

Manutenção Produtiva Total numa Fábrica de Carbonato de Cálcio Precipitado

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais

Autor

Hélder Filipe Torres Pereira

Orientadores

Doutor Fernando José Pimentel Lopes

Doutor Inácio Sousa Adelino da Fonseca

Professores do Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Supervisor

Engenheiro João de Melo

Specialty Minerals Portugal

Coimbra, junho 2020

Agradecimentos

Começo por agradecer à Minerals Technologies Inc./Specialty Minerals Portugal, na pessoa do Engenheiro João de Melo, por me ter recebido, apoiado e possibilitado o estágio curricular do Mestrado de Engenharia Eletrotécnica.

Agradeço aos meus orientadores Doutor Fernando Lopes e Doutor Inácio Fonseca pela amizade, disponibilidade e acompanhamento ao longo deste trajeto.

Agradeço a todos os colegas e restantes professores que fizeram parte do Mestrado de Engenharia Eletrotécnica.

Agradeço aos meus amigos pelo apoio motivacional.

Agradeço à minha família pelos incentivos ao longo do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica.

Agradeço aos meus pais, Florbela Paiva e Hélder Pereira, por todo o apoio ao longo do meu percurso académico.

O meu último agradecimento é dedicado à minha namorada, Joana de Oliveira, por todo o tempo despendido e apoio incansável.

Resumo

A evolução natural do ser humano conduziu o próprio a encontrar filosofias que melhorem a sua passagem pelo planeta, tendo como certo que nada é eterno. Filosofias que permitem alargar o ciclo da vida. Filosofias que permitem um menor número de dificuldades.

Seguindo a ordem de ideias do parágrafo anterior, também a manutenção segue uma evolução natural. Tal como o ser humano, também a máquina não é eterna; todavia persegue-se uma melhoria contínua em busca da maior eficiência possível.

Meio século após o seu aparecimento, a Minerals Technologies Inc. decide adotar e desenvolver, adaptada à sua realidade, o conceito de Manutenção Produtiva Total. Assim, em 2019 a Manutenção Produtiva Total fará parte do percurso académico do autor deste Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica.

A Manutenção Produtiva Total é baseada em alguns pilares que podem variar consoante a fonte de informação. Mais especificamente, a Minerals Technologies Inc. assenta o seu programa na eliminação das Seis Grandes Perdas, na Manutenção Planeada, na Manutenção Autónoma, na Engenharia Preventiva, em Produtos de Manufatura Simplificada e, por último, na Educação. Estes princípios suportam o lema “*Maintain equipment in optimal condition all of the time; striving for zero accidents, zero defects, and zero down time*”.

Com o desenvolvimento do Estágio, houve melhorias significativas no programa de lubrificação e de gestão de reservas. Por um lado, na gestão de reservas, foram atualizados e criados novos documentos para uma gestão de reservas mais eficaz, evitando a falta de informação relativa à localização ou estado do equipamento. Adicionalmente, foi projetado um armazém para reservas e lubrificantes de acordo com as necessidades da empresa. Devido ao facto de nem todos os equipamentos estarem identificados, cerca de 40%, foi feita uma verificação aos equipamentos e posteriormente foram etiquetados, passando para um total de 80%. Na lubrificação, foram criados *Single Point Lessons* com a informação necessária para auxiliar o colaborador na execução da sua atividade, passando de 16% de cobertura na fábrica para 100%. Adicionalmente, foi iniciada a implementação da Manutenção Autónoma nos compressores e agitadores de carbonadores, ficando como sugestão futura a continuação do trabalho desenvolvido com aplicação a outras zonas.

A Specialty Minerals Portugal, localizada na Figueira da Foz, produz Carbonato de Cálcio Precipitado para ser aplicado no fabrico do papel, produzindo em exclusividade para a The Navigator Company.

Este Estágio surge no momento em que a Specialty Minerals pretende implementar os conceitos de Manutenção Produtiva Total adotados pela Minerals Technologies Inc., inicialmente nas fases de produção e zonas consideradas críticas.

Devido ao extenso equipamento a manter, faz todo o sentido que os operadores sejam capazes de operar o referido equipamento e simultaneamente efetuar a sua manutenção de rotina, estabelecendo as condições básicas de funcionamento. É neste âmbito que se insere o trabalho desenvolvido neste Estágio Curricular, uma vez que se torna fundamental dotar a fábrica e incutir nos operadores a filosofia da Manutenção Produtiva Total.

Palavras-chave: Minerals Technologies Inc., Manutenção Produtiva Total, Carbonato de Cálcio Precipitado, Lean

Abstract

The natural evolution of the human being led himself to the finding of philosophies that improved his passage on the planet, taking for granted that nothing is eternal. Philosophies that allow us to extend our life span. Philosophies that allow us to have a lower number of mishaps.

Following this order of ideas, maintenance also follows a natural evolution. Just like the human being, the machine is not eternal; however, it is possible to continuously improve in pursuit of greater efficiency.

Half a century after its inception, Minerals Technologies Incorporated decides to adopt and develop, in line with its reality, the concept of Total Productive Maintenance. Thus, in 2019 Total Productive Maintenance will be part of the academic path of the author of this Internship Report with the aim of obtaining the Master's Degree in Electrical Engineering.

Total Productive Maintenance is based on some foundations that may vary depending on the source of information. More specifically, Minerals Technologies Inc. bases its program on the elimination of the six Big Losses, on Planned Maintenance, Autonomous Maintenance, Preventive Engineering, Easy-to-manufacture product design and, lastly, Education and Practice. These principles support the motto "Maintain equipment in optimal condition all of the time; striving for zero accidents, zero defects, and zero down time".

As the Internship developed, there were significant improvements in the lubrication program and spare parts management. In the spare parts management, new documents were updated and created for a more efficient management, avoiding the lack of information regarding the location or status of the equipment. Additionally, a warehouse for spare parts management and lubricants was designed according to the needs of the company. Due to the fact that not all equipment is identified, only about 40%, a check on the equipment was performed, being subsequently tagged, increasing identification to a total of 80%. In lubrication, Single Point Lessons were created with the necessary information to assist the employees in carrying out their activities, going from 16% of factory coverage to 100%. The implementation of autonomous maintenance was started on carbonator agitators and flue gas blowers. As a suggestion for future improvements, this work should be further extended to other sections of the plant.

Specialty Minerals Portugal, located in Figueira da Foz, produces Precipitated Calcium Carbonate to be used in the pulp and the paper industry, exclusively for The Navigator Company.

This Internship took place at the time when Specialty Minerals was aiming to implement the Total Productive Maintenance concepts adopted by Minerals Technologies Inc., initially in the production areas deemed critical.

Due to the large amount of equipment to be maintained, it makes perfect sense that the operators are able to operate the mentioned equipment and simultaneously perform its routine maintenance, by establishing the basic operating conditions. It is in this context that this Internship arises, since it becomes essential to endow the factory and instill in the operators the Total Productive Maintenance philosophy.

Key-words: Minerals Technologies Incorporated, Total Productive Maintenance, Precipitated Calcium Carbonate, Lean

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice.....	ix
Índice de figuras	xiii
Índice de tabelas	xv
Siglas e acrónimos	xvii
1 Introdução	1
1.1 Motivação e contexto.....	1
1.2 Objetivos.....	1
1.3 Apresentação da <i>Specialty Minerals Portugal</i>	2
1.4 Organização do documento.....	3
2 Manutenção Produtiva Total.....	5
2.1 Natureza de defeitos.....	6
2.2 <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	7
2.3 Eliminação das Seis Grandes Perdas	8
2.4 Manutenção Planeada.....	9
2.4.1 Limpar, lubrificar e ajustar.....	10
2.4.2 Condições de utilização	11
2.4.3 Restaurar	11
2.4.4 Engenharia	11
2.4.5 Educação e treino.....	11
2.4.6 Distribuição de funções	11
2.5 Manutenção Autónoma.....	12
2.5.1 Limpeza inicial	12
2.5.2 Eliminar fontes de contaminação	15
2.5.3 Padrões de limpeza e lubrificação	16
2.5.4 Inspeção global.....	17
2.5.5 Padronização da Manutenção Autónoma	18
2.5.6 Qualidade do processo, “Zero Defects”	20
2.5.7 Supervisão Autónoma	21
2.6 Engenharia Preventiva	23
2.7 Educação.....	23

3	Filosofia de Manutenção da Minerals Technologies Inc. (MTI)	25
3.1	Higiene e Segurança	25
3.1.1	Plano de trabalhos	25
3.1.2	Espaços confinados	26
3.1.3	Bloqueio, consignação e teste	27
3.1.4	Proteção respiratória	27
3.2	Visão da MTI sobre a Manutenção Produtiva Total	27
3.2.1	As sete etapas de manutenção autónoma na MTI	29
3.2.2	Os benefícios do programa	30
3.3	Programa de lubrificação	32
3.4	Gestão de reservas	33
3.4.1	Boas práticas para alcançar um bom armazém de reservas	34
3.4.2	Código interno para identificar armazém	34
3.4.3	Etiquetas de identificação	34
3.4.4	<i>Oracle Part Number (OPN)</i>	35
3.4.5	Itens que não são controlados no <i>software Oracle</i>	35
3.5	Manutenção Planeada	35
3.5.1	Compressores de Gás de Chaminé	35
3.5.2	Agitadores de Carbonadores	36
3.6	Apresentação do programa de Manutenção Autónoma	37
3.6.1	Apresentação em compressores de gás de chaminé	37
3.6.2	Implementação em Agitadores de Carbonadores	40
3.6.3	Listas de verificação, Etapa 4	42
3.7	Excelência de operações	42
3.7.1	5S	44
3.7.2	<i>Kaizen</i>	45
3.7.3	PDCA	45
3.7.4	A3	46
3.7.5	Outras metodologias abordadas na empresa	47
4	Implementação de conceitos de Manutenção Produtiva Total	49
4.1	Lubrificação	49
4.1.1	Identificação de equipamentos	50
4.1.2	Quadros Visuais	52
4.1.3	Atualização dos documentos de manutenção	53
4.1.4	Síntese	53
4.2	Gestão de reservas	53
4.2.1	Motores Elétricos	53
4.2.2	Outros armazéns	56

4.2.3	Trabalho futuro	57
4.3	Evento de Manutenção Autónoma em Compressores Gás Chaminé	57
4.3.1	Preparação da atividade.....	57
4.3.2	Execução da atividade de manutenção	60
4.4	Evento de Manutenção Autónoma em Agitadores (Carbonadores)	62
4.4.1	Preparação da atividade.....	62
4.4.2	Execução da atividade.....	63
4.5	Treinar operadores para a manutenção autónoma	65
4.6	Resultados obtidos após a implementação do programa	66
5	Conclusões e sugestões de trabalho futuro	67
5.1	Conclusões.....	67
5.2	Sugestões de trabalho futuro.....	68
	Bibliografia.....	69
	Anexos	71
	Anexo A – Diagrama completo de TPM (MTI).....	71
	Anexo B.1 – Modelo de organização de motores (parcial)	72
	Anexo B.3 – Modelo de organização de motores	73
	Anexo C.1 – Sugestão para armazém (1ª parte).....	74
	Anexo C.2 – Sugestão para armazém (2ª parte).....	75
	Anexo D.1 – PT-ATNR (frente).....	76
	Anexo D.2 – PT-ATNR (verso).....	77

Índice de figuras

Figura 1 - Vista aérea da Specialty Minerals Portugal.....	2
Figura 2 - Diagrama simplificado da MTI para a Manutenção Produtiva Total, adaptado de [1]	5
Figura 3 - Ciclo de vida do equipamento [4].....	6
Figura 4 - Diagrama de espaços confinados, adaptado de [12]	26
Figura 5 - Diagrama da TPM, elaborado pela MTI, adaptado de [1]	28
Figura 6 - Visão das quatro fases relativas à manutenção autónoma e planeada [1]	30
Figura 7 – Diagrama de um compressor de gás de chaminé	36
Figura 8 – Constituição do agitador de carbonador.....	37
Figura 9 - Borrachas de amortecimento do compressor [1]	39
Figura 10 - Exemplo de listas de verificação (parcial) da SMP	42
Figura 11 - Pirâmide com os dez pontos chave [14]	43
Figura 12 - Relação entre as cinco componentes do 5S [15].....	44
Figura 13 - Ciclo PDCA	46
Figura 14 - Fluxo de informação - A3, adaptado de [18]	47
Figura 15 - Antes e depois, placa de identificação	51
Figura 16 - Exemplo de <i>Single Point Lessons</i> (Quadros Visuais)	52
Figura 17 - Armazém de reserva (estado inicial).....	54
Figura 18 - Armazém após atividades de organização	55
Figura 19 – Exemplo de ficha de motor.....	55
Figura 20 - Exemplo de armário do Armazém 1, antes de ser organizado	56
Figura 21 - Armário após correção usando as recomendações	56
Figura 22 – Compressores com manómetros cobertos de poeiras	57
Figura 23 – Base do compressor sem marcações e motor coberto de poeiras	57
Figura 24 – Motor elétrico do compressor com <i>Drive End</i> contaminado com massa de lubrificação...58	
Figura 25 - Identificação da zona dos rolamentos do <i>compressor de gás de chaminé</i>	58
Figura 26 – Compressor de gás de chaminé antes da atividade de manutenção	60
Figura 27 – Comparação do estado do compressor de gás de chaminé, antes e depois da atividade – vista geral (a).....	61
Figura 28 - Comparação do estado do compressor de gás de chaminé antes e depois da atividade – vista geral (b).....	61
Figura 29 - Comparação do estado do do compressor de gás de chaminé, antes e depois da atividade – vista geral (c).....	62
Figura 30 - Inexistência de marcações de pontos de lubrificação	63
Figura 31 - Proteção de partes móveis não conforme.....	63
Figura 32 - Degradação avançada	63

Figura 33 - Fuga de PCC pelo selo	63
Figura 34 - Comparação do estado do Agitador, antes e depois da atividade - estado geral do equipamento.....	64
Figura 35 - Comparação do estado do Agitador, antes e depois da atividade - base e proteção partes móveis.....	65
Figura 36 - Comparação do estado do agitador, antes e depois da atividade - marcações de lubrificação e tampas reparadas	65
Figura 37 - <i>Orange Tag</i>	66

Índice de tabelas

Tabela 1 - Comparativo entre as seis grandes perdas, adaptado de [5]	8
Tabela 2 - Diagrama PDCA (CAPD) sobre Inspeção Global, adaptado de [3]	19
Tabela 3 - Divisão de tarefas entre manutenção e operação – atual vs. Futuro, adaptado de [1]	32
Tabela 4 - Divisão de tarefas entre especialização e operação, adaptado de [1]	40
Tabela 5 - Comparativo <i>Kaizen</i> , <i>Kaizen Events</i> e melhoramentos tradicionais [16].....	45
Tabela 6 - Resumo de identificação de equipamentos.....	51
Tabela 7 - Quantidade de SPL criados por tipo de equipamentos	52
Tabela 8 - Temperaturas do óleo dos rolamentos dos compressores de gás de chaminé	59
Tabela 9 - Valores medidos com medidor de vibração	59
Tabela 10 - Valores obtidos na consola de operação	59

Siglas e acrónimos

CAPD - *Check, Act, Plan, Do*

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FMEA - *Failure Mode Effects Analysis*

JSA – *Job Safety Analysis*

MTI – *Minerals Technologies Incorporated*

NVC – *The Navigator Company*

OEE – *Overall Equipment Efficiency*

OPN – *Oracle Part Number*

PCC – *Precipitated Calcium Carbonate*

PDCA - *Plan, Do, Check, Act*

PTATNR – Plano de Trabalho Atividade Trabalho Não Rotineira

SMP – *Specialty Minerals Portugal*

SPL – *Single Point Lesson*

TPM – *Total Productive Maintenance*

1 Introdução

Na segunda metade do século XX começam a ser implementados os primeiros conceitos de manutenção preventiva no Japão, com origem nos Estados Unidos da América.

No início da década de setenta a *Nippon Denso Co.* surge como pioneira da Manutenção Produtiva Total. A necessidade de pessoal no departamento de manutenção conjugada com a acelerada automação de processos fabris culminou com o desenvolvimento do programa no qual os operadores realizariam a manutenção de rotina. Os benefícios de rentabilidade desta gestão foram elevados e surgiu uma das ferramentas mais relevantes de filosofias *Lean*.

Para além da introdução ao relatório de estágio, este capítulo contará igualmente com uma abordagem à motivação e contexto do presente estágio e respetivos objetivos, incluindo também uma breve apresentação da empresa recetora do estagiário, assim como dos resultados obtidos. Por fim apresentará o conteúdo do relatório do ponto de vista da organização do documento.

1.1 Motivação e contexto

O estágio curricular para a conclusão do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica permite aprofundar os conhecimentos adquiridos durante a formação académica no contexto de uma atividade profissional.

Neste caso particular, o estágio permitiu adquirir novos conhecimentos num tema de extrema importância – A Manutenção, vista através de um padrão de Excelência de Operações.

A implementação de conceitos relacionados com a Manutenção Produtiva Total, do Inglês, *Total Productive Maintenance* (TPM), foi o foco principal do estágio. O programa de TPM foi implementado nos equipamentos definidos no programa da empresa - agitadores de carbonadores e compressores de gases de chaminé.

A empresa apresentava algumas debilidades em termos da organização de peças de reservas críticas, especialmente motores elétricos. Os armazéns não apresentavam uma organização suficientemente consistente, havendo dificuldades no controlo das diversas peças de substituição. Neste contexto, a lubrificação era pouco efetiva, não cumprindo com todos os requisitos da Minerals Technologies Incorporated (MTI). Tornava-se assim necessário melhorar estas componentes, incluindo-se assim essas melhorias nos objetivos do estágio.

1.2 Objetivos

O principal objetivo do Estágio de Mestrado foi o estudo e planeamento da implementação da Manutenção Produtiva Total numa fábrica de Carbonato de Cálcio Precipitado.

A principal componente do trabalho foi a implementação da manutenção autónoma nos agitadores de carbonadores e nos compressores de gases de chaminé, no entanto teve outras componentes relacionadas com a Manutenção Produtiva Total.

Inicialmente foram realizadas formações de segurança obrigatórias, uma vez que existem muitas normas de segurança que devem ser cumpridas.

Num segundo momento, pretendeu-se melhorar a organização na gestão das peças de reserva críticas, especialmente dedicada a motores elétricos.

Em seguida, foi adquirido conhecimento sobre o programa de Manutenção Produtiva Total da Minerals Technologies Inc., e foi elaborado um documento com as metas para o estágio por parte da Specialty

Minerals Portugal (SMP). A implementação da Manutenção Produtiva Total começou com práticas de lubrificação e gestão de reservas. Após a realização destas atividades, o estágio prosseguiu com a implementação da manutenção autónoma em duas áreas da fábrica como referido anteriormente: os agitadores de carbonadores e os compressores de gases de chaminé.

Por fim, o estágio terminou com a elaboração de toda a documentação referente ao trabalho desenvolvido.

1.3 Apresentação da Specialty Minerals Portugal

O estágio descrito neste relatório foi realizado na Specialty Minerals Portugal (SMP), que é uma fábrica satélite da Minerals Technology Incorporated (MTI), localizada nos Estados Unidos da América. A empresa satélite, local da realização deste estágio, está inserida no complexo da The Navigator Company, localizado na Figueira da Foz. A fábrica opera em regime de exclusividade para as instalações da Figueira da Foz da The Navigator Company (NVC).

A fábrica produz Carbonato de Cálcio Precipitado, ou em Inglês *Precipitated Calcium Carbonate* (PCC), que é aplicado pela NVC no seu processo de produção de papel. O Carbonato de Cálcio Precipitado é constituído por átomos de carbono, cálcio e oxigénio e a sua fórmula química é CaCO_3 .

Praticamente todo o PCC é obtido através da carbonação direta de Hidróxido de Cálcio (Ca(OH)_2). Para obter Hidróxido de cálcio mistura-se cal viva (CaO) com água (H_2O). Combinando o Hidróxido de Cálcio (Ca(OH)_2) com dióxido de carbono (CO_2) proveniente dos gases de chaminé da NVC obtém-se o PCC a partir do momento que é insolúvel na água.

O PCC pode ser utilizado também como aditivo alimentar, medicamentos e, como no caso em particular, na fabricação de papel.

Apesar de a SMP não ser uma fábrica diretamente relacionada com a engenharia eletrotécnica no que respeita ao processo produtivo, possui um diverso leque de equipamento elétrico e eletrónico no seu funcionamento diário, relacionado com a área onde se insere este estágio.



