(a cada ___ Horas ou ___ anos)					
_____			_____		
Marca	Ref. ^a	Ref. ^a TEM	Marca	Ref. ^a	Ref. ^a TEM
_____			_____		
Marca	Ref. ^a	Ref. ^a TEM	Marca	Ref. ^a	Ref. ^a TEM
VERIFICAÇÕES					

Obs:					

Data da Próxima: ____/____/____
(mês/ano)

ou

N.º horas: _____

Data: ____/____/____

Ass:

ANEXO D

Registo de Manutenções

Ano:20__

Plano Anual de Manutenção Preventiva Máquina _____	Data:												
	Rúb.												
	Períodicidade /Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ

ANEXO E

Registo de Manutenções

Ano: 20__

Máquina: _____ <input type="checkbox"/>				
---	---	---	---	---

Tarefa ¹	Periodicidade / Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	Mensal												
	Mensal												
	Mensal												
	Mensal												
	Mensal												
	Rúbrica												

¹ Preencher onde aplicável, caso contrário traçar

ANEXO F

Ficha de Intervenção



Ficha de Intervenção / OT

Código:

Responsável:

Requerido Por:

Sistema:

Equipamento:

Grupo:

Data Abertura:

Tipo de Manutenção:

Data Início	Data Fim	Executado por	Hora Início	Hora Fim	Duração

(Continuar no verso da OT, caso seja necessário)

Descrição:

--	--

Material Aplicado:

Quantidade	Código	

(Continuar no verso da OT, caso seja necessário)

Observações:

Responsável Execução:

Responsável Manutenção:

APÊNDICE A

Lista de Recomendações

Máquina: _____ Ref. TEandM: _____

	Diário	Mensal	Semestral	Anual	Anual	Bianual	4 anos	Automático	<input type="checkbox"/> Operador	<input type="checkbox"/> Manutenção	<input type="checkbox"/> Lubrificante
Recomendações											
A _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
B _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
C _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								

Observações

1 _____

2 _____

3 _____

APÊNDICE B

Registo de Intervenções Corretivas

 <small>Technologia e Engenharia de Materiais, S.A.</small>		Data _____
Equipamento	<input style="width: 90%;" type="text"/>	
Avaria _____ _____ _____		
Tempo Máquina Parada _____		Técnico _____
 <small>Technologia e Engenharia de Materiais, S.A.</small>		Data _____
Equipamento	<input style="width: 90%;" type="text"/>	
Avaria _____ _____ _____		
Tempo Máquina Parada _____		Técnico _____
 <small>Technologia e Engenharia de Materiais, S.A.</small>		Data _____
Equipamento	<input style="width: 90%;" type="text"/>	
Avaria _____ _____ _____		
Tempo Máquina Parada _____		Técnico _____

APÊNDICE D

Lista de Aços

Armazém Aços



Nº	Material	Enc.	Lote
1	CK 45		
2	AISI D2		
3	AISI 316		
4	AISI 304		
5	AISI 431		
6	AISI 420		
7	COBRE		
8	BRONZE		
9	TITÂNIO		
10	TETLON		
11	ALUMINIO		
12	AISI 321		
13	VÁRICOES PISCADOS		
14	GRAFITE		
15	NYLON		
16	AISI 410	2012 05 12	423582
17	AISI 316	2011 04 29	86777
o 18	AISI 316	2010 00 99	717038
. 19	AISI 316	2011 02 53	101607
. 20	AISI 316	2011 02 53	101607
o 21	AISI 316	2010 00 99	954800
22	AISI 316	2011 05 02	22588
* 23	TITÂNIO	2009 02 47	2008 00 13
24	TITÂNIO	2009 03 05	32216
* 25	TITÂNIO	2009 02 47	2008 00 13

Armazém Aços

Nº	Material	Enc.	Lote
26	TITÂNIO	2009 0230	20080813
27	TITÂNIO	20100458	20060490
28	AISI 316L	20120337	80521
Δ 29	SAF 2507	20120093	76223
Δ 30	SAF 2507	20120093	76223
31	SAF 2507	20110405	66371
32	AISI 321	20090220	
33	AISI 316L	20120339	40636
34	AISI 316L	20110366	23547
35	AISI 316L	20110405	17959
36	AISI 316L	20120337	40636
37	AISI 316L		
38	FR3		
39	M238 (1.2738)	20070038	
40	AISI 439	20120612	B7
41	ALUSANDVIK WNR. 14462	20130083	44649
42	AISI 304	20130169	
43	AISI 316	20130206	107925
44	AISI 304	20130166	
45	AISI 316	20130256	
46	AISI 316	20130273	
47	AISI 304	20130341	1305060419