Figura 1 - Vista aérea da Specialty Minerals Portugal

1.4 Organização do documento

Este documento está dividido em 7 capítulos:

- O presente capítulo, Capítulo 1, contém a introdução, a motivação e contexto, os objetivos, a organização do documento e a apresentação da Specialty Minerals Portugal;
- No Capítulo 2, a Manutenção Produtiva Total é abordada destacando conteúdos como Seis Grandes Perdas, Manutenção Planeada, Manutenção Autónoma e a *Overall Equipment Effectiveness* (OEE);
- No Capítulo 3, é detalhada, dentro do possível, e na medida em que pode ser respeitada a confidencialidade da informação, a filosofia da MTI. São abordados temas de Higiene & Segurança, a visão da MTI sobre a Manutenção Produtiva Total, Manutenção Planeada e a Gestão de Reservas. São abordadas ainda as metodologias relacionadas com a excelência de operações, tema de grande relevância na empresa;
- No Capítulo 4 é descrito o trabalho desempenhado nos vários assuntos da Manutenção Produtiva Total;
- No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões do estágio;
- No final do documento encontram-se ainda as referências bibliográficas e um conjunto de anexos.

2 Manutenção Produtiva Total

Sob o lema “*Maintain equipment in optimal condition all of the time; striving for zero accidents, zero defects, and zero down time*”, a Specialty Minerals tem como objetivo o desenvolvimento e implementação do programa de Manutenção Produtiva Total, seguindo as diretrizes da Minerals Technology Incorporated [1].

O sucesso da Manutenção Produtiva Total pode ser avaliado através do conceito de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) que é um indicador com três componentes – Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. O tema será abordado em maior detalhe no Subcapítulo 2.2 [2].

O plano assenta na interligação de seis pilares representados na Figura 2 – eliminação das seis grandes perdas, manutenção planeada, manutenção autónoma, engenharia preventiva, produtos de manufatura simplificada e, por último, educação e prática. Os seis pilares implementados no seu conjunto e segundo a MTI, levarão a uma expectativa de obter condições ideais - Zero Acidentes, Zero Defeitos, Zero Paragens [1].

As seis grandes perdas permitem perceber quais as causas principais de desperdício, e por consequência, desenvolver soluções para as eliminar.

Dando continuação à abordagem das seis grandes perdas, a manutenção planeada e a manutenção autónoma caminham em paralelo tornando possível o restauro dos equipamentos ou mantendo-os em ótimas condições.

A engenharia preventiva ligada à educação e treino permite o desenvolvimento das capacidades dos colaboradores como também um acompanhamento dos equipamentos com maior rigor.

Por fim, para alcançar o sucesso, simplificar a manufatura de produtos resultará num menor número de problemas resultantes de processos, que por vezes, são complexos.

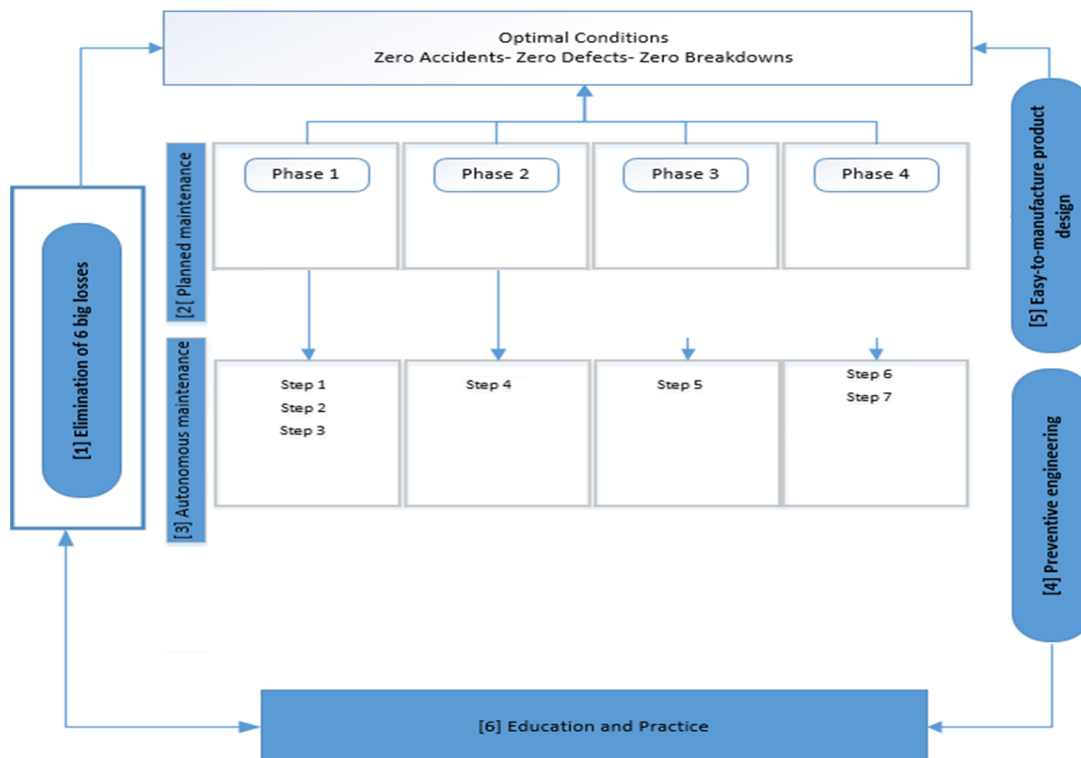


Figura 2 - Diagrama simplificado da MTI para a Manutenção Produtiva Total, adaptado de [1]

2.1 Natureza de defeitos

Na Manutenção Produtiva Total é fundamental dar atenção a todo o tipo de defeitos no equipamento. Assim, existe necessidade de resolver pequenos defeitos, tal como sujidade, corrosão ou até riscos. Ao longo do tempo, esses defeitos irão agravar-se e originar defeitos de maior calibre. Além dos defeitos de menor calibre referidos, existem outros classificados como “médio” e “grande”. Apenas os defeitos considerados como “grande” poderão originar paragens de equipamentos. Os defeitos de “médio” calibre apenas reduzem a capacidade de trabalho.

Na indústria existe o hábito de apenas serem resolvidos os defeitos quando são considerados “grandes” defeitos e comprometem a efetividade significativamente.

A filosofia da Manutenção Produtiva Total é precisamente o contrário – pretende-se incidir na raiz do problema (pequenos defeitos) reduzindo ao máximo a possibilidade de o equipamento entrar em rotura e, por consequência, originar uma das seis grandes perdas.

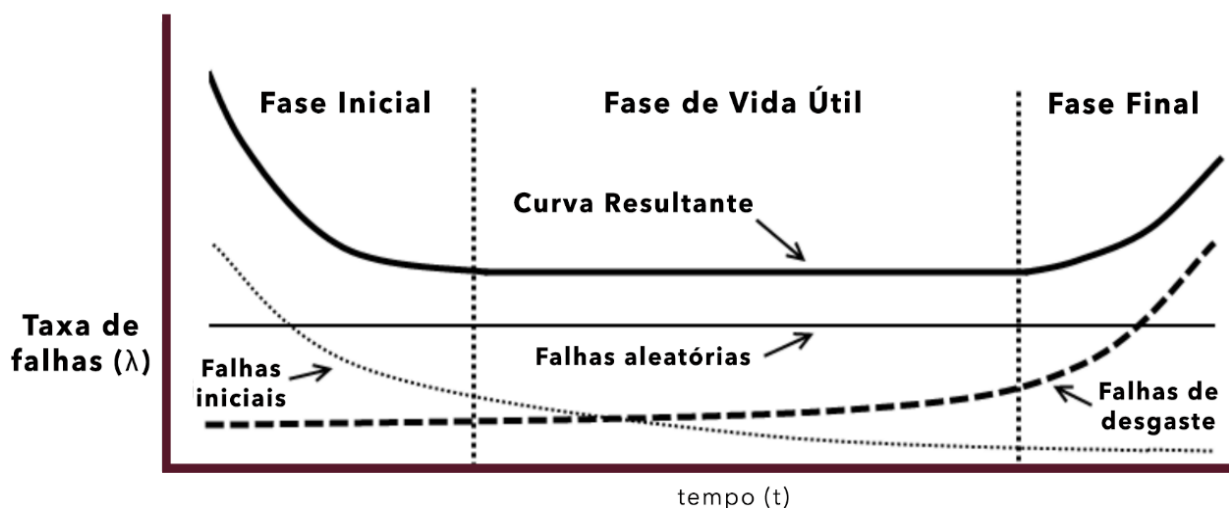
Além de se deteriorarem precocemente devido a manutenção deficiente, todos os equipamentos têm um período de vida limitado. Perante a impossibilidade de eliminar o envelhecimento dos equipamentos, é possível reduzir o número de paragens. O diagrama da Figura 3 ilustra o ciclo de vida de qualquer máquina ou equipamento. A abordagem é baseada em três fases – a primeira – Fase Inicial, normalmente resulta em paragens por má conceção por parte da engenharia. Em muitos casos não são respeitados os conselhos dos fabricantes resultando num ambiente pouco favorável para a durabilidade dos equipamentos. As configurações erradas dos equipamentos também resultam em paragens.

Após o término desta fase, é tempo de entrar na “Fase de Vida Útil”, onde maioritariamente ocorrerem falhas aleatórias causadas por uma manutenção ou operação não apropriada.

Por fim, numa terceira fase, a “Fase Final”, o equipamento entra em fim de vida e começam a ocorrer avarias frequentes, tornando-se imperial a substituição do equipamento.

Apesar de não ser possível concretizar a ausência de falhas numa primeira fase, tal como no fim de vida do equipamento, estas podem ser reduzidas caso a empresa opte pelo desenvolvimento e planeamento de estratégias de instalação e manutenção, numa fase inicial. A diminuição das avarias na última fase pode ser conseguida através de uma correta manutenção do equipamento [3] [4].

Figura 3 - Ciclo de vida do equipamento [4]



2.2 Overall Equipment Effectiveness

A *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), como o nome indica, analisa a Efetividade Global do Equipamento, é um indicador que permite avaliar a qualidade da manutenção aplicada ao equipamento. Este indicador tem como base três componentes – Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. Contudo, todas as pausas programadas para intervir no equipamento não interferem na OEE.

Em relação à disponibilidade, significa tanto uma paragem não esperada por falha de algum equipamento, como uma paragem planeada para intervir no equipamento. Uma vez que essas paragens não podem ser eliminadas totalmente, o objetivo será reduzi-las o máximo possível. Por sua vez a disponibilidade do equipamento pode ser calculada através da Equação 2.1 e da Equação 2.2.

$$\text{Tempo funcionamento} = \text{Tempo planeado funcionamento} - \text{Tempo paragem} \quad (2.1)$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo funcionamento}}{\text{Tempo planeado funcionamento}} \quad (2.2)$$

Para qualificar a *performance* considera-se o tempo em que o equipamento opera na sua capacidade máxima. Em contraponto, contabiliza-se o tempo em que o equipamento opera em deficiência. O desempenho pode ser calculado através da Equação 2.3 ou da Equação 2.4.

$$\text{Performance} = \frac{\text{Tempo mínimo de produção} \times \text{Unidades produzidas}}{\text{Tempo funcionamento}} \quad (2.3)$$

$$\text{Performance} = \frac{\frac{\text{Unidades produzidas}}{\text{Tempo funcionamento}}}{\text{Quantidade máxima produção}} \quad (2.4)$$

Por fim, o parâmetro da Qualidade (Equação 2.5) reflete a percentagem de trabalho que foi produzido de acordo com o padrão estabelecido. O trabalho que está abaixo dos padrões contrasta com o anterior na avaliação.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Quantidade de acordo com padrão}}{\text{Quantidade total produção}} \quad (2.5)$$

O Cálculo da Efetividade Global do Equipamento resulta na multiplicação dos vários parâmetros anteriormente descritos (Equação 2.6 e Equação 2.7).

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade} \quad (2.6)$$

$$\text{OEE} = \frac{\text{Qnts produzidas padrão} \times \text{Tempo mínimo de produção}}{\text{Tempo planeado funcionamento}} \quad (2.7)$$

2.3 Eliminação das Seis Grandes Perdas

O primeiro pilar (Figura 2), abordado no presente subcapítulo, é de grande importância na implementação da Manutenção Produtiva Total. Alcançar o sucesso nesta etapa significa eliminar as principais causas de desperdício de recursos/materiais, tal como a fraca produtividade. A relação entre as perdas e o tempo efetivo de operacionalidade dos equipamentos estabelece um padrão de qualidade do produto e disponibilidade do equipamento.

As “*six big losses*” não permaneceram sem alterações desde a sua definição, isto é, foram sendo adaptadas à indústria conforme a evolução. O desenvolvimento na indústria, possibilitou a evolução dos critérios das “*six big losses*”, tornando-as mais rigorosas. Cada componente da OEE, abordado no Subcapítulo 2.2, tem duas perdas associadas, perfazendo as “seis grandes perdas”. A comparação entre seis grandes perdas tradicionais e modernas está compactada na Tabela 1. A Tabela 1 divide as “*six big losses*” relacionando-as com os parâmetros da OEE.

Tabela 1 - Comparativo entre as seis grandes perdas, adaptado de [5]

	<i>Six big losses</i> “modernas”	<i>Six big losses</i> “tradicionais”
Disponibilidade	Paragens não previstas	Equipamento em avaria
	Paragens previstas	Configurações e/ou ajustes
Desempenho	Pequenas paragens	Tempos mortos e/ou pequenas paragens
	Produção inferior ao máximo	Velocidade reduzida
Qualidade	Produção abaixo do padrão	Processo defeituoso
	Produção defeituosa logo após paragem	Defeitos enquanto o processo não estabiliza
OEE	Tempo de produtividade total	Tempo de operação

A Tabela 1 apresenta a comparação entre as seis grandes perdas tradicionais e modernas relacionando-as com as três componentes da OEE. A primeira componente é a disponibilidade que tradicionalmente pode ser afetada por equipamentos em avaria ou parados para algum tipo de afinação. A afetação para a produção é medida através do tempo em que o equipamento não se encontra disponível. Já na coluna referente à modernização as duas perdas associadas à disponibilidade são as paragens não previstas e as paragens previstas. Tal como anteriormente, a influência é avaliada através do tempo em que o equipamento não está disponível.

A segunda componente, desempenho, na coluna tradicional, é avaliada não só por tempos mortos e/ou pequenas paragens, como também por equipamentos em espera ou equipamento a funcionar abaixo dos 100%. Já na coluna moderna, a componente desempenho considera as suas duas grandes perdas as pequenas paragens e a produção inferior ao máximo possível.

A capacidade de funcionamento dos equipamentos é relevante para avaliar o nível de produção, todavia a utilização dos equipamentos extraindo todo o seu potencial pode gerar defeitos no produto e um maior número de indisponibilidades dos equipamentos.

A terceira componente, a qualidade, na coluna “tradicional” tem como grandes perdas defeitos no processo e também defeitos enquanto o processo não é estável. Na coluna “moderna”, a produção abaixo do padrão e a produção defeituosa após paragens são as duas grandes perdas.

Não eliminando a possibilidade de existência de outros tipos de perdas ou até mesmo perdas que não são visíveis, estas são as que são consideradas com maior relevância para a avaliação global.

A diferença constatada entre a efetividade teórica do equipamento, quando comparada com a realidade, é denominada como falha crónica quando se repete ao longo do tempo. Como é óbvio, se a frequência de incidência aumentar, a efetividade caminha em sentido inverso.

Por outro lado, as falhas podem ser ocasionais e normalmente necessitam de avaliação do problema e, em seguida, de aplicação do método para as solucionar.

A efetividade do equipamento será sempre baixa, caso existam falhas crónicas constantemente. Enquanto o equipamento não estiver livre dessas falhas, não será possível aumentar a OEE [5] [6] [7].

Natureza das Perdas

A natureza das perdas pode ser simples, múltipla ou complexa. Quando são perdas simples – causa única – a solução encontra-se em resolver apenas a anomalia. Quando existem vários problemas no equipamento que não estão relacionados, estamos perante uma situação de perdas múltiplas. A melhor opção é resolver cada uma individualmente.

Quando as causas dos problemas se relacionam entre si, estamos perante um problema complexo e existem dois caminhos – substituição e criação de uma equipa para estudar o problema tendo em conta tudo o que rodeia o equipamento [3] [8].

2.4 Manutenção Planeada

Para alcançar o lema da empresa “*Maintain equipment in optimal condition all of the time; striving for zero accidents, zero defects, and zero down time*”, a manutenção planeada é o segundo pilar do programa de Manutenção Produtiva Total (Figura 2).

A manutenção planeada está focada em quatro fases e cada uma delas terá ligação à implementação da manutenção autónoma, que é o terceiro pilar da TPM da empresa (Figura 2).

Na Fase 1 é procurado reduzir a variância no que respeita à vida útil do equipamento instalado na fábrica.

O restauro contínuo dos equipamentos de forma planeada contribuirá para reduzir a incerteza na cadência de avarias. Após o restauro dos equipamentos, devem ser eliminadas ou reduzidas fontes que provoquem a deterioração dos equipamentos.

A correta utilização e manutenção dos equipamentos garantindo as condições de funcionamento para as quais foram projetados é uma forma de reduzir a cadência de avarias.

Após reduzir a incerteza total de avarias, o foco será em estratégias que permitam a extensão do ciclo de vida da instalação. A par das estratégias está a melhoria da instalação e o redesenho da mesma, procurando-se reduzir os pontos fracos, tornando-a mais robusta.

Na Fase 2, tem-se em consideração a condição exterior dos equipamentos.

Na Fase 3, os esforços incidem no planeamento técnico de restauros como rotina, tal como a estimação de custos e serviços necessários para a realizar.

Por último, na Fase 4, o foco será a qualidade do processo e, para atingir a superior qualidade nesta fase, a predição do ciclo de vida dos equipamentos será muito importante [1] [3] [9].

Zero paragens, como alcançar!

Um grande objetivo de qualquer empresa é, em geral, conseguir produzir o máximo possível. Contudo a eficiência é de extrema importância, portanto é importante que os equipamentos não cedam, resultando em paragens, evitando perdas tanto do foro financeiro como de produção.

Para perseguir o objetivo de zero paragens é recomendado seguir diversas etapas que estarão presentes neste subcapítulo nos pontos seguintes. A limpeza e a lubrificação são dos aspetos mais importantes, sendo abordados em primeiro lugar. Em segundo lugar, a localização da instalação dos equipamentos, tal como as suas condições de utilização. Em terceiro, a recuperação dos equipamentos mantendo-os “como novos”. Seguindo a sequência, em quarto lugar, a parte de engenharia. Relacionado com o assunto engenharia, em quinto lugar, está o ponto de educação e treino que permite a passagem de conhecimento entre os diversos colaboradores, uma vez que o conhecimento deve ser transmitido em ambas as direções. Por último, em sexto lugar, será abordada a importância da distribuição de funções.

2.4.1 Limpar, lubrificar e ajustar

Em primeiro lugar, com o propósito de alcançar zero paragens, é fundamental que o equipamento tenha as condições básicas garantidas para o seu funcionamento; ações como limpar, lubrificar e ajustar os equipamentos são tarefas essenciais.

A limpeza deve ser efetuada com o objetivo de estabelecer condições de funcionamento perto das estabelecidas pelo fabricante e facilitar a deteção de qualquer anomalia. Não se pretende que a limpeza tenha como base um conceito cosmético, mas que esteja relacionada com condições em que o equipamento opera.

Outra vertente da limpeza é o treino e aprendizagem facultados ao operador sobre a máquina com que está a operar.

A lubrificação é das atividades mais importantes da manutenção. A lubrificação quando é executada erradamente e fora dos padrões do fabricante, traduz-se na diminuição do período de vida dos equipamentos. O desgaste prematuro aumenta drasticamente e, por consequência, existem frequentes paragens por avaria.

A falta de atenção dada a este ponto está diretamente ligada com as equipas de técnicos de manutenção se ocuparem com as avarias imprevistas, tal como os operadores estarem compenetrados na produção. A falta de educação/formação e treino neste ponto leva a que na maior parte das circunstâncias a lubrificação acabe desprezada e com pouca relevância no seio das empresas.

Normalmente, na maioria das empresas, as bases e fixações dos equipamentos são descuidadas. No entanto, facilmente se compreende que os suportes corretos dos equipamentos são de elevada importância. Para qualquer equipamento funcionar corretamente tem de estar devidamente instalado.

Quando existem anomalias, os equipamentos deixam de funcionar nas condições básicas para o seu funcionamento podendo causar danos irreparáveis noutros equipamentos. Os danos podem ser causados através de vibração, fricção e, por conseguinte, pelo aquecimento das partes em contato.

O que apenas é um parafuso desapertado inicialmente, caso negligenciado, pode originar avarias em enorme escala [3] [10].

2.4.2 Condições de utilização

Na Secção 2.4.1 foram expostas tarefas que garantem as condições básicas de funcionamento dos equipamentos. Como referido anteriormente, em muitas circunstâncias os engenheiros criam condições que não tomam em consideração as recomendações de fabricantes e, apesar de tarefas como limpar, lubrificar e ajustar serem cumpridas, não é garantido que não ocorram paragens por más condições de utilização; como por exemplo, um equipamento não funcionar à temperatura de funcionamento estabelecida pelo fabricante.

2.4.3 Restaurar

Em terceiro lugar, com horas sobre horas de trabalho, é aconselhável garantir o restauro das partes envelhecidas. Contudo, a ação de restaurar um equipamento tem de seguir um fio condutor e com um propósito inerente. Caso não seja definido um plano para restabelecer o equipamento, em vez de solução passamos a ter um problema em mãos. Quando se opta por estabelecer um plano de restauro, deve-se ter em consideração os diagramas originais e implementar correções com o intuito de retardar a sua deterioração [1] [10] [3].

2.4.4 Engenharia

Em quarto lugar, para o desenvolvimento dos equipamentos, por norma, são engenheiros que não têm muita experiência sobre a utilização dos equipamentos e apenas preveem condições de utilização e de funcionamento teóricas, que se traduzem em erros de projeto ao longo da sua utilização. Um dos pontos onde a manutenção autónoma incide, como referenciado anteriormente, é na questão da educação e formação. Com a realização dos eventos, o operador, a equipa de manutenção e a equipa de engenharia tomam conhecimento e com base na operação e manutenção podem sugerir alterações ao projeto [1] [3].

2.4.5 Educação e treino

Em quinto lugar, mas não menos importante, a educação e treino. Estes dois aspetos permitirão melhorar as competências de operação e manutenção dos trabalhadores. As padronizações de atividades por parte dos gestores devem ser cumpridas.

Muitos gestores ignoram o facto de as regras não serem cumpridas, tanto na operação como na manutenção. Todos os treinos para serem eficientes devem ser capazes de desenvolver as competências dos técnicos de manutenção e dos operadores. A educação e treino devem ser contínuos, acompanhando a evolução da instalação e modernização dos equipamentos [1] [3].

2.4.6 Distribuição de funções

Para alcançar o lema da empresa, referido no subcapítulo em questão, é importante que tanto o pessoal da manutenção como da operação percebam o que é um trabalho em equipa. Caso a implementação seja feita com base em ordens de gestores, serão gastos recursos desnecessários para tentar alcançar o lema. A manutenção básica ficará a cargo da operação e por complemento, quando são necessárias competências técnicas e capacidades específicas, ficará a cargo das pessoas da manutenção.

Apenas com a cooperação de ambas as partes em conjunto com os engenheiros é possível a implementação da eficiente manutenção da fábrica. A máxima efetividade é possível quando são realizados dois tipos de manutenção – preventiva e corretiva.

A manutenção preventiva pode ser dividida em três componentes:

- Considera-se que é manutenção de rotina quando é despoletada com base numa inspeção rotineira e tem como objetivo manter o equipamento nas condições básicas de funcionamento, substituindo peças degradadas;
- A manutenção periódica é similar à anterior com a diferença que é efetuada ciclicamente com um determinado período;
- Por fim, a manutenção preditiva é feita com base na monitorização ou em equipamentos que analisem o estado do equipamento [3] [10].

2.5 Manutenção Autónoma

A manutenção autónoma tem como papel fundamental treinar os operadores, tornando-os capazes de manter os equipamentos em boas condições, deixando-os encarregues de manutenções como lubrificação, limpeza e pequenos ajustes. Ainda assim só uma colaboração entre manutenção e operação poderá levar ao sucesso do programa.

A manutenção autónoma está diretamente relacionada com a manutenção planeada e dividida nas mesmas quatro fases, conforme a Figura 2.

Para a implementação da manutenção autónoma são necessárias sete etapas. Na Fase 1 estão as três primeiras etapas (Etapa 1 a Etapa 3) – limpeza inicial, eliminar fontes de contaminação e criação de padrões de limpeza e lubrificação.

A Fase 2 inclui a Etapa 4 – inspeção geral.

Na Fase 3, está contida a Etapa 5 e o foco é criar uma padronização de eventos relacionados com a manutenção autónoma, por forma a garantir o bom funcionamento da instalação.

Por último, na quarta fase, as etapas em causa são a sexta e a sétima - melhoria obtida na qualidade do produto e na supervisão autónoma.

2.5.1 Limpeza inicial

Em qualquer atividade, a fase inicial é um momento muito importante. A apreciação do trabalho pelos vários departamentos da instalação é aconselhável, garantindo assim um treino para todos os elementos envolvidos.

Na Etapa 1 a necessidade de o equipamento estar livre de contaminações é essencial. Deve ser removido todo o tipo de contaminações, como por exemplo poeiras, massas, óleos, entre outros. Nesta fase o equipamento deve ser limpo ao detalhe e todo e qualquer pormenor deve ser investigado. O pequeno defeito, caso não seja eliminado a tempo, poderá causar um grande defeito e de custo elevado de resolução. As poeiras, tal como óleos e massas escorridos pelos equipamentos, tornam-se prejudiciais provocando um funcionamento incorreto, uma vez que se entranham com extrema facilidade nos vários componentes do equipamento provocando fricção, aquecimento ou degradação acelerada.

Com grande facilidade se compreende que a situação referenciada no parágrafo anterior acarreta uma descida de qualidade de produção.

Aliado aos fatores anteriores também estão problemas elétricos, que podem causar falhas intermitentes, com grau elevado de dificuldade de avaliação.

Por vezes são utilizadas cores distintas com significado, garantindo proteção de todos os indivíduos que circulam pela instalação. A limpeza das estruturas é importante não só por manter o equipamento com melhor aspeto, mas também para garantir essa medida de segurança adicional.

Na Etapa 1, ao realizar a limpeza geral a todos os componentes deve-se fazer em simultâneo uma inspeção. O indivíduo que realiza esta etapa deve ter em conta que a limpeza de um equipamento é muito mais do que limpar.

Como verificámos, na Etapa 1 da manutenção autónoma a incidência é a limpeza. Contudo, esta atividade não finda após ser concluída a primeira vez. A limpeza do equipamento deve ser contínua. Serão estabelecidos numa etapa posterior procedimentos padrão para que o equipamento permaneça limpo.

Por vezes é complicado motivar o pessoal a quem compete manter o equipamento limpo. Se não houver um processo rigoroso de vistoria, muito facilmente o equipamento fica contaminado. Quando os equipamentos estão contaminados, com o funcionamento diário, também pode alastrar a contaminação aos restantes que se encontram no mesmo espaço.

Os gestores e responsáveis de manutenção devem desenvolver e criar um aproveitamento das atividades que os operadores podem executar com os seus conhecimentos, contribuindo para a limpeza do equipamento. Muitos operadores terão o seu primeiro contacto com partes do equipamento que nunca tiveram, ficando com um melhor conhecimento sobre a maquinaria que costumam operar.

Ao começarem a perceber as vantagens e a facilidade em descobrir anomalias do equipamento após a sua renovação, está criado o cenário para desenvolverem planos para manterem o equipamento limpo com uma maior eficiência, como evitar contaminações, como funcionam as peças que compõem a máquina ou perceber de que forma é possível reparar o equipamento [1] [3] [7].

Assumindo a máxima que limpar é inspecionar, os operadores deverão começar por pequenos grupos de tarefas para se familiarizarem com os equipamentos.

Para o desenvolvimento da Etapa 1, os registos de tarefas são de extrema importância. Seguindo esse princípio, devem ser registados, o objetivo da tarefa, bem como o plano de trabalhos. Não menos importante é o agendamento da tarefa em conjunto com a manutenção planeada.

Todos os registos, tal como as metas a alcançar devem ser comparados com as anteriores em relação à efetividade global do equipamento e tendo em consideração as “*six big losses*”.

As fotografias sobre todas as partes da limpeza, sugestões de melhoria e questões relacionadas com a segurança têm toda a relevância e devem ser registadas [3].

As quatro listas (*Four Lists*)

As quatro listas têm como objetivo sintetizar todo o processo de inspeção relativa à Etapa 1, facilitando a transmissão de problemas relacionados com o funcionamento não eficiente, tal como melhorias para as tarefas de manutenção que deverão ser corrigidas no futuro.

As quatro listas a utilizar são a lista de deficiências, a lista de perguntas, a lista de fontes de contaminação e por fim a lista de zonas de difícil acesso para trabalho.

A lista de deficiências tem o propósito de identificar todo e qualquer defeito presente no equipamento. O operador deve identificar o defeito marcando-o no equipamento, através de um “*Orange Tag*” (Figura 37). O operador decidirá quem ficará encarregue de resolver a avaria - se os próprios operadores, ou se terão de chamar os indivíduos responsáveis pela manutenção.

A lista de questões é útil para registar toda e qualquer questão por mais simples ou complexa que seja. Quando as pessoas responsáveis pela Manutenção Autónoma não conseguem responder em conformidade, o grupo solicita aos seus superiores, como gestores de produção, manutenção ou o

chefe da instalação. Obviamente que estas questões são relacionadas diretamente com a competência do colaborador.

A lista de fontes de contaminação serve para o registo de todas as fontes de contaminação relacionadas diretamente com o equipamento. Por exemplo, óleo a verter por uma rutura num vedante ou poeiras externas provenientes da operação na instalação.

No caso de a fonte de contaminação ser proveniente de uma anomalia, como uma fuga de óleo, esta está relacionada com a Etapa 1; por sua vez, quando a fonte é externa, deverá ser tratada na Etapa 2, “eliminar fontes de contaminação”.

A lista de zonas de difícil acesso para trabalho tem como função registar todas as zonas nas quais existem dificuldades em executar tarefas de manutenção, tais como limpeza, lubrificação ou mesmo outra prática de rotina [3].

A educação/formação dos operadores deve evoluir dos conceitos básicos para os mais complexos e dessa forma a aquisição de conhecimentos deve ser feita de forma atrativa. Todas as questões são importantes para a aprendizagem e não devem ser desvalorizadas devido ao grau de dificuldade.

As quatro listas também são importantes para os engenheiros perceberem erros de engenharia que são cometidos aquando do desenvolvimento devido à falta de experiência de “trabalho de campo” [3].

Segurança

As atividades a realizar devem acima de tudo respeitar as normas de segurança. Para muitos será o primeiro contacto físico com os equipamentos não tendo a perfeita noção dos perigos existentes no manuseio do equipamento ou mesmo das ferramentas. Portanto, cabe aos responsáveis de segurança alertarem para esses perigos e tentarem inculcar comportamentos responsáveis [1] [3].

Algumas propostas de trabalho seguro:

- Usar os equipamentos de proteção individual, como capacete, óculos, abafadores de ruído e luvas;
- A existência de iluminação adequada é fundamental quando se trata de segurança, tal como a marcação da área de trabalho;
- Se o trabalho a executar for em peças do equipamento, deve-se certificar que foi bloqueado, consignado e foi testado o arranque local;
- Se o trabalho for considerado trabalho em altura, devem ser usadas ferramentas de elevação inspecionadas e adequadas de acordo com a altura;
- Em trabalhos em espaços confinados, como silos, deve existir um vigilante do lado de fora, tal como um detetor de gases para o trabalhador que entra no silo.

Aspetos a reter da Etapa 1

A limpeza deve ser efetuada de cima para baixo e de dentro para fora. O esforço deve ser maior nos locais negligenciados ao longo do tempo.

Durante a limpeza vão ser encontrados componentes obsoletos e que já não são utilizados e que por diversos motivos não foram removidos, dessa forma esse trabalho deve ser delegado para técnicos com competência para a tarefa.

Para completar, no final desta etapa, o equipamento deverá estar limpo, o mais próximo do original possível, e as peças que estão obsoletas deverão ser completamente removidas.

2.5.2 Eliminar fontes de contaminação

Após a conclusão da Etapa 1, para dar continuidade à implementação do programa, na Etapa 2, é o momento para eliminar as fontes de contaminação existentes, ou no mínimo, reduzi-las. Neste ponto é essencial a percepção acerca das dificuldades encontradas na Etapa 1. Assim os operadores deverão tomar consciência que não basta uma única atividade de limpeza.

A motivação, algo que é relevante em qualquer tarefa, não deve ser ignorada e por consequência deve ser promovida ao máximo. Os resultados alcançados através da etapa anterior deverão ser uma forma de fomentar a satisfação.

A evolução das competências dos operadores permitirá observar e compreender os equipamentos, percebendo a origem dos contaminantes.

A origem destes contaminantes, por regra, é complexa não sendo de todo fácil uma atuação rápida e eficaz. Quando a solução é rápida normalmente só se desloca o problema para outra área, não eliminando a fonte.

Para alcançar o objetivo, nesta etapa pretende-se uma observação detalhada e os melhoramentos a implementar terão como objetivo reduzir o esforço na etapa da limpeza.

Como ainda não foram tomadas medidas que visam a origem dos contaminantes, os operadores irão despende uma maior quantidade de tempo que o previsto pelos diretores [1] [3] [7] [11].

Medidas contra as fontes de contaminação

Dependendo da avaliação de cada situação, as medidas podem ter uma natureza distinta. Numa primeira fase, a tentativa de “matar” a origem da contaminação caso não resulte, cabe implementar medidas que facilitem a limpeza do equipamento.

Todos os casos devem ser igualmente reportados ao gestor da instalação, visando informar o departamento de desenvolvimento das medidas tomadas, mesmo que não tenham sido aplicadas com sucesso.

As fontes de contaminação podem surgir de natureza diversa. Caso não sejam possíveis de erradicar, pelo menos devem tentar ser limitadas à zona do equipamento. Podem ser resultantes da operação do equipamento, fazendo parte do processo. Por outro lado, os contaminantes podem resultar do funcionamento anormal do equipamento. A terceira possibilidade é a origem ser devida a fatores externos à operação do equipamento.

Avaliação

O ponto de maior relevância em qualquer negócio é o custo-benefício. Para tal deve existir uma análise detalhada dos custos, benefícios, objetivos, no fundo uma avaliação rigorosa.

Quando se verifica a inexistência de um plano, mesmo que ganhando alguns benefícios, o plano financeiro pode sofrer prejuízos consideráveis.

Os diretores devem incutir nos operadores a eficácia e assertividade nas escolhas de atividades a realizar no equipamento. Apenas as que tragam benefícios claros devem ser implementadas.

Os diretores deverão estabelecer critérios que permitirão aos operadores decidir em conformidade. O reflexo das ações implementadas deverá sentir-se em parâmetros como segurança, qualidade, menor número de paragens por avaria ou manutenção.

Para solucionar causas complexas, uma técnica usada é *Failure Mode Effects Analysis* (FMEA). Esta técnica permitirá compreender a relação causa-efeito, ajudando em causas de elevada complexidade

ou mesmo em situações habitualmente negligenciadas. Contudo, a técnica é elaborada por gestores e não é expectável que operadores e técnicos de manutenção consigam construir um FMEA, uma vez que é morosa e é necessário dedicar imenso tempo na sua elaboração.

Um operador terá necessariamente que utilizar técnicas que permitam solucionar as contaminações existentes. Aplicar as técnicas *Why-Why* e *Where-Where* é um bom exemplo. Assim, será possível ao operador se perguntar e perceber “onde e porquê” o surgimento da contaminação. Com esta técnica objetiva, o indivíduo responsável pela tarefa alcançará o sucesso.

Por fim, o registo de toda a atividade efetuada pelo operador é de grande importância. Deve ser registado o resumo da atividade, as alterações e o intuito de as ter implementado. A falta de registos poderá levar a um retrocesso no futuro e as fontes de contaminação que haviam sido eliminadas poderão ressurgir.

2.5.3 Padrões de limpeza e lubrificação

Na Etapa 3 são estabelecidos padrões de limpeza e lubrificação, pelos responsáveis da instalação, tentando garantir que os equipamentos permanecem no estado “mais novo possível”, estado alcançado na Etapa 1 e na Etapa 2.

Os operadores têm tendência a seguir filosofias que favoreçam a operação e a simplicidade de processo. Todavia, a equipa responsável pela supervisão deve desenvolver regras elaboradas de acordo com especificações técnicas e com base em estudos, com o objetivo de estabelecer as atividades que levarão o equipamento a funcionar em condições indicadas pelo fabricante, ou muito próximo, no mínimo [1] [3] [7] [11].

Nunca esquecendo a máxima “*clean is inspection*”, a este nível de evolução os operadores deverão terminar possíveis tarefas anteriores e é importante concluir todos os aspetos relacionados com limpeza e lubrificação.

Com as tarefas de lubrificação em mãos, naturalmente surgirão outros desafios aos operadores resultantes desta atividade. Como o tempo é limitado e há objetivos a cumprir, terão que se aperfeiçoar os métodos de trabalho.

O ciclo *Plan, Do, Check, Act* (PDCA) é um contributo para os operadores repetirem até alcançarem os objetivos da tarefa de lubrificação.

Analisando rapidamente o ciclo, em primeiro lugar identificar os pontos de lubrificação e detetar as falhas relacionadas com esta atividade. Em segundo lugar, corrigir as anomalias. Em terceiro, estabelecer padrões de limpeza e lubrificação; por último executar o estabelecido no terceiro ponto.

A lubrificação em diversas instalações, por motivos distintos, é executada sem regras. Como é de fácil perceção, na Manutenção Produtiva Total são estabelecidas condutas que permitam controlar a atividade. Em parte, pode ser consequência de a tarefa ser considerada simples e que pode ser efetuada por qualquer indivíduo.

A definição das regras de lubrificação deve ser estabelecida em concordância com as equipas de manutenção. As regras básicas a implementar – utilizar a menor diversidade de lubrificantes possível, identificar cada tipo por código de cores, criar pontos de informação com aspetos relativos aos lubrificantes, definir lugar e regras de armazenagem.

Contudo, após a definição das regras, os operadores têm de identificar os equipamentos a lubrificar e o local de lubrificação. Nas inspeções realizadas aos equipamentos os técnicos de manutenção facultaram conhecimento aos operadores, conhecimento esse que levará a uma maior facilidade para encontrar os pontos que ainda não estão identificados com o código de cores, por exemplo.

Apenas as lubrificações que necessitem de desmontar peças dos equipamentos devem ser realizadas por pessoal especializado, ou seja a equipa de manutenção. Todas as outras tarefas de lubrificação devem ser executadas pelos operadores.

Uma vez concluídas as tarefas um e dois, os operadores podem estabelecer os padrões com base na informação dos vendedores ou de especialistas de manutenção. Quando estabelecidos os padrões de lubrificação, ao serem testados poderão levar a novas dificuldades. A situação deve ser reportada como anomalia e registada nas listas de problemas.

Por fim, estabelecer os padrões de limpeza e de lubrificação não significa que o trabalho terminou; é necessário continuar os esforços dos operadores em busca de melhorar o que já foi feito, no fundo a prática da Manutenção Produtiva Total tende a uma melhoria contínua [1] [3] [7] [11].

2.5.4 Inspeção global

Na Etapa 4, Fase 2 (Figura 6), a inspeção global tende a ser executada em condições deficientes em inúmeras instalações pelos operadores. A origem deste problema está relacionada com a falta de conhecimento, habilidade ou motivação para a execução da inspeção. As causas referidas estão diretamente relacionadas com muitos casos em que as listas de verificação não são apropriadas ao nível técnico do operador, o que leva à falta de motivação. A falta de rigor conduz a um maior número de avarias não esperadas.

A motivação deve ser um fator a ter em conta por quem prepara as listas de verificação. Neste ponto, os operadores, ao sentirem dificuldades, tendem a desmotivar. As listas devem ter em conta que os operadores não apresentam competências técnicas semelhantes ao departamento de manutenção.

Somando ao facto de as listas de verificação não terem em consideração aspetos que proporcionem motivação, está o facto de a avaliação ser feita com base em aspetos básicos e para tal os operadores devem ser treinados para perceberem o que é o normal funcionamento dos equipamentos operados pelos próprios. Certas anomalias, que por vezes não têm a devida atenção, são ocultadas e não constam nas inspeções para não levar a quebras de produção ou reprocessamento do produto.

Portanto, o simples operador deve ser visto como um potencial operador capaz de inspecionar o equipamento. O que se espera na TPM é eliminar o simples operador e promover a evolução contínua. O esperado é que em cada inspeção exista uma evolução que transforme as suas competências. Acompanhando a evolução, a eliminação ou redução do desgaste prematuro dos diversos componentes dos equipamentos deve ser refletido [1] [3] [7] [11].

Preparação e Implementação da inspeção

A preparação da inspeção começa com a escolha da categoria de equipamentos que irão ser inspecionados e obviamente com a seleção de conhecimento a ser transmitido sobre a operação do equipamento, afinações do equipamento e manutenção rotineira.

A preparação e execução das listas de verificação serão providenciadas pelo departamento de manutenção da instalação. Toda a informação necessária aos operadores deve ser disponibilizada pelo departamento de manutenção com o intuito de fornecer conhecimento ao operador. Todavia, os operadores deverão usar indicadores meramente visuais e/ou simples equipamentos de instrumentação. Os diretores de manutenção deverão ainda verificar se o conteúdo é apropriado às competências dos operadores.

As atividades devem ser planeadas de acordo com o grau que se pretenda que os operadores atinjam. Os responsáveis pela engenharia de manutenção deverão contemplar no planeamento efetuado o facto de os operadores não possuírem todos o mesmo desempenho e que terão tempos de evolução

distintos. A existência de um equilíbrio entre o tempo utilizado em aprendizagem teórica e prática é fundamental. Os conceitos teóricos deverão ser consolidados através das atividades práticas.