APÊNDICE E

Lista de EPI'S

EPI	Tipo	Marca	Referência	Aplicação
Auriculares	---	3M	E-A-R Classic II	Locais ruidosos
Luvas	Vinil	Euronorms	200220	Polimento - maquinação
	Pele	North	NF35	Manipular peças com/sem óleo
	Borracha	Boxer	1121	Limpeza/ desengurramento
		Sol-Vex Edmont Ansell		Remoção química
	---	Mammut	4124	
	---	Mammut	Grose 10	Manipular peças mais pesadas
	Algodão	---	---	PVD
	---	Calorpo OF, Malleton 2	4224	Soldadura, projeção
	---	Comarex 35	---	Máquina de vapores
	Pele	Mercure 43-13 Ansell	---	Manipular peças quentes
Máscaras	Papel FFP3	Moldex	2405+	Decapadora(MC)
		Holox	194	Polimento- maquinação
		3M	9332+	Decapadora, limpeza
	Com viseira e filtro	3M	6700	Remoção química
	Com viseira e filtro A1B1E1K1P3	Sperian	---	Trabalhos PT fora da empresa
	Com viseira com vidro 11	Darcwin Autodarkening	DC-1	Soldadura
	Capacete filtro de ar	---	---	Projeção
	Climax com vidro 11	405 Electronic	---	Soldadura

Óculos	---	Bollé	1738-96	Rebarbar, furar
	---	Bollé	1738-15	Soldadura
	---	Uvex	1738-102	---
Sapatos	Sola antiderrapante, biqueira de aço	---	EN 345	---

APÊNDICE F

Capacidade Produtiva

Equipamentos de Revestimento			
Equipamento	Marca	Modelo	Capacidade
HVOF	Sulzer Metco	DJ2700HB	-----
HVOF	Sulzer Metco	CDS-100	-----
APS	Sulzer Metco	F4-MB	-----
APS	Castollin	T762	-----
LVOF	Sulzer Metco	6P-II	-----
EAWS	Hobart Tafa	8830 350A	-----
EAWS	Hobart Tafa	8830 250A	-----
PVD	CemeCon	CC800/8	Câmara Ø400x500mm
PVD	CemeCon	CC800/9	Câmara Ø650x800mm

Maquinação			
Equipamento	Marca	Modelo	Capacidade
Torno	Cegonhaira	Carioca	Comprimento do torno 2500mm Turno com carro 350X1500mm Turno sem carro 600mm
Torno	Cegonhaira	ERG 350	Comprimento do torno 2000mm Turno com carro 450mm Turno sem carro 700mm
Torno vertical	Webster & Bennet	46" SHS	Ø1200x1000mm
Retificadora cilíndrica	MSO	FGU 300x2000	Ø300x2000mm
Retificadora cilíndrica	Churchill	-----	Ø330x1100mm
Retificadora plana	ELB	D-6113	Mesa 500x300x300mm
Retificadora de camisas	Sunnen	-----	Ø70 a 530mm X 750mm comprimento
Retificadora de esferas	Prime	BGM1000	Esferas Ø200 a 1000mm
Fresadora horizontal	Vernier	FV 300	Mesa 1000x320x440mm

Medição/Tração/Análise			
Equipamento	Marca	Modelo	Capacidade
Medição 3D	Mitutoyo	EURO-C-A544	X-500mm Y-400mm Z-400mm
Ensaio tensão/ adesão	Zwick/Roell	BT1-FB050TN.D30	Célula de carga 25KN
Perfilometro	Mahr GmbH	MarSurf CD 120	-----
Microscópio	Carl Zeiss	Axio Scope.A1	Lentes (5x, 10x, 20x, 50x, 100x)
Lupa	Nikon	SMZ 800	2x
Durometro	Indentec	8150 LK	HR15N, HRC, HR15YW, HRBW, HR30TW, HR30N
Microdurómetro	Shimadzu	Tipo M	Hv
Rugosímetro	Perthon	M4Pi	-----
Rugosímetro	Mitutoyo	SJ-201	-----