A criação de grupos com um líder providenciará auxílio na aprendizagem dos operadores. O departamento de manutenção ao alocar disponibilidade ao ensino, terá de ter as habituais tarefas reduzidas. O uso de grupos facilitará a aprendizagem das diversas partes constituintes dos equipamentos. Após as explicações, os operadores poderão ser submetidos a um teste de verificação dos conhecimentos apreendidos. A ideia de fazer atividades atrativas é fulcral, uma vez que os operadores motivados irão ter uma maior disponibilidade para aprender.

Neste ponto, os operadores terão visto os seus conhecimentos subirem de nível após o plano de aprendizagem estar concluído. Espera-se que sejam capazes de determinar as zonas às quais serão aplicadas a inspeção e a criação de uma padronização de inspeção.

A consequência da inspeção é que acarreta maior número de deficiências que deverão ser colmatadas rapidamente pelo departamento de manutenção [1] [3] [7] [11].

2.5.5 Padronização da Manutenção Autónoma

A combinação dos padrões de limpeza e lubrificação com a inspeção global analisadas anteriormente, resulta no pretendido a este nível. Nesta Etapa 5, Fase 3 (Figura 6), a intenção é estabelecer rotinas que permitam padronizar todas as atividades relacionadas com limpeza, lubrificação e inspeção geral dos equipamentos abrangidos. Nesse sentido, é possível alcançar as rotinas trabalhadas nos pontos anteriores pelos operadores.

Ainda assim, após findar as atividades anteriores - limpeza inicial, eliminação de fontes de contaminação, padrões de limpeza e lubrificação, a resolução de anomalias não resolvidas até então devem-no ser até ao término desta etapa. Caso não tenham sido resolvidas devido à necessidade de produção contínua, deve ser agendada uma data para as finalizar.

Uma vez adquirido o conhecimento por parte dos operadores, estes deverão ser capazes de referenciar todas as atividades e evidenciar as competências adquiridas. Os operadores terão de fazer prova dos seus conhecimentos aos gestores e diretores da instalação.

Em todo o caso, nunca será possível eliminar as avarias súbitas. É impraticável cobrir ao detalhe toda a instalação com uma inspeção profunda e prever o tempo de vida de cada componente. Como essa dificuldade é constante, a avaliação dos operadores será baseada sempre nos seus sentidos sensoriais ou utilizando instrumentação básica. Com o nível de conhecimento a aumentar e o contacto com os equipamentos, os sentidos ficarão treinados e tornar-se-á mais fácil a perceção por parte do operador [1] [3] [7] [11].

Preparação e Implementação da inspeção

A implementação da padronização da manutenção autónoma inicia-se com a revisão dos padrões de limpeza e lubrificação abordados anteriormente. A revisão passa por verificar se os padrões de limpeza estabelecidos estão a trazer resultados proveitosos e todos os seus objetivos estão a ser alcançados. Na lubrificação pretende-se efetuar uma análise atendendo aos padrões abordados anteriormente.

Os padrões de manutenção autónoma estabelecidos pelos operadores devem ser contrapostos com os do departamento de manutenção. Uma vez combinados, é expectável que exista uma otimização e que o tempo consumido nestas tarefas pelos operadores diminua. Os padrões de manutenção devem estar prontos para serem seguidos na íntegra.

As rotinas de manutenção associadas à Manutenção Autónoma devem ser projetadas pelo departamento de manutenção e executadas de acordo com o estabelecido pelos operadores. Contudo,

nenhuma tarefa deverá obrigar a desmontagem de peças. Os operadores poderão inspecionar itens de manutenção e vice-versa, apenas quando todos os colaboradores tiverem capacidade técnica para tal.

Os intervalos de tempo e itens escolhidos para padrões da manutenção autónoma devem considerar que os operadores deverão despende o mínimo tempo. Devido a esse facto, deve ser dada ênfase a itens de maior relevância, como a segurança e a qualidade.

Para usar o tempo de forma mais efetiva, é preferível aumentar os intervalos e despende mais tempo em cada inspeção, garantindo um maior rigor. O tempo estimado para inspeção varia de equipamento para equipamento, de pessoa para pessoa e pode variar consoante o ambiente que rodeia o equipamento. Com a rotina os operadores irão melhorar os seus conhecimentos e reduzirão o tempo de inspeção, tal como o de encaminhar corretamente as tarefas delegadas para as equipas de manutenção. A eficiência da combinação das tarefas de limpeza, lubrificação e inspeção no mesmo equipamento pode reduzir significativamente o tempo gasto pelos operadores. Para padronizar a manutenção autónoma deve ser efetuada e afixada junto do equipamento uma tabela com as informações para cada tarefa, tornando as atividades fáceis e aumentando a sua eficiência [1] [3] [7].

Desde a Etapa 1 até esta, Etapa 5, existem atividades a efetuar. A Tabela 2 - que contém um diagrama PDCA por fase (Figura 2) que significa *Plan, Do, Check and Act* e abordado no Subcapítulo 3.7.3 em maior detalhe - permite associar cada tipo de tarefa a cada etapa. O diagrama PDCA é um ciclo e pode ser utilizado com início em "Check" e neste caso, tal como Tabela 2, está na seguinte ordem - *Check, Act, Plan and Do* (CAPD).

Assim na Etapa 1 é associada uma tarefa de verificação não esquecendo a frase referenciada anteriormente, "*clean is inspection*". Na Etapa 2 é tomada uma ação baseada nos resultados da Etapa 1. Na Etapa 3, fecha o ciclo PDCA com o planeamento e desenvolvimento da padronização e lubrificação.

Na Fase 2, Etapa 4, as quatro tarefas propostas na metodologia PDCA devem ser aplicadas.

Chegando à etapa e fase atuais, Etapa 5 e Fase 3 respetivamente, o diagrama PDCA agiliza o tipo de ações necessárias a efetuar para alcançar o sucesso.

Tabela 2 - Diagrama PDCA (CAPD) sobre Inspeção Global, adaptado de [3]

Etapa	Ciclo	Atividades
1	C ←	Limpeza inicial
2	A ↓	Eliminar fontes de contaminação
3	D → P	Padronização de limpeza e lubrificação
4	C A P D	Inspeção global
5	C ←	Rever as três atividades das três primeiras etapas
	A ↓	Implementar correções às ações que precisam de ajustes
	P ↓	Padronização de inspeções e de manutenção autónoma
	D →	Executar os padrões de manutenção autónoma estabelecidos

2.5.6 Qualidade do processo, “Zero Defects”

Uma vez alcançado este patamar de implementação da manutenção autónoma, surge a necessidade de virar as atenções para a qualidade na produção. Para tal é pretendido alcançar a parte do lema “zero defects”. Os operadores deverão evoluir dos conceitos básicos aprendidos nos passos anteriores e deverão alcançar competências capazes de garantir qualidade de processo, sem a necessidade do controlo por parte dos departamentos superiores.

Alcançar a perfeição de acordo com os padrões de qualidade da produção é uma tarefa complexa, quando comparada com a eliminação de paragens súbitas dos equipamentos. Outra dificuldade inerente é a capacidade de prever falhas, uma vez que os equipamentos quando possuem alguma falha física vão apresentando sinais que devem ser detetados durante as inspeções. Por outro lado, a qualidade de processo deficitária é muito mais abrangente e pode estar relacionada com diversos fatores como matérias-primas, condições de operação, métodos de operação, causas externas, etc.

Garantia de qualidade do processo

O operador terá de estabelecer uma relação adequada entre qualidade de produto e a manutenção dos equipamentos tendo em consideração a não existência de defeitos. Nesta etapa há fatores que são importantes na qualidade da decisão. Do ponto de vista do equipamento, a fiabilidade do processo em conjunto com o método de operação conduz a uma procura de zero defeitos na produção. Em simultâneo, os operadores devem treinar as suas competências de forma a evoluir e criarem procedimentos padrão. Com a aquisição de novos conhecimentos, poderão observar de forma mais simples percebendo o nível de qualidade obtido. Alcançar-se-á a qualidade no controlo e por consequência produção com zero defeitos.

Equipamento vs. garantia de qualidade

Alcançar a qualidade de produção não é tarefa fácil. Existem vários aspetos relevantes para garantir a qualidade de produção. Desde logo, na fase da escolha do equipamento de acordo com as necessidades pretendidas. No entanto, o financiamento disponível é relevante em qualquer indústria. Como tal, a qualidade do produto final será afetada pela escolha. A influência da escolha fará sentir-se durante a operação do equipamento. Como resultado, teremos a garantia na qualidade de produção, caso todas as tarefas anteriores tenham sido desenvolvidas com sucesso.

Comummente, após a instalação do equipamento é normal existirem defeitos de produção e por consequência uma diminuição na qualidade. Um esforço inicial de todas as entidades envolvidas na instalação é essencial, desde operadores, equipa de manutenção e equipa de produção [1] [3].

Normalmente, a dificuldade prende-se com a ausência de um critério que estabeleça garantia de qualidade. As maiores dificuldades estão relacionadas com condições pouco claras, ou falta de conhecimento da máquina, afinações necessárias que consomem tempo, defeitos de qualidade díspares e difíceis de detetar.

Para combater as dificuldades anteriores, são sugeridos cinco critérios:

- O padrão de qualidade tem de ser claro;
- Fácil de estabelecer;
- Robusto;
- Capaz de limitar a variação;
- Fácil de deteção e solução.

O desenvolvimento de um processo de alta fiabilidade capaz de cumprir os cinco critérios é recomendado quando o objetivo é alcançar o objetivo “zero defeitos”. Todavia, devido a opções financeiras nem sempre é possível cumprir o objetivo e nesse caso recomenda-se uma automatização que possibilite selecionar os processos conformes dos não conformes.

Caso não seja satisfeita a meta a alcançar, “zero defeitos”, caberá ao operador garantir a qualidade no processo manualmente [1] [3] [7].

Correções relacionadas com garantia de qualidade

A operação terá de se apresentar bem definida em cada ponto do seu trajeto. Quando ocorrem situações desconhecidas, mesmo para engenheiros de instalação, deve ser estabelecido um programa de aprendizagem e desenvolvimento, tão breve quanto possível.

Quando os operadores não estão familiarizados com a qualidade dos produtos devem receber formação. Na avaliação deverão ser capazes de associar o problema a causas relacionadas com a qualidade do processo (equipamento) ou com a qualidade de operação resultante em produtos defeituosos em alguma parte do processo.

O não atingir as especificações de qualidade pode dever-se a má operação ou a comportamentos negligentes de inspeção. Normalmente, os mesmos operadores deverão possuir capacidade para corrigir situações de anormalidade. O processo deverá estar concluído quando forem satisfeitos os critérios que permitem garantir a qualidade.

O procedimento a seguir com o intuito de corrigir começa com o desenho de um diagrama claro que representa a qualidade de processo. Todos os critérios referidos que garantem qualidade devem ser também respeitados.

Caso não sejam, devem ser modificados os métodos de trabalho, ferramentas, etc., conseguindo assim satisfazer os critérios. As “zero perdas” surgem na sequência de as alterações implementadas na garantia de qualidade serem de alta fiabilidade. As configurações e as afinações fazem parte de uma das seis grandes perdas, como visto no início do Capítulo 2 [1] [3].

2.5.7 Supervisão Autónoma

Chegando à Etapa 7, é expectável o alcance do lema “zero paragens, zero defeitos e zero acidentes”. Dessa forma, os operadores serão capazes de identificar qualquer anormalidade que surja nas áreas afetadas ao programa da Manutenção Produtiva Total e naturalmente terão capacidade para corrigir as situações anómalas. Em cooperação, o departamento de manutenção terá um plano de manutenção preventiva capaz de cobrir os equipamentos inseridos no programa.

Até chegar ao nível de totalmente implementado, o programa demora algum tempo a estar estabelecido. Quando apenas é implementado parcialmente e se pretendem resultados rápidos a probabilidade de nunca se alcançar esta etapa é elevada.

A este nível é imperativo continuar a seguir os conceitos aplicados na Manutenção Produtiva Total. Por oposição, o esforço aplicado para alcançar a Etapa 7 será em vão e levará à ruína de todo o trabalho desenvolvido [1] [3].

Não cair, manter e melhorar

Numa proposta de cooperação, os operadores inspecionam os equipamentos, tendo capacidade para os recondicionar, quando se fala das condições básicas de funcionamento.

Como abordado anteriormente, o departamento de manutenção e os operadores, em cooperação, irão garantir as boas condições de funcionamento do equipamento, cada departamento com as suas respetivas tarefas.

As padronizações estabelecidas ao longo do programa deverão ser revistas periodicamente, mesmo não existindo qualquer alteração aos equipamentos que o justifique, garantindo assim que estão atualizadas.

Mesmo com a redução de paragens forçadas, o lema proposto no início do programa não será verdadeiramente alcançado.

A questão financeira, importante em qualquer negócio, por vezes impede a substituição dos equipamentos por outros de elevado desempenho. Assim as melhorias das condições passarão por otimizar os equipamentos presentes na fábrica em busca de extrair o desempenho ótimo [1] [3].

Passagem de testemunho

Em todas as empresas existem mudanças na equipa. Com o passar dos anos, é normal haver substituições de pessoas causadas por diversas razões. Para manter o plano estabelecido, não haverá necessidade dos novos elementos passarem por todas as etapas do programa rigorosamente. O planeamento cuidado e uma aprendizagem dos fundamentos básicos da Manutenção Produtiva Total (limpeza e lubrificação) serão a chave.

Por fim, todos os colaboradores deverão reconhecer regularmente os critérios de observação – “Bem definido? Bem percebido? Bem observado? Fácil de observar? Detetável à vista?” [1] [3].

Alcançar o topo

Após todas as tarefas serem devidamente implementadas, surge a questão “o que fazer a seguir?”. Dois pontos de vista podem ser analisados – atualizações frequentes nos equipamentos ou simplesmente não efetuar atualizações de equipamentos.

No caso de indústrias em que cada processo produz apenas um tipo de produto (químicos e petrolíferos, por exemplo), o habitual é extrair o máximo possível da instalação até os custos de manutenção se tornarem intoleráveis. As alterações neste tipo de instalações têm em vista o aumento de produção e não melhoramentos em equipamentos.

Nesta situação, os passos estudados na Manutenção Produtiva Total deverão efetivar uma manutenção suficiente. Em suma, os custos de manutenção são elevados devido ao tipo de produção.

No caso de indústrias de montagens e indústrias elétricas, por exemplo, devido ao facto de montarem os demais produtos diferenciados, têm de efetuar atualizações frequentes aos equipamentos em uso.

Neste caso, existirá muito trabalho manual durante as mudanças de equipamentos. A rapidez no desenvolvimento será fundamental, uma vez que falhas neste ponto poderão levar ao atraso na produção. A recomendação será as empresas efetuarem as atualizações dotando-as de condições que permitam o desenvolvimento de produtos requeridos pelos demais clientes.

Após chegar ao fim da Etapa 7, o trabalho a desenvolver será relacionado com automação e computadorização dos demais processos [1] [3].

2.6 Engenharia Preventiva

Apesar de as implementações serem estudadas, normalmente ocorrem situações não previstas durante as mesmas. A Engenharia Preventiva torna-se indispensável para estudar e desenvolver novas metodologias, tentando evitar, no futuro, situações erráticas semelhantes às já ocorridas. Essas situações podem ser provenientes de uma má instalação, de equipamentos difíceis de manter, entre outros.

Relacionado com engenharia preventiva está a utilização de maquinaria e processos simplificados. Esta escolha irá facilitar a sua manutenção. Este fator é muito importante na Manutenção Produtiva Total. Quanto maior facilidade, maior a probabilidade de alcançar excelentes resultados [1].

2.7 Educação

O conceito da TPM considera que quem trabalha com o equipamento - operador -, deve estar treinado de forma a conhecê-lo e assim agilizar o processo de manutenção e deteção de avarias.

A formação é de extrema importância. A má operação e manutenção pode causar avarias frequentes, levando à diminuição da efetividade e duração do ciclo de vida da instalação [1].

3 Filosofia de Manutenção da Minerals Technologies Inc. (MTI)

A SMP utiliza as metodologias da MTI. Nesse sentido serão apresentadas regras apertadas de higiene e segurança, tentando alcançar os “Zero Acidentes”. Nada é mais importante que a Higiene e Segurança na empresa, portanto sempre que necessário os trabalhos devem ser parados para verificar se as normas de Higiene e Segurança permanecem iguais ao estabelecido no plano de trabalhos autorizado.

Apenas com as condições de segurança garantidas, tem sentido a apresentação das competências para implementar a Manutenção Planeada e a Manutenção Autônoma conforme o programa. No Subcapítulo 3.5 será abordada a manutenção planeada para os agitadores e para os compressores.

O programa de manutenção autônoma surgirá no Subcapítulo 3.6 nos mesmos equipamentos – compressores e agitadores.

O programa de lubrificação, tal como a gestão de reservas são um complemento à Manutenção Produtiva Total.

Para uma melhor compreensão de todo o processo de TPM da SMP, apresentam-se no Subcapítulo 3.7 algumas metodologias sobre excelência de operações.

3.1 Higiene e Segurança

A Specialty Minerals Portugal (SMP), como fornecedora de produto à Navigator, adotou as políticas de segurança implementadas pela Navigator, tornando-as mais restritas quando necessário, adaptando-se às suas necessidades.

Todos os fornecedores de serviços, materiais ou matérias-primas terão de obrigatoriamente tomar conhecimento destas regras de segurança antes de começarem os seus trabalhos ou entregas nas instalações da fábrica. Trabalhos esses que podem consistir em reparações de equipamentos, descarga de cal, etc.

3.1.1 Plano de trabalhos

O plano de trabalhos é obrigatório, permitindo a definição das tarefas a executar e os perigos associados. Para ser possível começar um trabalho, o plano deve ser revisto e aprovado.

Quando a tarefa é de menor complexidade, é possível utilizar um formulário para trabalhos não rotineiros (Anexo D.1 e Anexo D.2).

Os planos devem ser executados tendo em consideração que nas instalações da SMP poderão ser encontrados diversos tipos de riscos, entre eles:

- Quedas em altura;
- Quedas ao mesmo nível;
- Eletrocussão;
- Queda de objetos;
- Gruas;
- Movimentação de cargas;
- Trabalhos com risco de incêndio;
- Circulação sobre coberturas;
- Radiações ionizantes;
- Esmagamento;

- Atropelamento;
- Colisão de veículos;
- Trabalhos em tanques ou linhas com fluidos;
- Trabalhos em altura;
- Riscos provocados pelo perfil da instalação (Queimaduras provocadas por fuga de cal viva, uso de água na cal viva provoca explosão, intoxicação por fugas de químicos).

Devido aos riscos associados, todos os fornecedores devem estar munidos das folhas de dados de segurança.

O Equipamento de Proteção Individual (EPI) está disponível para qualquer trabalhador, caso contrário não poderá efetuar qualquer tipo de trabalho. O EPI também não deve ser utilizado para substituição de uma proteção, mas sim como proteção suplementar ao trabalhador. Todo o tipo de EPI deverá estar homologado [12].

3.1.2 Espaços confinados

Um espaço confinado é um local em que o trabalhador pode executar trabalho, no entanto como não foi projetado para a permanência de humanos, é exigida a máxima segurança. Como tal, é necessária a utilização de um detetor de gases e a permanência de um vigilante à entrada com formação em primeiros socorros, não se podendo ausentar.

Todo o procedimento de bloqueios de equipamento, condutas e cortes de energia deve ser efetuado pelo executante e verificado pelo vigilante [12].

Na Figura 4 está representado o processo habitual de acesso a qualquer espaço confinado na fábrica, sendo neste caso dado um exemplo de um silo. A primeira regra a cumprir é utilizar o EPI habitual nas instalações. Seguidamente, nos três passos seguintes, os equipamentos terão obrigatoriamente de estar bloqueados, consignados e testados, como descrito na Secção 3.1.3. Por último e não menos importante, a verificação permanente da qualidade do ar.

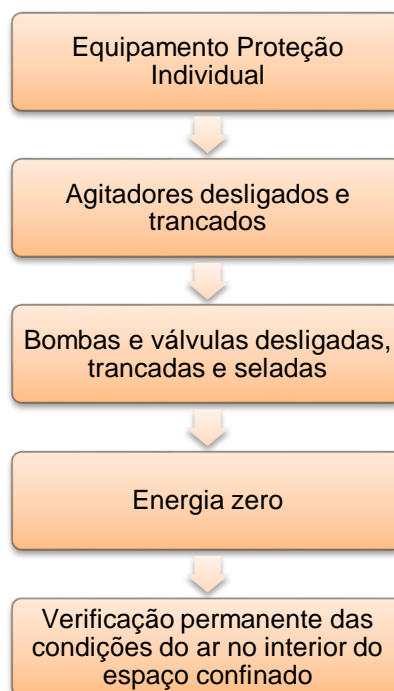


Figura 4 - Diagrama de espaços confinados, adaptado de [12]

3.1.3 Bloqueio, consignação e teste

Este procedimento é de elevada importância pois garante a segurança do trabalhador a executar determinadas tarefas nos equipamentos. Resume-se a bloquear o equipamento, em seguida identificar o trabalhador que o bloqueou e por fim teste no local a fim de perceber se o procedimento foi bem executado. Cada pessoa que intervenha deve colocar um cadeado a bloquear. O equipamento só será desbloqueado após o último elemento retirar o seu cadeado.

No caso de bloqueio elétrico, deve ser executado o seguinte procedimento [12]:

- Autorização do operador para bloqueio;
- Registo do bloqueio no formulário adequado;
- Verificar se o equipamento está desligado;
- Utilizar “Regra da mão Esquerda” e rodar o interruptor de corte para a posição “0”;
- Colocar um cadeado no interruptor referido, com cadeado identificativo do trabalhador da SMP a intervir na máquina/equipamento;
- Após o bloqueio verificar se o isolamento foi conseguido pela tentativa de arranque do equipamento, seja por botoneira local e/ou por ordem no computador de processo;
- Todo o equipamento de proteção desmontado deverá ser montado antes de energizar o equipamento;
- Por fim poderá energizar-se retirando os cadeados e a etiqueta de bloqueio.

3.1.4 Proteção respiratória

A proteção respiratória na SMP segue os requisitos da MTI e, de acordo com este programa, o diretor de produção, o responsável e o coordenador de segurança têm o dever de determinar as aplicações para o uso de equipamento de proteção de respiração, tal como o providenciar. No outro lado, dos trabalhadores, é dever conhecer e cumprir as normas respeitantes à proteção respiratória.

No caso concreto, as salas de compressores de gases de chaminé tem detetores de gases em permanência [12].

3.2 Visão da MTI sobre a Manutenção Produtiva Total

A MTI vê na Manutenção Produtiva Total o caminho para maximizar a produtividade durante o ciclo de vida do equipamento. O compromisso com esta missão de todos os colaboradores é essencial. Com o esforço de todos, os melhoramentos serão feitos relativos a segurança, qualidade, custos, produtividade e criatividade. O lema a seguir é o que já foi referenciado no Capítulo 2, “*Maintain equipment in optimal condition all of the time; striving for zero accidents, zero defects, and zero down time*” e procura alcançar a perfeição.

As metas a alcançar como consequência da implementação do programa são:

- Melhoria na efetividade dos equipamentos;
- Melhoria na efetividade e eficiência da manutenção;
- Projetar e instalar equipamentos que facilitem a manutenção, não criando qualquer tipo de resistência ou motivo para não ser feita incorretamente;
- Programas de aprendizagem para todos;
- Inclusão dos operadores nas rotinas diárias de manutenção;
- Motivação de toda a equipa em torno de um objetivo comum.

Na Figura 5 apresenta-se um diagrama simplificado da Manutenção Produtiva Total de acordo com os objetivos que a empresa se propõe, sendo que a versão original está no Anexo A.

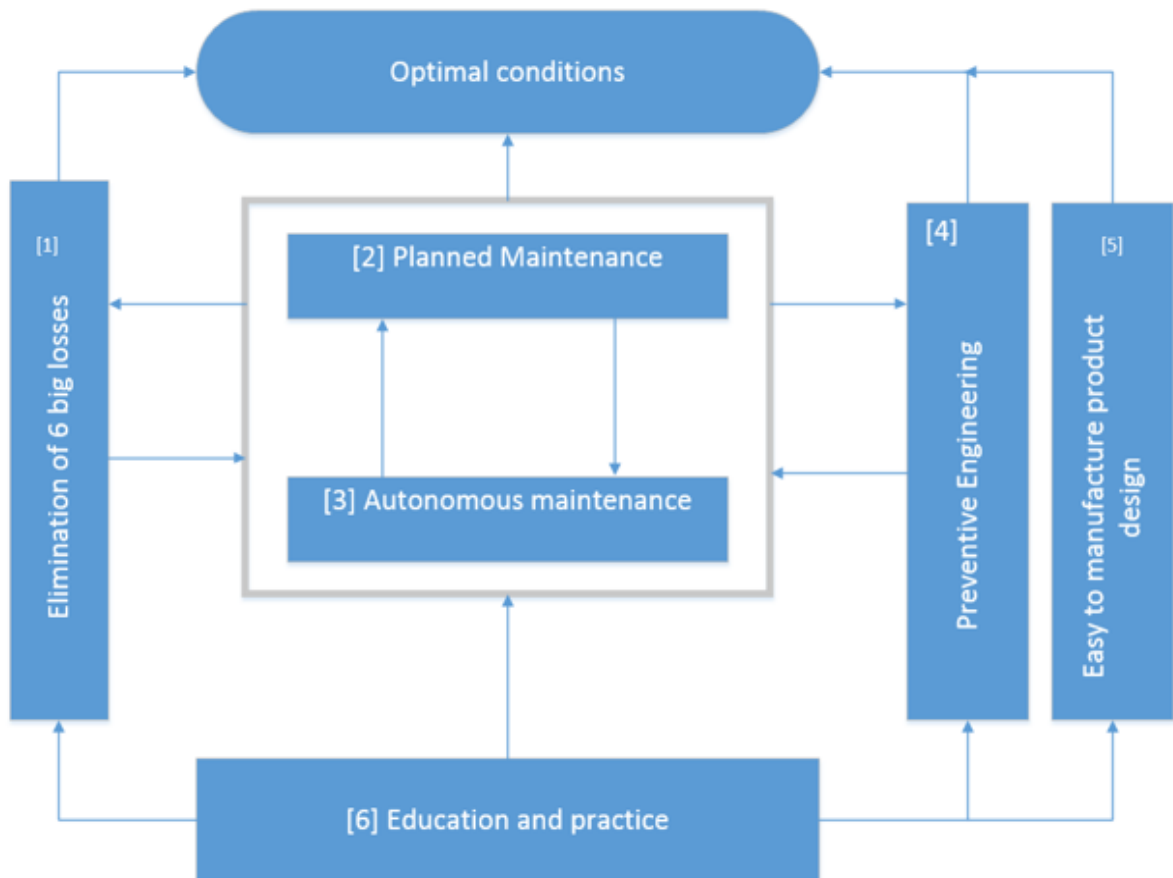


Figura 5 - Diagrama da TPM, elaborado pela MTI, adaptado de [1]

À semelhança do Capítulo 2, as seis grandes perdas consideradas no programa da MTI são as paragens por falhas, configuração e afinação, pequenas pausas, operação em velocidade inferior, refazer produto defeituoso e baixo rendimento. No entanto, a MTI vê também seis medidas para combater as seis grandes perdas incluindo-as no seu programa de TPM – Restaurar, procurar condições ideais, eliminar pequenos defeitos, identificar as condições que permitem qualidade, análise de competências e do plano de manutenção.

A Manutenção Planeada e a Manutenção Autónoma estão interligadas e é possível enquadrar as sete etapas de manutenção autónoma nas quatro fases da manutenção planeada.

Na Fase 1 da manutenção planeada, existe o objetivo de reduzir a incerteza na duração das peças e dos equipamentos. Para tal, é necessário manter os equipamentos em condições ótimas. As três primeiras etapas da manutenção autónoma estão relacionadas com esta fase na medida em que permitem estabelecer condições ótimas de funcionamento, evitando incertezas quanto a durabilidade e desgaste prematuro. A lubrificação inclui a programação da lubrificação, equipamentos identificados, *Single Point Lessons*, práticas de lubrificação, armazenamento de lubrificantes e, por fim, a padronização das regras estabelecidas.

Na Fase 2 da manutenção planeada, com a extensão do ciclo de vida dos equipamentos resultante da eficácia da Fase 1, as melhorias trazidas tentam evitar qualquer tipo de paragem forçada. A Etapa 4 da manutenção autónoma – inspeção global - encaixa na Fase 2.

Na Fase 3 da manutenção planeada, é aplicada a manutenção preventiva com o objetivo de periodicamente corrigir pequenos defeitos e identificar sinais de desgaste. A Etapa 5 da manutenção

autónoma, visa repetir os processos das etapas anteriores estabelecendo regras para inspeções futuras.

Na Fase 4 da manutenção planeada, a manutenção preditiva é incluída com a intenção de garantir a qualidade no processo e na supervisão que são a Etapa 6 e Etapa 7 da Manutenção Autónoma. Na manutenção preditiva, inclui-se definir o objetivo, contratar serviços para teste a equipamentos, seguir as ordens de trabalho dos equipamentos, observar a evolução dos colaboradores e melhorar a gestão financeira

A gestão de reservas inclui a organização do armazém, identificação de equipamentos e respetiva marcação, estabelecer máximos e mínimos, estabelecer os requisitos necessários para o armazém e auditoria.

Na manutenção preventiva consta o plano de manutenção, desenvolvimento do *software* utilizado pela empresa para a gestão das ordens de trabalho e agendamento, estabelecer e reportar as metas a alcançar, padronização para todo o trabalho planeado e, por fim, a auditoria.

O conceito “*Easy to manufacture product design*”, apresentado no diagrama da Figura 5, baseia-se no desenvolvimento conceptual, detalhado, no planeamento e na revisão de *design*, simplificando os processos de manutenção [1].

3.2.1 As sete etapas de manutenção autónoma na MTI

Para a MTI as várias etapas da Manutenção Autónoma estão relacionadas com as fases da Manutenção planeada, apresentadas na Figura 6. A primeira etapa, Etapa 1, é para limpar e inspecionar. Nesta etapa, muito semelhante ao programa apresentado no Capítulo 2, o objetivo é restaurar o equipamento, inspecionar e compreender o equipamento. Repor a condição de “como novo” no equipamento é uma forma de familiarizar os operadores e os técnicos de manutenção com o seu funcionamento e também com os aspetos que provocam avarias ou deterioração intensiva.

A segunda etapa, Etapa 2, eliminação das fontes de contaminação, pretende a identificação da origem dos contaminantes e detioração e implementação de soluções no local, reduzindo ou eliminando as fontes de contaminação. A ideia é tornar a inspeção mais fácil, tal como a sua limpeza.

Em seguida, após a conclusão das duas primeiras etapas, a Etapa 3 consiste na padronização de limpeza e lubrificação. Devem ser criadas padronizações de limpeza e padronização para cada tipo de equipamento.

A Etapa 4, refere-se à educação dos operadores para detetar e corrigir anomalias, promovida pelos técnicos de manutenção. Esta ajuda deve evitar futuras paragens não forçadas dos equipamentos utilizados pelos operadores.

A Etapa 5 consiste em estabelecer padronizações e condução de inspeções, ou seja, aplicar os conhecimentos adquiridos na prática. Toda a informação nova aprendida pelos operadores deve ser utilizada nesta tarefa.

Na Etapa 6, a MTI pretende estender a padronização da manutenção autónoma a todos os equipamentos e instalação. O processo executado nas Etapas 1 a 5 deve ser verificado e padronizado para todas as áreas de trabalho.

Por fim, a Etapa 7 é dedicada a melhoramentos no processo e manutenção das metas alcançadas [1].

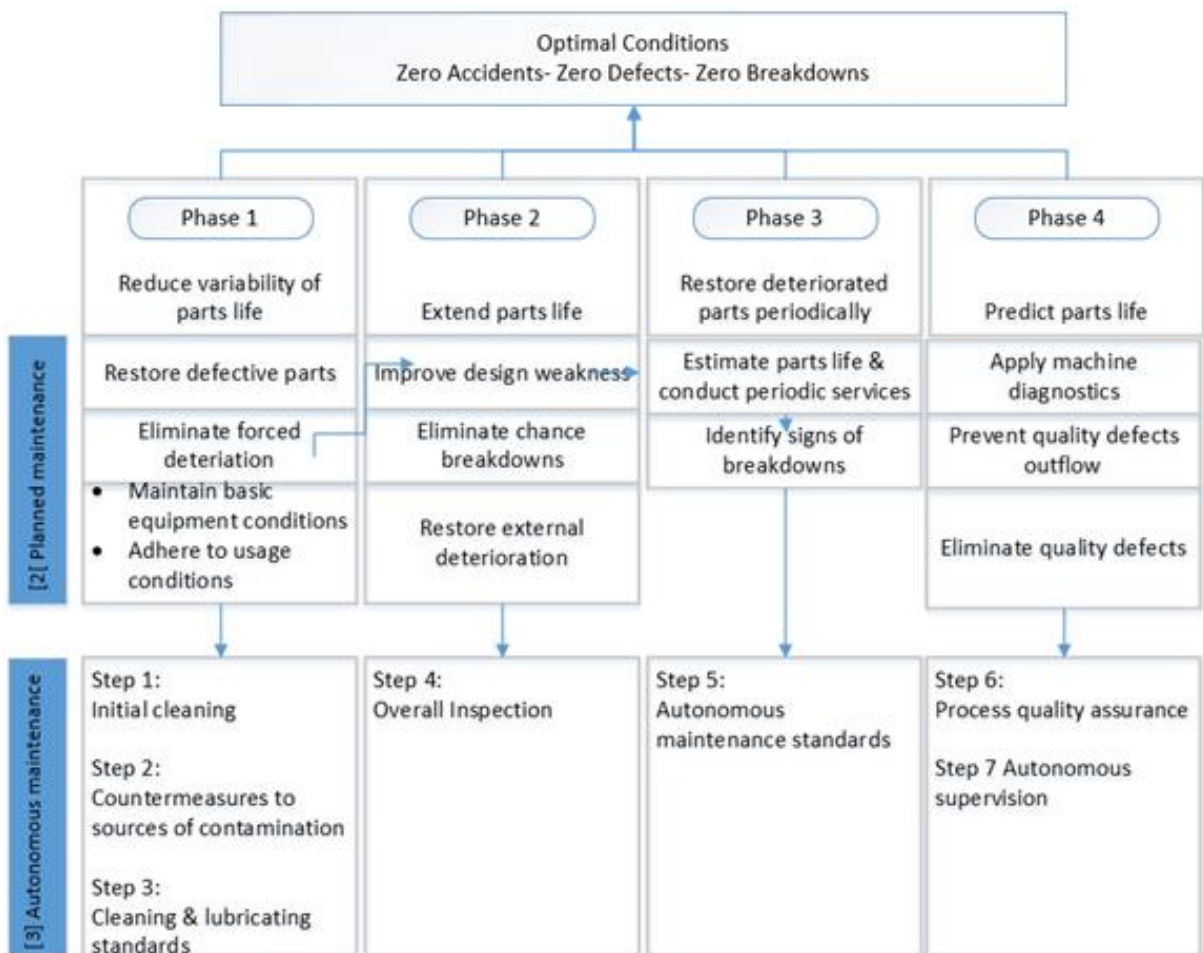


Figura 6 - Visão das quatro fases relativas à manutenção autônoma e planejada [1]

3.2.2 Os benefícios do programa

Os equipamentos devem ser agrupados por categorias. Cada posição deve ter a identificação, a unidade de operação, a categoria do equipamento, a especificação técnica e a identificação de peças de reservas necessárias. A utilização da metodologia *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) também é importante para a Manutenção Autônoma.

As vantagens das ações indicadas no parágrafo anterior traduzem-se em conhecimento dos equipamentos instalados, gestão de reservas mais eficiente, estabelecer um ciclo de vida, identificação dos riscos associados e solução para os resolver.

Para a MTI, a Fase 1 deve conter as Etapas 1 a 3 e devem ser efetuadas as tarefas de limpeza inicial, limpeza de contaminantes, lubrificação e limpeza e também proceder a alterações providenciadas por desenvolvimento de engenharia e preparar as Etapas 4 a 6 [1].

Os benefícios desta abordagem:

- Equipamentos na condição “como novo”;
- Revisão dos requisitos de agendamento de manutenção;
- Equipamento sem contaminações, tal como a área onde está inserido;
- Prática em lubrificação e pequenos ajustes;
- Equipamentos prontos para serem inspecionados.

As atividades resultarão numa parceria entre técnicos de manutenção e operadores, que lhe permitirá:

- Adquirir novas competências;
- Inspeção básica aos equipamentos e ferramentas;
- Limpezas gerais;

- Capacidade de inspecionar a lubrificação;
- *Single point lessons*;
- Quadros para fazer o resumo do estado e das anomalias.

Na Fase 2 é expectável alcançar a Etapa 4. Traduz-se nos seguintes pontos:

- Operador passa a ter o papel primário no que concerne ao desgaste prematuro;
- Praticar novas competências relacionadas com o programa e equipamento;
- Documentar os parâmetros da operação;
- Documentar os requisitos da inspeção;
- Evolução nas competências de manutenção;
- Expetativas do estado em que o equipamento deve permanecer;
- Capacidade de auditoria.

Na Fase 3 é expectável alcançar a Etapa 5, ou seja, padronizar e melhorar as etapas anteriores e traduz-se nos seguintes pontos:

- Aplicar as novas competências adquiridas através das etapas anteriores;
- Desenvolvimento consistente;
- Inspeções;
- Manutenção tendo em conta a condição do equipamento;
- Auditoria.

Na Fase 4 é expectável alcançar a Etapa 6 e 7 e traduz-se nos seguintes pontos:

- Expandir todas as Etapas de 1 a 5 a todas as áreas de trabalho na instalação;
- Desenvolvimento em todas as áreas e organização da instalação;
- Revisão de operações não só no equipamento;
- Revisão da manutenção planeada;
- Revisão dos documentos FMEA;
- Ajuste de reservas necessárias;
- Auditoria.

Com a implementação do programa são esperadas alterações nas várias componentes da empresa, de forma a obter múltiplos benefícios.

Componentes em que se pretende obter uma redução:

- Desperdícios;
- Tempo de reparação;
- Custo de reparações;
- Número de avarias urgentes;
- Tempo de manutenção excessivo;
- Compras de equipamentos com urgência;
- Inventário de peças de reserva;
- Custo do ciclo de vida do equipamento.

Componentes em que se pretende obter uma melhoria:

- Qualidade;
- Disponibilidade;
- Menor número de avarias;
- Gestão de reservas;
- Fiabilidade do equipamento.

A proposta da nova organização de responsabilidades das atividades em torno dos equipamentos desempenha um papel importante, uma vez que motiva os colaboradores para tarefas de acordo com a sua competência. De acordo com a Tabela 3, o estado atual demonstra que atividades importantes

como o recondicionamento ou prevenção de falhas têm pouco envolvimento tanto por parte dos técnicos de manutenção como do lado dos operadores, caindo em esquecimento e por consequência, não sendo realizada. O esperado é que no futuro as tarefas básicas serão desempenhadas por quem opera o equipamento e os técnicos de manutenção apenas farão trabalho especializado. Esta distribuição de tarefas irá libertar os técnicos de manutenção para tarefas que não seriam possíveis de realizar em consequência da escassez de tempo.

Tabela 3 - Divisão de tarefas entre manutenção e operação – atual vs. Futuro, adaptado de [1]

Atividades	Atual	Futuro
Desenvolvimento	Pouco envolvimento	Técnicos de manutenção
Prevenção de falhas		
Melhorias de ergonomia		
Recondicionamento		
Grandes reparações	Técnicos de manutenção	
Deteção de avarias		
Pequenas reparações		
Ajustes		
Lubrificação		Operadores
Inspeção		
Limpeza		
Operação	Operadores	

3.3 Programa de lubrificação

O programa de lubrificação assume um papel de relevo uma vez que é vital para o normal funcionamento dos equipamentos lubrificados. Se o plano de lubrificação não for executado corretamente pode conduzir a danos irreparáveis nos equipamentos, causando um considerável impacto financeiro. Os pontos a atender são os seguintes:

- Os equipamentos que não têm lubrificação são apenas identificados com uma etiqueta com a referência, denominada “*Tag Number*”. Em complemento, os equipamentos que têm lubrificação, para além da etiqueta, ao seu redor têm um *Single Point Lessons (SPL)* com informações relevantes para as tarefas de lubrificação. Para uma maior simplicidade no processo e uma redução de erros, os equipamentos no local de lubrificação têm a cor correspondente à cor atribuída pela empresa ao lubrificante;
- O armazenamento tem de ser cuidado preservando as características do produto ao longo do tempo. Dessa forma é necessário garantir a implementação das várias recomendações da MTI. No caso da Specialty Minerals Portugal, os óleos e as massas estão armazenados em diferentes áreas. Uma

vez que não estão nas mesmas condições, as normas para o armazenamento exterior serão aplicadas nos óleos e começam pela utilização de bacias de retenção capazes de suportar qualquer anomalia que exista com o bidão de óleo. Obviamente, esta bacia de retenção é alvo de uma inspeção periódica. Para além da bacia de retenção e uma vez que se encontra no exterior, o armazenamento conta com uma cobertura;

- Para o transporte deve ser utilizado um recipiente que não permita a contaminação do lubrificante. O formato do recipiente não deve trazer dificuldades acrescidas durante a ação. Todos os recipientes terão de ter a identificação clara do lubrificante que contêm;
- Para o transporte e aplicação de massa devem ser utilizadas pistolas que tenham proteção contra contaminantes. Uma boa prática é que a pistola esteja identificada de acordo com as recomendações e também a quantidade de lubrificante por movimento;
- Os SPL contêm indicações resumidas que permitem uma clara interpretação sobre lubrificações a realizar no equipamento. A saber – referência do equipamento (“*Tag Number*”), localização das reservas, referência de peças de substituição (*Oracle Part Number*), tipo de lubrificante, pontos de lubrificação, quantidade de lubrificação e periodicidade.

Após os quatro primeiros pontos, segue-se a padronização da lubrificação. Cada equipamento tem definidas as quantidades de massa ou óleo adequadas. No entanto não existe equipamento ultrassónico na SMP. Dessa forma, não é possível aplicar com exatidão as quantidades padronizadas.

Por último, mas não menos importante, a auditoria permite perceber se o programa está a ser bem implementado ou se existem falhas na sua implementação [1] [12].

3.4 Gestão de reservas

A gestão de peças de reserva é de importância fundamental quando o objetivo é manter os custos de manutenção reduzidos. Desta forma, o inventário deve ser o mais reduzido possível, desde que não comprometa a efetividade dos equipamentos.

Podem ser adotados dois pontos de vista para a gestão de reservas. Muitas empresas caem no hábito de gerir de forma reativa e não preditiva. Com certeza é fácil de perceber que usando uma estratégia reativa causará dificuldade na gestão de reservas, devido à necessidade de ter um *stock* alargado. No caso de a manutenção ser antecipada, levará a uma menor necessidade de um leque abrangente de peças de reserva. Ainda assim, não será possível eliminar por completo a falta de reservas em algum momento, no entanto será de forma controlada e prevista. A preferência por usar equipamentos que partilhem as mesmas peças de reserva não deve ser ignorada.

A gestão visual Kanban é uma ferramenta visual adequada [1].

A decisão a tomar sobre a necessidade de o item permanecer nas reservas deve ser tomada considerando os pontos acima referidos, no entanto, o impacto financeiro da decisão é relevante e o objetivo principal, reduzir custos, não pode ser ignorado. Dessa forma, deve-se priorizar todas as peças que sejam críticas para a instalação, isto é, que em caso de falha afetem a OEE.

Todas as peças que não têm uma utilização em anos devem ser excluídas ou, caso não seja possível, deve efetuar-se uma redução de *stock* para o mínimo possível. Existem casos em que é impossível a alteração nas quantidades de *stock*, pelo que se requer a implementação de estratégias para um controlo eficaz. A ferramenta Kanban é útil para uma gestão visual das reservas, facilitando o controlo de *stock* tanto para níveis mínimos como para níveis máximos.

Neste ponto de desenvolvimento, as estratégias deverão ser suficientes para a gestão de reservas ser eficaz. Se isso não se verificar, as sugestões passam por usar distribuição nacional ou tentar adotar uma estratégia de utilização de peças com uma maior compatibilidade nos equipamentos [1].

A recomendação da MTI parte do ponto em que no armazém de reservas a arrumação e a marcação são fundamentais para uma gestão eficiente. São considerados importantes os passos apresentados nas Secções 3.4.1 a 3.4.5.

3.4.1 Boas práticas para alcançar um bom armazém de reservas

Os pontos seguintes enumeram algumas boas práticas, a saber:

- Armários e prateleiras organizados e identificados por dentro e por fora;
- A limpeza deve ser um ato regular;
- Todas as peças devem conter a referência interna da empresa, ou se estiverem contidas numa caixa, essa referência deve constar da caixa;
- Todos os espaços de armazenamento devem ter acesso desimpedido;
- Deve existir espaço suficiente para o armazenamento em prateleiras tal como em caixas, para ser possível separar convenientemente os itens;
- Todos os armários e prateleiras devem conter a designação como são conhecidos internamente;
- A utilização dos espaços ao máximo dificulta quando é necessário mover uma peça.

3.4.2 Código interno para identificar armazém

A recomendação indica que será necessário conter no mínimo a localização específica, o armário/estante e prateleira. Caso o armazém seja específico, só será necessário ter a identificação das caixas.

Um exemplo - o produto está localizado na fábrica da Figueira da Foz, no Armazém 1, dentro do Armário 2 e na Prateleira 3.

O código padrão deverá ser xx-yy-zz-aa em que:

- xx – identifica a fábrica, no caso em concreto é designado por FF;
- Yy – Identifica o armazém, no exemplo é o arm01;
- zz – Identifica o armário, no caso do exemplo Armário 2 é atribuído 02;
- aa – identifica a prateleira, no caso seria atribuído o 03.

Concluindo, para a peça de reserva em questão o código atribuído seria FF-arm1-02-03.

No caso de ser específico, por exemplo um armazém só de fusíveis, a recomendação leva a uma redução de informação, passando a conter apenas a localização da fábrica, armazém e caixa.

Segundo a filosofia do exemplo anterior seria FF-Fusiveis-C2.

No caso de não existirem marcações de acordo com o estabelecido pela MTI, devem ser efetuados os passos para tornar o armazém de acordo com as exigências.

Segundo as recomendações, devem ser criadas as novas identificações e enviadas para o coordenador responsável pela manutenção. Após o coordenador aceitar e atualizar o programa de gestão da *Oracle* é necessário imprimir as referências e afixar nos espaços de armazenamento [1].

3.4.3 Etiquetas de identificação

As etiquetas de identificação das peças de reservas devem estar no equipamento, podendo também ser afixadas no espaço de armazenamento correspondente.

O benefício desta prática é a facilidade de o técnico de manutenção entregar a identificação da peça de reserva com a ordem de trabalho, facilitando o controlo das peças de reservas [1].

3.4.4 Oracle Part Number (OPN)

Para manter as peças e equipamento de reserva sobre controlo é utilizada esta referência, gerada pela ferramenta informática utilizada na MTI.

Quando não é conhecida nenhuma referência para o item em causa, o *software* permite consultas com o intuito de o encontrar. Caso não exista, é solicitado um pedido para criar nova referência. Os campos necessários são uma descrição detalhada do item, fabricante e número de série. Consoante o item, poderão ser necessárias informações complementares.

Após a conclusão da identificação do item com a referência interna de controlo, este pode ser armazenado [1].

3.4.5 Itens que não são controlados no *software Oracle*

Os consumíveis, parafusos, pequenas juntas/vedantes, cabos elétricos, conectores elétricos, fusíveis pequenos, entre outros componentes de idêntico calibre não são controlados neste *software* [1].

3.5 Manutenção Planeada

A manutenção planeada engloba as tarefas básicas, tentando garantir que os equipamentos funcionem nas condições mais próximas do ideal. As atividades de manutenção planeada na empresa regem-se por documentos que estabelecem a periodicidade e as tarefas afetas ao equipamento. Todos os atos de manutenção planeada são registados em documentos específicos da empresa. O planeamento é efetuado semestralmente, sendo atribuída a responsabilidade da tarefa a um membro da empresa.

No caso específico, os equipamentos em questão são os compressores multiestágio (normalmente denominados por compressores de gases de chaminé) e agitadores de carbonadores.

3.5.1 Compressores de Gás de Chaminé

Os compressores utilizados na empresa são mostrados na Figura 7. Funcionam com ar e outros gases podendo funcionar em ambos os casos, extração ou ventilador. O ar ao passar no compressor multiestágio ganha pressão processual necessária para as atividades produtivas da Specialty Minerals.

As três secções principais são a admissão, os canais de retorno e a Secção de descarga. No exterior existem as “*Tie Rods*” que apertam as “*Return Channel*” não existindo nenhuma parte móvel além do veio que está acoplado a um motor elétrico de potência adequada. No interior, existe um rotor que é composto por um veio em aço que suporta as hélices em alumínio. A vibração não deve exceder os limites estabelecidos pelos serviços de manutenção da SMP.

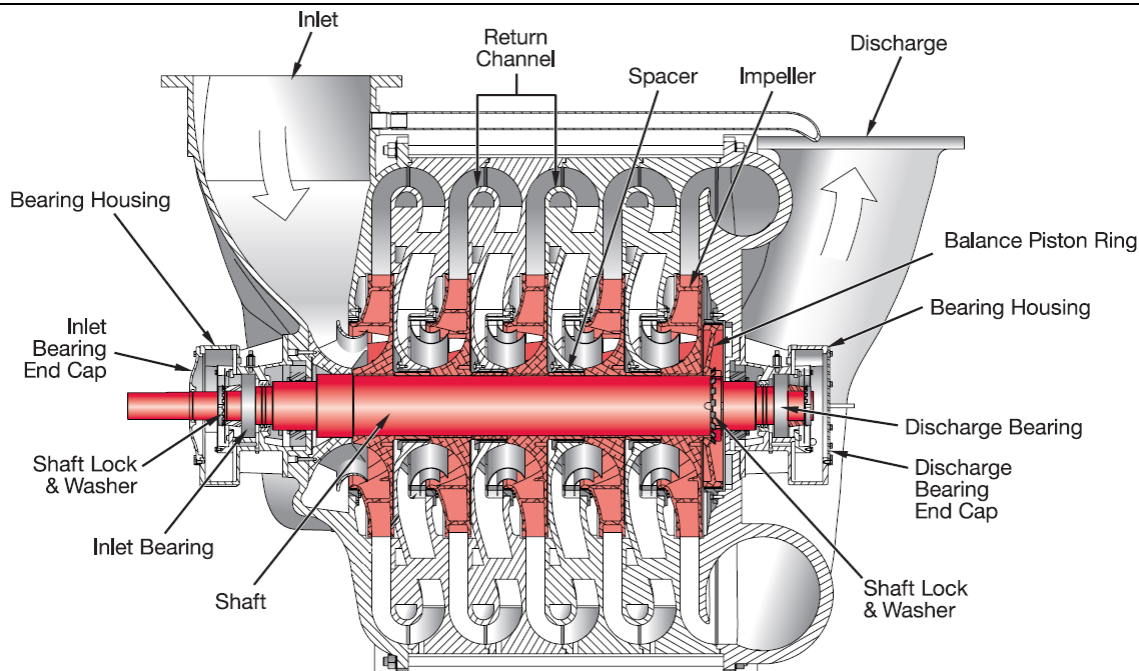


Figura 7 – Diagrama de um compressor de gás de chaminé

3.5.2 Agitadores de Carbonadores

Os agitadores em causa são utilizados nos carbonadores e contam com um motor capaz de debitar a potência necessária às operações. Estes agitadores conseguem funcionar no intervalo de 18.5 kW até aos 1000 kW. Possuem uma caixa redutora com duas velocidades.

As lubrificações deverão respeitar todos os processos de segurança exigidos pela MTI. A empresa criou uma *Job Security Analysis* (JSA) para o efeito. A empresa tem um procedimento que menciona que os rolamentos do agitador devem ser lubrificados com massa uma vez em cada trimestre, tal como os rolamentos do motor acoplado ao agitador. Por sua vez, os acoplamentos dos agitadores devem ser lubrificados com massa com um intervalo de seis meses. O óleo das caixas dos agitadores deve ser substituído de três em três meses.

Segundo o procedimento, para além das lubrificações, ainda devem ser analisados mais alguns pontos com um intervalo de seis meses, evitando possíveis avarias futuras. Para tal, devem ser analisadas as vibrações no agitador e motor, através de um medidor de vibração. Não menos importante é a procura de sinais de desgaste na base do equipamento (por exemplo, fissuras na caixa redutora). O aperto dos parafusos deve ser verificado com uma chave dinamométrica sempre que possível.

O selo do agitador deve ser alvo de análise. Para tal é necessário remover todo o produto à volta do veio do agitador. Depois deve ser garantido o disco de proteção de caixa aplicado no veio [1] [12].

Todos os resultados devem ser registados em formulários que a SMP disponibiliza.

Um exemplo da constituição de um agitador de carbonador é apresentado na Figura 8.

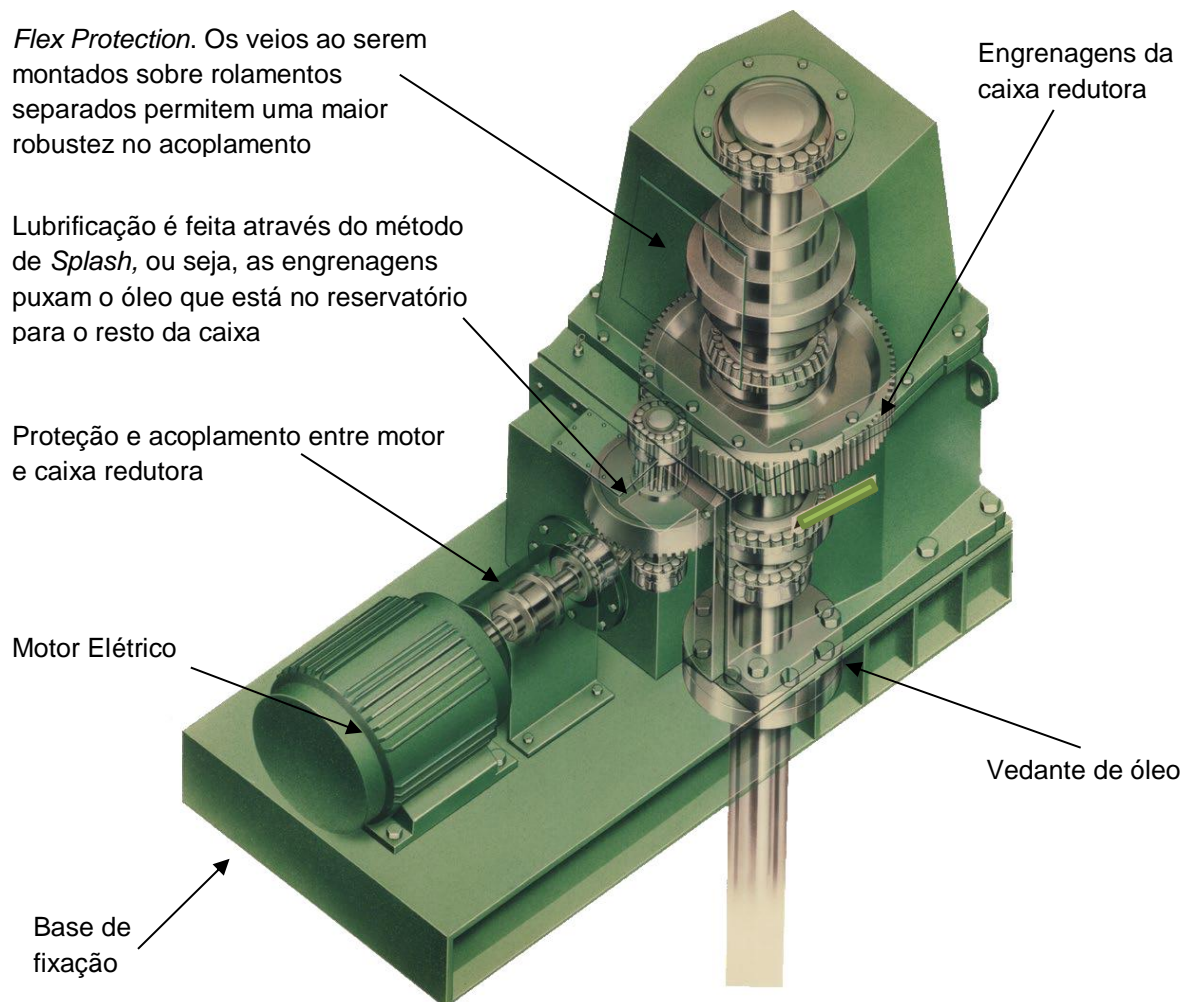


Figura 8 – Constituição do agitador de carbonador

3.6 Apresentação do programa de Manutenção Autônoma

Com o plano de implementação desenvolvido até à Etapa 4 (Fase 2, Figura 6) o objetivo é efetuar a implementação do programa nos compressores de gás de chaminé e nos agitadores dos carbonadores. Para tal, as tarefas irão ser realizadas por membros dos diversos departamentos (operação e manutenção). Será feita uma inspeção inicial e depois programada a atividade que visa a sua implementação.

3.6.1 Apresentação em compressores de gás de chaminé

A manutenção autónoma nos compressores de gás de chaminé deve começar pela remoção de peças desnecessárias, peças velhas e que não sejam usadas em nenhuma função. Devem ser inspecionados todos os parafusos, porcas, anilhas, entre outros derivados.

Em seguida, deve ser inspecionado o óleo presente no compressor que lubrifica os rolamentos. Para analisar, retira-se uma amostra e com base na inspeção visual faz-se uma avaliação. Se o óleo estiver escuro significa que esteve sujeito a elevadas temperaturas, se existirem bolhas significa que está contaminado com sujidades e caso exista uma separação no líquido, é indicação de água misturada.

Após a realização destas duas tarefas, segue-se a lavagem externa e caso o equipamento esteja com sujidade de carbonato de cálcio ou sujidades muito entranhadas é recomendada a utilização de uma

máquina de alta pressão até 3000 psi. Os equipamentos ao lado deverão ser cobertos para a não contaminação dos mesmos.

No final da lavagem externa, deve ser substituído o óleo que lubrifica os rolamentos. O óleo retirado deve ser colocado no bidão dos óleos usados.

Devem ser removidas as proteções e devem ser procurados parafusos soltos, anilhas, casquilhos, apoios de base, etc. Também se deve procurar pontos de desgaste, fissuras ou mesmo roturas no equipamento.

A limpeza deve ser realizada até chegar ao osso da pintura ou do metal em todo o equipamento. Para as tarefas anteriores devem ser usados produtos genéricos como WD-40, limpeza de travões e limpa contactos para os equipamentos elétricos.

A inspeção detalhada tem 5 pontos principais:

- Inspeção da condição geral das proteções e tampas do compressor;
- Inspeção da condição geral dos tubos/mangueiras e reservatórios;
- Inspeção da condição geral do compressor;
- Inspeção da condição geral dos rolamentos;
- Inspeção da condição geral do acoplamento do compressor.

Na inspeção da proteção e das tampas devem ser analisados os seguintes aspetos:

- Todos os parafusos devem ter anilhas, porcas ou outro elemento necessário para garantir o aperto correto;
- As proteções de partes móveis devem encontrar-se em perfeito estado garantindo a proteção total;
- Não devem existir quinças vivas, pois são considerados pontos de perigo e que podem levar a acidentes de trabalho com dias perdidos;
- As proteções devem estar no local próprio, conter dísticos adequados e ainda respeitarem o código de cor estabelecido pela MTI para as mesmas proteções;
- Os avisos e sinais referentes a zonas de perigo são de extrema importância e como tal devem estar em conformidade.

A inspeção dos tubos/mangueiras e reservatórios devem abranger os seguintes pontos:

- As mangueiras e tubos devem respeitar os padrões do fabricante tanto a nível de pressão como de temperatura;
- Devem ser analisadas procurando por sinais de degradação;
- As juntas, vedantes e *O-rings* devem ser alvo de uma observação cuidada, pois são uma fonte de possíveis fugas;
- As falanges terão de ser igualmente observadas garantindo que estão em boas condições;
- Por fim, deve ser verificado se o tipo de óleo utilizado é o correspondente às especificações.

A inspeção geral ao compressor foca os seguintes pontos (Figura 9):

- A base do compressor é essencial e dessa forma deve ser analisada procurando por corrosão ou outros sinais de evidente desgaste;
- O aperto de *Tie Rods* em conformidade;
- Parafusos da base do compressor apertados de acordo com a especificação;
- Borrachas de amortecimento;
- Alguma outra peça em falta.

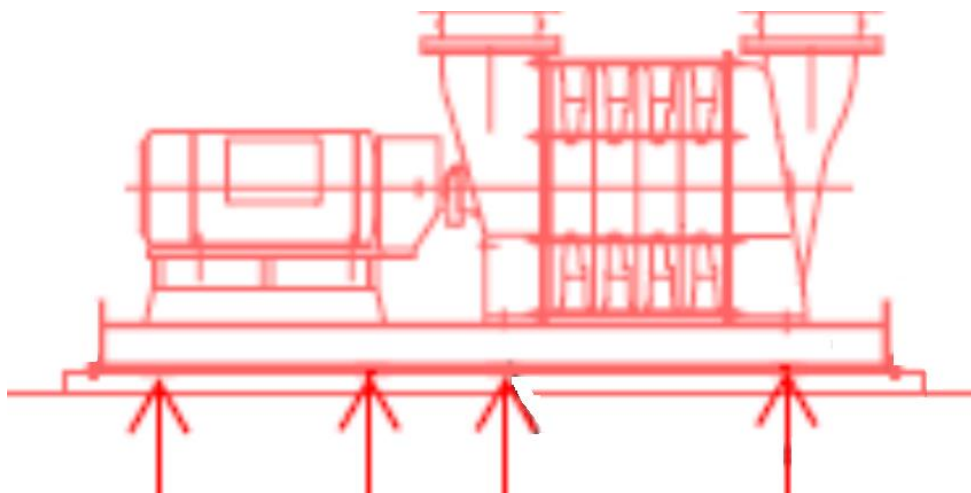


Figura 9 - Borrachas de amortecimento do compressor [1]

A inspeção da condição dos rolamentos atenta nos seguintes pontos:

- As carcaças (onde são aplicados os rolamentos) devem ser alvo de análise em procura de sinais de desgaste;
- Verificação se existem rolamentos em fim e vida e a necessitar de substituição;
- Peças em falta relacionadas com a região onde estão montados os rolamentos.

Por último, a inspeção da condição do acoplamento do compressor visa os seguintes pontos:

- Inspeccionar o acoplamento garantindo que não existe alinhamento incorreto ou com desgaste;
- Devem ser verificados todos os parafusos, porcas e anilhas garantindo que se encontram bem apertados e em segurança;
- A folga entre o veio do motor e do compressor deve estar de acordo com a especificação.

Para concluir a Etapa 2 da manutenção autónoma, eliminar as fontes de contaminação, a MTI recomenda a análise de três pontos.

Em primeiro lugar, a contaminação pode ser externa – PCC, *Slake* ou fugas por outras fontes na proximidade. Devem ser documentadas e devem ser eliminadas, caso não seja possível, pelo menos reduzir ao máximo. Exemplos de contaminações são partes de produto originários da produção ou o dreno do condensador fora do sítio e fuga para o chão.

Em segundo, as condições ambientais também influenciam, por exemplo o calor excessivo na sala provocado por falta de extração de ar.

Por último, existem as contaminações provenientes de óleos, solventes, poeiras. Normalmente, as origens destas contaminações estão relacionadas com fugas do próprio equipamento.

Para concluir a Etapa 3 da manutenção autónoma – padronização de limpeza e lubrificação - devem ser seguidas as seguintes recomendações:

- Pontos de inspeção visíveis;
- Acesso aos pontos de lubrificação e pequenos ajustes;
- Filtro acessível;
- Olho de nível acessível;
- Proteções que permitam acesso aos pontos de lubrificação;
- Acesso adequado à realização de trabalhos de manutenção;
- Acesso adequado a trabalhos relacionados com limpeza;
- Todos os pontos de inspeção devem ter facilidade no acesso e serem perfeitamente visíveis.

Além das recomendações ainda é necessário garantir:

- Etiqueta de identificação visível e com informação correta;
- Tampas dos pontos de lubrificação cumprindo os códigos de cor;
- Pontos de lubrificação com códigos de cor;
- Óleo correto em uso, tal como a respetiva quantidade;
- Práticas de lubrificação de acordo com o padrão;
- *Single point lessons* afixado nas proximidades do equipamento.

Para implementar as três etapas anteriores são necessários vários recursos para as diversas atividades:

- A segurança não tem prioridade. Devem ser usados todos os equipamentos de segurança disponíveis para a atividade. Equipamentos de proteção individual, *Lockout/Tryout*;
- Desenhos técnicos dos equipamentos a intervir, caso necessário;
- Ferramentas de limpeza;
- Produtos de limpeza como WD-40, produtos de limpeza de travões, limpeza de contactos, solvente, etc;
- A ferrugem deve ser eliminada e em seguida pintar de acordo com as cores padrão de segurança.

As tarefas deverão demorar em média 7 horas na primeira limpeza e inspeção. A partir da segunda não deverão ser gastos mais de 15 minutos diários (segundo recomendações da MTI).

As tarefas deverão ser executadas de acordo com as competências necessárias que se encontram descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Divisão de tarefas entre especialização e operação, adaptado de [1]

Técnicos especialistas	Operadores
Substituição do compressor	Limpeza e inspeção
Reparação no compressor	
Reparações elétricas	Monitorização de vibração, temperatura e pressão
Substituição ou reparação do circuito de lubrificação	
Troca de rolamentos	
Troca de selos	Pequenas reparações
Alinhamento	

3.6.2 Implementação em Agitadores de Carbonadores

Se em algum momento o equipamento falhar, o óleo deve ser removido e o equipamento desmontado para ser reparado por pessoal especializado.

Conforme o esperado, a primeira etapa é alocada para a limpeza profunda do equipamento, tentando recuperar o agitador até às condições básicas para o seu funcionamento. Como expectável, nesta

etapa irá ser utilizada água, dessa forma a recomendação da MTI segue no sentido de se tomar precauções com equipamentos que não possam ser sujeitos a máquina de alta pressão. O filtro de respiro deve ser removido e usado um bujão para tapar o orifício. A limpeza profunda envolve todas as zonas que contenham massa, óleo, poeiras ou outra contaminação.

À semelhança da atividade do subcapítulo anterior, a segurança é muito importante. Portanto na etapa da limpeza é expectável que as proteções e tampas de segurança sejam inspecionadas. Devem ser verificados os seguintes itens:

- Devem ser verificados todos os parafusos, anilhas e porcas;
- Deve ser garantida a boa condição das proteções de segurança, assim como o cumprimento do código de cores instituído pela MTI;
- As quinas vivas devem ser eliminadas, caso existam;
- As placas de aviso devem estar perfeitamente funcionais.

Quando há fuga excessiva ou não é feita a manutenção preventiva corretamente, dá-se acumulação de PCC na base (Figura 22). Todo o produto acumulado deve ser removido. Após estar limpo devem ser avaliados alguns pontos como a existência de fissuras, parafusos e porcas sem aperto correto ou selo de vedação mal aplicado/degradado ou inexistente.

As tampas de acesso à caixa de engrenagens devem ser retiradas e posteriormente deve limpar-se o excesso de lubrificante. Relacionado com a lubrificação devem ser inspecionados os seguintes pontos:

- Os tubos de lubrificação devem estar intactos, sem mossas ou partidos;
- Todos os pontos de lubrificação têm proteção contra poeiras;
- A acessibilidade dos pontos de lubrificação é deveras importante e deve ser garantida.

Após completar a inspeção anterior, temos acesso aos acoplamentos da caixa. A inspeção deve incidir na procura de fissuras na proteção do acoplamento, tal como na junta e parafusos. Deve-se incidir também sobre a qualidade da lubrificação, ou seja, se está a ser executada corretamente. O acoplamento entre o motor e a caixa deve seguir as mesmas recomendações.

A Etapa 2 vai ao encontro de combater as fontes de contaminação. A MTI reconhece como tradicionais contaminantes externos o *slake*, o PCC e outras contaminações provenientes de equipamentos próximos. O meio ambiente também é considerado uma fonte de contaminação, tal como óleos, solventes, poeira e água.

A Etapa 3 atenta no estabelecer de padrões de lubrificação e limpeza. Os pontos de inspeção devem estar identificados e com boa acessibilidade, facilitando a verificação dos mesmos.

Como esperado, a segurança não tem prioridade na MTI. Dessa forma as proteções a serem garantidas nesta etapa são:

- Acessibilidade dos filtros;
- Janelas de visita acessíveis, caso aplicável;
- Todas as proteções devem permitir que a lubrificação seja executada corretamente;
- Boa acessibilidade para limpar e inspecionar o equipamento.

Respeitante à padronização devem ser atendidos os seguintes pontos:

- Identificação do equipamento visível e correta;
- Pontos de lubrificação acessíveis com tampa;
- Pontos de lubrificação respeitando o código de cores da empresa;
- Intervalo de lubrificação da manutenção preventiva atualizado;
- Utilização de óleos e massas recomendados pelo fabricante;
- *Single Point Lesson* afixado nas proximidades do equipamento.

3.6.3 Listas de verificação, Etapa 4

Terminada a implementação da Fase 1, em que os equipamentos foram alvo de uma limpeza profunda, eliminação ou redução de fontes de contaminação e estabelecidos padrões de limpeza e lubrificação, as listas de verificação podem ser implementadas e tornarem-se parte das tarefas semanais dos operadores.

Cada equipamento abrangido pela manutenção autónoma tem uma lista de verificação que será preenchida semanalmente pelos operadores e de dois em dois meses pelos técnicos de manutenção. A MTI padronizou a lista exemplo da Figura 10.

O funcionamento é simples, a pessoa que realiza a inspeção introduz as iniciais na coluna da semana respetiva. Sempre que não existam anomalias, as células correspondentes aos itens a verificar ficam em branco. Caso exista anomalia, deve ser registado o número do “Orange Tag” (Figura 37), que será abordado no Capítulo 4.

Plant:	Figueira						
Year:	2019						
Asset #:	CMP1234						
Desc:	Equipamento 1						
Manutenção autónoma realizada pelo operador						Oper.	Oper.
Manutenção autónoma realizada pelo técnico de manutenção (2 em 2 meses)						Initials	Initials
Usar o Orange Tag para reportar qualquer anomalia Intruduzir o número do Orange Tag na célula correspondente ao defeito.						Week #	Week #
STD WK STEP	Items a verificar	Low	High	Typical	1	2	W
Instrução de trabalho Padrão 1	Item 1						
Instrução de Trabalho Padrão 2	Item 2						
Instrução de Trabalho Padrão 3	Item 3						
Informação oculta	Item 4						
Informação oculta	Item 5	0,00	x	z			
Informação oculta	Item 6						

Figura 10 - Exemplo de listas de verificação (parcial) da SMP

3.7 Excelência de operações

A busca da melhoria contínua é importante, mas é preciso um rumo. A excelência de operações consiste na interiorização de uma filosofia que abraça certos princípios para uma melhoria contínua e sustentável.

Para além da maior eficiência de produção, a excelência de operações quando elevada para um patamar de “classe mundial” possibilita a criação de produtos e serviços valorados.

A “cereja no topo do bolo” acontece quando se alcança o sucesso produtivo e também o sucesso motivacional [13].

Anualmente, a Shingo Institute de Jon M. Huntsman School of Business atribui um prêmio de excelência de operações baseado nos resultados apresentados pelas empresas relevando componentes como cultura, resultados e a demonstração de cada colaborador nos pontos-chave (Figura 11) [13] [14]:

- Respeitar cada indivíduo - a motivação provém do respeito e quando isto é visível o colaborador para além de “dar as suas mãos” também “entrega o coração”;
- Liderar com humildade - para aprender novos conhecimentos em busca de melhorias é necessário admitir as vulnerabilidades;
- Procurar a perfeição - não será alcançável, mas auxiliará na mentalização em busca de melhoramentos;
- Abraçar o conhecimento científico - a inovação surge após análises sistemáticas de falhas e da exploração de novas ideias;
- Foco no processo - normalmente é desperdiçado tempo em culpar o empregado quando as principais causas são possíveis falhas no processo;
- Qualidade a partir da raiz - a perfeição ocorre quando o sucesso é alcançado na primeira tentativa. Todavia, quando existem erros devem ser prontamente corrigidos;
- Fluxo de valor - os desperdícios quebram o fluxo de valor, devendo ser evitados;
- Cooperação de ideias - pensar em conjunto permitirá melhores decisões e resoluções;
- Ideias definidas - a clareza de ideias é benéfica garantindo que o conjunto de colaboradores tomem decisões em concordância. Trará maior confiança na tomada de decisões;
- Criação de valor na ótica do consumidor - a criação do produto que vá ao encontro das expectativas do consumidor.



Figura 11 - Pirâmide com os dez pontos chave [14]

3.7.1 5S

A filosofia 5S é comumente considerada a base da gestão *Lean*, tendo como objetivos aumentar a produtividade, limpeza e organização, com o propósito de criar áreas de trabalho confortáveis e seguras [15].

Os pilares que suportam esta afirmação são *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke* (Selecionar, Organizar, Limpar, Padronizar e Manter). Detalhando cada etapa (Figura 12):

- *Seiri* (Selecionar) – eliminar itens que não são relevantes, mantendo apenas os que acrescentam valor;
- *Seiton* (Organizar) – colocar os itens certos nos locais certos, facilitando a sua utilização quando forem necessários;
- *Seiso* (Limpar) – limpar a área de trabalho mantendo-a “a brilhar”, eliminando todo o tipo de contaminações;
- *Seiketsu* (padronizar) – padronizar as etapas anteriores utilizando por exemplo indicadores visuais;
- *Shitsuke* (Manter) – Após as 4 primeiras iniciativas devem ser feitas auditorias continuamente com a meta de manter os “troféus” alcançados.

Resumidamente a metodologia 5S proporciona:

- Facilidade em conjugar com eventos *Kaizen*, promovendo a melhoria contínua na empresa;
- Participação positiva de todos os colaboradores;
- Evita atribuir a culpa a alguém diretamente quando existem falhas;
- Aumenta a eficiência e eficácia dos colaboradores.

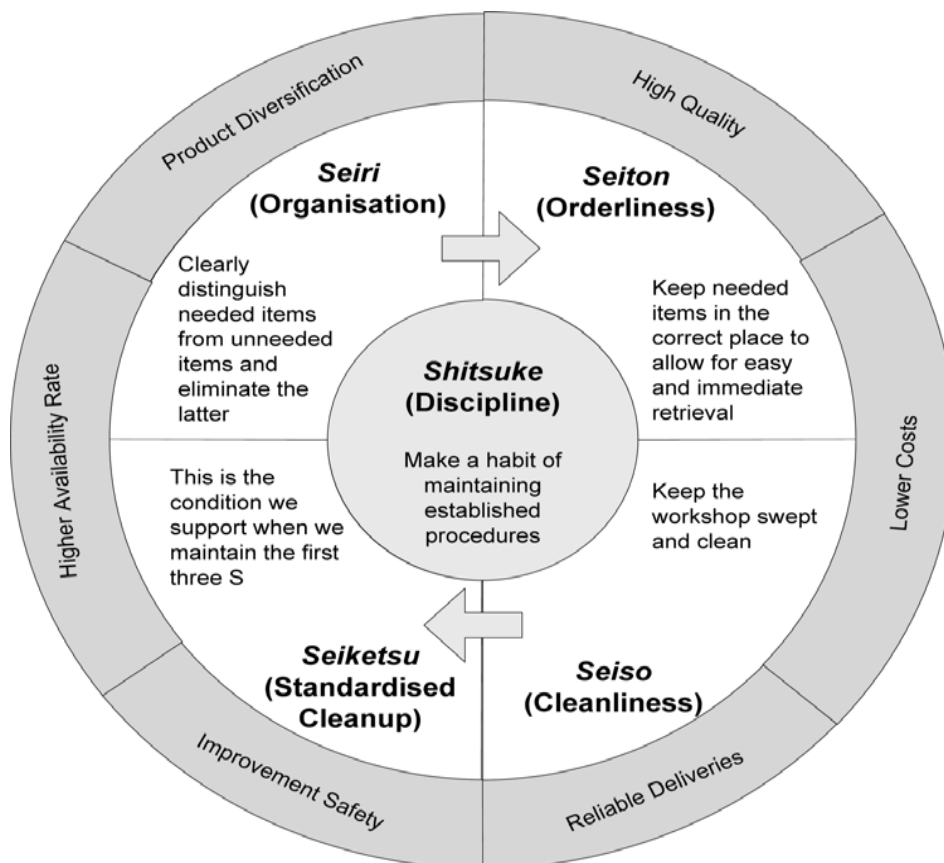


Figura 12 - Relação entre as cinco componentes do 5S [15]

3.7.2 Kaizen

A palavra *Kaizen* é normalmente associada a melhoria contínua, contudo o conceito original incidia sobre melhoramentos graduais. Atualmente, é referenciada como *Kaizen Events* quando se tratam de projetos rápidos que se traduzem em grandes melhorias [16].

Para compreender melhor a diferença entre *Kaizen*, *Kaizen Events* e melhorias tradicionais pode ser consultada a Tabela 5. Nesta tabela podemos analisar as consequências, em cada componente do processo como escala de melhorias, quem é afetado, custos associados, potencial da implementação e por último, os benefícios provenientes do tipo de evento.

Tabela 5 - Comparativo *Kaizen*, *Kaizen Events* e melhoramentos tradicionais [16]

Tipo de Melhoramento	<i>Kaizen</i>	<i>Kaizen Events</i>	Melhoramentos tradicionais
Escala das melhorias	Pequenas melhorias continuamente	Grandes e rápidas melhorias aproximadamente em 5 dias	Drásticas, complexas e baseadas em tecnologia
Quem é afetado	Individuais	Equipa	De diretor para empregados
Custos	Baixo	Baixo	Elevado
Potencial de implementação	Grande, ideias provêm dos colaboradores	Grande, ideias provêm dos colaboradores	Baixa, não existe qualquer tipo de opinião
Benefícios	Usado para qualquer benefício, mesmo que seja no conforto da área de trabalho	Atividade focada em melhorar o processo e eliminar desperdícios	Revolucionar a empresa

3.7.3 PDCA

A metodologia PDCA, do Inglês, *Plan, Do, Check and Do*, já apresentada genericamente no Capítulo 2, pode ser usada tanto individualmente como coletivamente para resolver problemas e prevenir o seu reaparecimento no futuro. O ciclo PDCA é uma solução a longo prazo, não apenas para um problema específico, podendo ser aplicado em diversas áreas, incluindo a manutenção.

O ciclo PDCA (Figura 13) começa com Desenvolvimento (*Plan*), em que se tenta analisar o problema sob pontos de vista possíveis com a intenção de encontrar a sua origem. Registam-se ideias para solucionar e como implementá-las. Continuando o ciclo, segue-se a etapa de implementar (*Do*) as ideias anotadas no ponto anterior tão rápido quanto possível e com prudência. Na terceira fase do ciclo – Avaliar (*Check*) - após a implementação é necessário recolher os dados obtidos através da segunda etapa e comparar com o que havia sido projetado. Por fim, a etapa “Ação” (*Act*) em que se estabelece como padrão a solução encontrada, caso resulte [17] [18].

Benefícios do ciclo PDCA [18]:

- Método padrão de desenvolvimento que pode ser utilizado em todos os departamentos;
- Evita o desperdício de tempo em implementar soluções pouco efetivas;
- Fomenta o trabalho em equipa em busca de uma solução para o problema;
- Não acarreta elevados custos uma vez que a solução surge no seio da empresa.



Figura 13 - Ciclo PDCA

Como é um ciclo, pode ser transformado em CAPD começado o ciclo na etapa *Check* e seguindo o trajeto para a correção do problema e pensando à *posteriori* no seu desenvolvimento [18].

3.7.4 A3

Proveniente de um *standard* de tamanho de papel, o conceito com origem na Toyota condensa numa página os tradicionais relatórios de muitas páginas poupando tempo de escrita e leitura. A capacidade de condensar tudo numa folha A3 torna as ideias mais claras e permite simultaneamente a transmissão de conhecimentos entre pessoas de uma forma simplificada .

O conceito pode ser utilizado tanto para resolução de problemas executivos como de problemas técnicos. Mais importante que definir o culpado é manter o foco no “porquê” do problema [19].

A sua utilização é recomendada quando:

- Necessária colaboração para encontrar ideias;
- Opinião de terceiros acerca das possíveis soluções;
- Falta de conhecimento acerca do problema.

A sua utilização é desaconselhada quando:

- Já existe solução para o problema;
- A solução está descoberta e apenas falta implementar;
- Apenas existe interesse do foro pessoal.

O fluxo de informação no conceito A3 é apresentado na Figura 14.

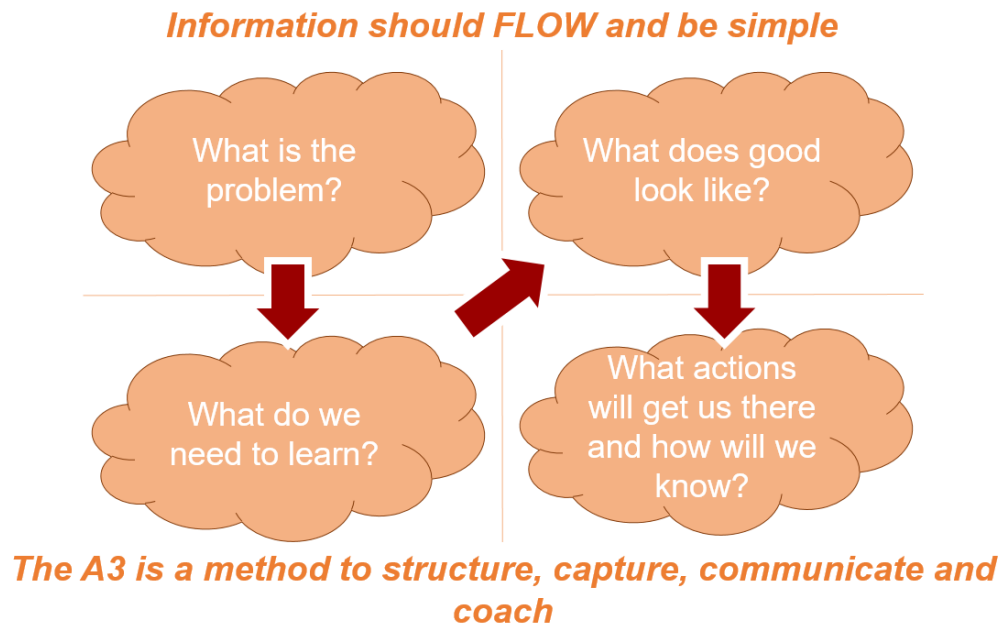


Figura 14 - Fluxo de informação - A3, adaptado de [18]

3.7.5 Outras metodologias abordadas na empresa

O *Lean Thinking* faz parte da filosofia da MTI. Durante o estágio ainda foi possível contactar com outros conceitos entre os quais:

- **FMEA** – Metodologia para relacionar causas e efeitos dos problemas. Pode ser aplicado em produtos e processos. Após as possíveis causas serem identificadas são avaliadas na sua severidade, frequência e probabilidade da deteção da falha. O resultado da multiplicação dos três fatores anteriores resulta num número de referência para cada causa. A causa com o maior número é a que tem mais impacto caso ocorra;
- **Gemba Walk** – Compreender as falhas por observação direta e troca de ideias com os colaboradores no local de produção;
- **Kanban** – Método para regular o fluxo de *stocks* com base em indicações visuais;
- **Poka-Yoke** – A prevenção é a melhor forma de evitar erros e atingir os “zero defeitos”, dessa forma o *Poka-Yoke* é uma ferramenta para deteção e prevenção de erros;
- **Standardized Work** – Folhas com instruções de trabalho padrão que capturam a forma mais eficiente de efetuar um trabalho rotineiro indicando o tempo de cada tarefa. Serve como base para melhorias futuras;
- **Visual Factory** - Indicadores visuais que permitem facilidade na comunicação, tornando a informação acessível e clara para todos os elementos da empresa.

4 Implementação de conceitos de Manutenção Produtiva Total

Devido à fábrica de PCC da Figueira da Foz possuir uma quantidade elevada de equipamentos, a implementação prática dos conceitos de Manutenção Produtiva Total estará dividida por seções. O tema da manutenção autónoma será restringido aos compressores de gás de chaminé e aos agitadores dos carbonadores. A lubrificação será estendida à fábrica, englobando motores elétricos, bombas centrífugas, agitadores e compressores de gás de chaminé. A gestão de reservas incidirá sobre motores elétricos, uma vez que são considerados como reserva crítica.

Na lubrificação existem cinco metas a alcançar. O primeiro passo é estabelecer as práticas de lubrificação e de armazenamento de lubrificantes de acordo com o programa desenvolvido pela MTI.

Em segundo, é necessário verificar todos os equipamentos no terreno e comparar os diagramas existentes avaliando se estão ou não devidamente identificados.

Em terceiro e por consequência do segundo passo, é necessário encomendar as placas de identificação e aplicá-las no terreno, permitindo a identificação correta dos equipamentos.

O quarto passo passará pela criação de quadros visuais, denominados de “*Single Point Lessons*”, para motores elétricos, bombas centrífugas, compressores e agitadores. Os quadros visuais devem conter informação sobre a sua nomenclatura, frequência de lubrificação, quantidade de lubrificante, imagens identificando os pontos de lubrificação, números de identificação das peças de reservas. As cores dos pontos de lubrificação deverão coincidir com a cor do lubrificante. Por fim, os quadros serão afixados e disponibilizados num dispositivo que permite a consulta dos mesmos.

Como passo final, atualizar o documento com o procedimento da manutenção preventiva nas secções que sofreram atualizações e correções.

Na gestão de reservas a primeira meta é organizar o armazenamento e controlo de motores elétricos. Numa fase posterior, começar por organizar um dos armazéns e projetar um armazém capaz de suprir todas as lacunas existentes na fábrica da Figueira da Foz.

Para concluir, implementar a manutenção autónoma na fábrica nas áreas de carbonadores e dos compressores de gás de chaminé.

4.1 Lubrificação

Neste subcapítulo vão ser abordadas as práticas implementadas com o objetivo de cumprir as regras da empresa. A atividade é mais abrangente do que simplesmente o ato da lubrificação do equipamento.

Para simplificar a explanação das práticas de lubrificação será utilizada a metodologia A3, apresentada no Capítulo 3.

Fazendo uma caracterização do estado atual podemos constatar que na fábrica existem:

- Pistolas de massa não identificadas com o tipo de massa e não cumprindo os requisitos da MTI, uma vez que não protegem a massa das poeiras;
- *Jerricans* identificados com os tipos de óleo correspondentes, no entanto não tem toda a informação necessária;
- Armazém de óleos sem organização e sem identificação;
- Armazém de óleos sem bacias de retenção;
- Equipamentos sem código de cores exigidos pela MTI.

Pensando no estado futuro, chegamos à conclusão que precisamos de:

- Construção de um espaço exclusivo para óleos. No interior estarão estantes com bacia de retenção feitas de acordo com o projeto. O armazenamento terá capacidade para 8 bidões de 200 litros;
- Os *jerricans* e pistolas serão substituídos e estarão prateleiras específicas no espaço acima mencionado;
- Compra de armário apropriado para o armazenamento de produtos inflamáveis e aplicação de um dispensador para massas/silicones no interior. O armário ficará localizado na sala de manutenção;
- Os lubrificantes estarão identificados por cores e texto para cada tipo de óleo ou massa de acordo com a tabela existente para o efeito na SMP;
- O armazém de lubrificantes terá afixado a referência do *software* Oracle utilizado pela SMP, lista de lubrificantes equivalentes e a cor respetiva para cada tipo de lubrificante;
- As pistolas ou *jerricans* utilizados para a lubrificação estarão identificados com o mesmo código de cores e texto do armazém de lubrificantes;
- Os equipamentos a lubrificar estarão identificados com a respetiva *tag*. O executor poderá consultar o SPL via *Tablet*;
- Todos os pontos de lubrificação estarão identificados com a cor correspondente ao tipo de lubrificante a aplicar no equipamento.

Para ser possível evoluir do estado atual para o pretendido estado futuro é necessário concretizar as seguintes ações:

- Projetar armazém para óleos;
- Comprar armário adequado para inflamáveis;
- Aplicar dispensador no armário para massas;
- Construção de área para óleos;
- Comprar *Tablet* e criar/atualizar SPL;
- Padronizar a área de lubrificantes com tipos de óleo equivalentes, referência do *software* Oracle utilizado pela SMP e códigos de cores correspondentes;
- Verificar/atualizar se as pistolas de massa e/ou os *jerricans* de óleo estão identificados corretamente, substituir caso não cumpram os requisitos padrão da MTI;
- Verificar se os equipamentos a lubrificar têm o bujão identificado com a cor correspondente e aplicar caso não tenham.

4.1.1 Identificação de equipamentos

A fábrica conta com cerca de 800 equipamentos instalados. Nem todos precisam de lubrificação, no entanto devem estar todos identificados permitindo acelerar a procura do equipamento quando é necessária alguma intervenção, seja ela de manutenção planeada ou corretiva. Para ser efetuada a identificação foi necessário estudar os diagramas da fábrica, que nem sempre estavam atualizados. Foi criada uma folha de cálculo em Microsoft Excel para fazer o levantamento e muitos equipamentos não tinham identificação ou esta estava escondida (Tabela 6). Foi pensado um modelo de chapa para identificação de equipamentos capaz de se adaptar a toda a instalação. Adicionalmente, foi debatida se a chapa de identificação seria colocada no equipamento ou na posição do equipamento. Como a posição do equipamento é que é relevante, optou-se por marcar a posição e não aplicar a chapa no próprio equipamento.

Tabela 6 - Resumo de identificação de equipamentos

Título	Drawing	Identificados	Não identificados	Não encontrados	Total	% identificados	Progresso
Lime Unloading & Storage	FF-D-0#	28	4	23	55	51%	58%
Flue Gas Scrubbing	FF-D-0##	29	9	6	44	66%	86%
Flue Gas Scrubbing	FF-D-0##	37	12	4	53	70%	92%
Slaking	FF-D-0##	29	3	2	34	85%	94%
Slaking	FF-D-0##	28	2	8	38	74%	79%
Slaking	FF-D-0##	25	0	5	30	83%	83%
Slaking	FF-D-0##	33	1	2	36	92%	94%
Calcium Recovery	FF-D-0##	5	10	4	19	26%	79%
Calcium Recovery	FF-D-0##	4	6	6	16	25%	63%
Carbonator ##	FF-D-0##	25	5	4	34	74%	88%
Carbonator ##	FF-D-0##	50	9	3	62	81%	95%
Carbonator ##	FF-D-0##	21	4	5	30	70%	83%
Carbonator ##	FF-D-0##	27	3	9	39	69%	77%
Carbonator ##	FF-D-0##	27	2	8	37	73%	78%
Carbonator ##	FF-D-0##	26	3	8	37	70%	78%
Product Screening ##	FF-D-0##	50	0	1	51	98%	98%
Product Screening ##	FF-D-0##	45	0	8	53	85%	85%
Product Storage	FF-D-0##	20	0	2	22	91%	91%
Product Storage	FF-D-0##	45	0	3	48	94%	94%
Product Storage	FF-D-0##	3	4	0	7	43%	100%
Utilities	FF-D-0##	16	1	23	40	40%	43%
Miscellaneous Systems	FF-D-0##	43	0	7	50	86%	86%
Misc. Systems -Black/Biocide	FF-D-0##	11	0	0	11	100%	100%
Liquid CO2 Systems	FF-D-0##	17	0	0	17	100%	100%
Liquid CO2 Systems	FF-D-0##	15	0	0	15	100%	100%
LCO2 System	FF-D-0##	2	2	0	4	50%	100%
Non-Contact Cooling	FF-D-0##	40	5	15	60	67%	75%
Total		701	85	156	942	74%	83%

Após o levantamento, definição do *layout* da chapa e sua encomenda, as chapas foram aplicadas nos diversos equipamentos recorrendo a silicone e abraçadeiras de serrilha. Por questões relacionadas com a segurança, foi imperativo não aplicar as chapas que deixassem quinhas vivas. Pode ser verificado como exemplo a aplicação ilustrada na Figura 15.



Figura 15 - Antes e depois, placa de identificação

4.1.2 Quadros Visuais

A MTI dá extrema importância aos quadros visuais, encontrando-se por de trás desta filosofia a ideia que o colaborador terá uma menor taxa de erros, apresentando uma maior eficácia nas tarefas de manutenção superior. Como tal, foi necessário criar os quadros visuais para compressores, agitadores e bombas, tal como detalhando na Tabela 7.

Tabela 7 - Quantidade de SPL criados por tipo de equipamentos

Categoria	Quantidade
Compressores Gás Chaminé	6
Agitadores de Carbonadores	6
Bombas	37
Outros agitadores	12

A idealização dos quadros visuais foi feita sobre folhas de cálculo, conforme a preferência da empresa. As informações que teriam de conter foram – identificação do equipamento, *oracle part number*, nome da reserva, localização da reserva, pontos de lubrificação, tipo de lubrificante, lubrificante com o código de cores respetivo, frequência da manutenção, quantidade e a respetiva ação. Para as bombas, para além de ser adicionado o modelo específico, ainda foi necessário colocar o tipo de *frame* da bomba. Na Figura 16 apresenta-se um exemplo dos quadros visuais implementados na fábrica para compressores, agitadores de carbonadores, bombas e outros agitadores de menor importância.

Single Point Lesson

Compressores Gás Chaminé

MTR #####/#####
 CMP #####/#####

TAG(s)	#	Pontos de lub	Tipo de Lub	Lubrificante	Frequência	Qty.	Ação
CMP #####/#####/##### Oracle Part Number - N/A Reserva - ##### Localização - #####	1	Entrada	Óleo	Óleo ## OPN - ##### OPN - ##### OPN - #####	Diária	A nível	Verificar quantidade/repor
	2	Saída			Semestral	#### ml	Substituir
MTR #####/#####/##### Oracle Part Number - ##### Reserva - ##### Localização - #####	3	Rolamento Non Drive End	Massa	Massa ## OPN - ##### OPN - ##### OPN - #####	Trimestral	#### g	Verificar quantidade/repor
	4	Rolamento Drive End					

Figura 16 - Exemplo de *Single Point Lessons* (Quadros Visuais)

4.1.3 Atualização dos documentos de manutenção

A empresa tem documentos de manutenção com toda a informação detalhada sobre as operações a executar ou regras a cumprir nas instalações. Dessa forma é necessário atualizar esses documentos nas respetivas secções para ficar coincidente com a situação atual. As atualizações realizadas foram:

- Secção 10.1 - Revisão geral da Secção e dos formulários FF-##-00-S10-##, e introdução do Anexo FF-SPL-Abbbb-##, devido à criação de “*Single Point Lessons*” de Lubrificação, para toda a instalação;
- Secção 10.1.3.2 - Revisão geral da Secção, devido à criação de “*Single Point Lessons*” – ver descrição da alteração à Secção 10.1;
- Secção 10.1.3.3 - Inclui o conteúdo da anterior Secção 10.1.3.4, já que a lubrificação semanal é referente a caixas redutoras;
- Secção 10.1.3.4 - Nova Secção devido à criação de “*Single Point Lessons*” – ver descrição da alteração à Secção 10.1, com o objetivo de clarificar a questão da lubrificação de bombas Goulds;
- Secção 12.3 - Os códigos de cores foram atualizados em FF-##-S12-11.

4.1.4 Síntese

Em suma, todas as atividades propostas foram desenvolvidas. Na questão das práticas de lubrificação e armazenamento foi implementado o possível, deixando o projeto para o armazém de lubrificantes e a compra de novos *jerricans* e pistolas para o pessoal da *Specialty Minerals* concretizar. A identificação da fábrica ficou no nível de pesquisa e identificação superior, com a aplicação de cerca de 200 placas, deixando por identificar equipamentos em que são necessários cuidados elevados de segurança, como por exemplo, equipamentos que se encontram a cerca de dez metros de altura. Todos os SPL que foram propostos, foram concluídos e afixados. Por fim a atualização dos documentos com as novas informações também foi solicitada para aprovação.

4.2 Gestão de reservas

A gestão de reservas rigorosa e organizada acarreta uma maior eficiência na gestão dos recursos de manutenção.

No início do estágio, a empresa não tinha os registos atualizados e os existentes eram na sua maioria pouco claros e pouco eficientes. Em certos casos, existiam armazenadas peças que já tinham sido descontinuadas ou com informação superior a uma década.

As recomendações da MTI apresentadas no Subcapítulo 3.4 não estavam a ser implementadas.

4.2.1 Motores Elétricos

A SMP identifica os motores elétricos como uma reserva crítica. Tanto bombas centrífugas como agitadores ou compressores, utilizam-nos para o seu funcionamento. Portanto é fundamental ter registos de cada equipamento, tais como as suas características, histórico de posições ocupadas, localização atual e histórico de reparações.

Na primeira visita ao armazém dos motores elétricos verificou-se que em geral as recomendações não estavam a ser cumpridas (Figura 17), tendo sido feito o levantamento dos seguintes pontos:

- Equipamentos espalhados pela zona de armazenagem, embora existam estantes com muitos espaços vazios;
- A segurança estava afetada, uma vez que existia muita dificuldade em aceder ao espaço de forma segura, devido aos equipamentos espalhados pelo chão;
- Para além da segurança estar comprometida, não era possível trabalhar de forma eficiente no espaço com o empilhador;
- Devido ao facto de o espaço não seguir a padronização relativamente à organização, dificultava ao executante a tarefa de encontrar a peça de reserva;
- Peças de reserva estavam mal-acondicionadas (cheias de pó e sujeitas a humidade), levando ao desgaste prematuro das mesmas;
- Existia lixo/sucata misturados com as peças de reserva.



Figura 17 - Armazém de reserva (estado inicial)

Após a análise do estado atual, foram estudadas e implementadas as recomendações da MTI.

A primeira fase para a organização foi rever todo o material e comparar com os registos existentes no momento.

Após elaborar um novo modelo para o registo da gestão das reservas (motores elétricos), o armazém de reservas foi alvo de uma atividade de duração significativa, acabando por se repor a organização no armazém (Figura 18).



Figura 18 - Armazém após atividades de organização

O modelo para registo dos motores elétricos da empresa foi feito em Microsoft Excel, pelo estagiário com algumas modificações ao utilizado anteriormente na empresa. O documento contém uma visão geral sobre os motores existentes e suas possíveis posições (Anexo B.1 e Anexo B.2). Para cada motor possui uma ficha individual (Figura 19) com uma hiperligação à visão geral referida neste parágrafo e por fim inclui um diagrama com a localização dos motores nas prateleiras do armazém (Anexo B.3).

Ficha de motor		8						
Localização do motor	oto	Armário/Estante	-	Prateleira	-	Espaço/Caixa	-	
Fabricante	G	Modelo	hnum	Serial Number	8221	04jul2018		
Características Elétricas	5,5	kW	1465	RPM	50	Hz	Classe eficiência	IE3
	400/690	V	10,3/5,97	A	3,68	kgf.m	Eficiência (carga - 50%)	90,0%
	Posição caixa de terminais						Eficiência (carga - 100%)	90,7%
	Proteção do motor		Termistor - 2 fios 1 por fase 140°C Termistor - 2 fios 1 por fase 155°C				Fator de potência (cos φ)	0,85
Características Gerais	Frame/Chassis	AL132S-04	Tipo de construção	B3T	Material de construção	Cast Iron		
	Grau de proteção	IP55	Duty Type	S1	Direção de rotação	Ambos		
	Sistema de arrefecimento	IC411 - TEFC		Peso (Massa)	60	kg		
Outras Características	Ruído	56,00	dB(A)	Revestimento	RAL 5009 202P (ISO 12944 - C3)		Dreno	
	Recomendação de Lubrificação		Sem informação disponível					
Compra	Fornecedor		PO		378,91 €	Data	26/dez/18	
Elaborado por	//		Aprovado por	//		(Diretor de Produção)		
Histórico de Posições								
Data	Posição ocupada	Estado	Comentários			Responsável		
26/dez/18	Reserva	Novo						
26/dez/18		Aplicado	Substituição de motor um av					
Histórico de reparações								
Data	Reparador	Preço de reparação	Comentários					
Comentários adicionais								

Figura 19 – Exemplo de ficha de motor

A ficha foi idealizada contendo no cabeçalho informações que identifiquem esse motor e a sua localização. A seguir contém uma secção de características técnicas e dados da compra. Na segunda metade é apresentado o histórico do motor.

De referir que não existia um controlo rigoroso de entradas e saídas deste tipo de reservas. Por vezes não se sabia qual a situação do equipamento. Para colmatar essa deficiência, foi criado um formulário de envio e receção de equipamento, que posteriormente foi expandido às outras peças de reserva.

4.2.2 Outros armazéns

Em termos de segurança a situação era melhor, contudo a organização não coincidia com as fichas existentes. O estado dos outros armazéns está descrito nos seguintes pontos:

- Alguns armários arrombados e dificuldade em encontrar as chaves que os permita abrir corretamente;
- As peças encontram-se dentro dos armários. Em alguns casos faltam etiquetas de identificação, noutros não estão de acordo com o que consta nas fichas;
- Alguns armários contêm materiais velhos, degradados e sujos. Devem ser removidos;
- Material mal-acondicionado dentro dos armários.

Para solucionar o problema existente foi feito um inventário. Ao fazer esse inventário foram detetadas peças de reserva obsoletas, fichas com localizações erradas, identificadores de armazéns errados e as fichas não estão adequadas.

O trabalho realizado para além do inventário completo foi:

- Limpeza completa dos armários e das peças de reserva;
- Identificação das peças de reserva, prateleiras e armários;
- Atualização das fichas de registo e controlo.

Na Figura 20 (antes) e Figura 21 (depois) apresenta-se um exemplo do resultado do trabalho realizado na organização do Armazém 1.



Figura 20 - Exemplo de armário do Armazém 1, antes de ser organizado



Figura 21 - Armário após correção usando as recomendações

4.2.3 Trabalho futuro

Uma vez que o tempo é escasso e limitado não é possível, por vezes, executar num curto espaço de tempo as tarefas planeadas. Neste caso, ficou planeada a remodelação do armazém capaz de o dotar de condições excecionais para o armazenamento de todas as reservas. Como solicitado, foi executado um pequeno desenho simplificado de um projeto para o novo armazém (Anexo C.1). Já foram estabelecidos contactos com construtores, reservando-se para um futuro próximo a sua execução.

4.3 Evento de Manutenção Autónoma em Compressores Gás Chaminé

4.3.1 Preparação da atividade

De acordo com o programa de manutenção autónoma a implementar, foi feita uma preparação da atividade que consistiu em verificar o estado do equipamento de acordo com as indicações.

A inspeção inicial começa com a observação da existência de contaminações e fugas em que foram encontradas as seguintes deficiências:

- Poeiras provenientes do exterior;
- Poeiras sobre compressor, base, motor, tubos, cabos elétricos, manómetros, válvulas, etc;
- Marcações da base estão a desaparecer, sendo necessário remarcar;
- Contaminação na zona de lubrificação;
- Contaminação no motor (*Drive End*).

As fotos apresentadas na Figura 22, Figura 23 e Figura 24, caracterizam o estado do equipamento.

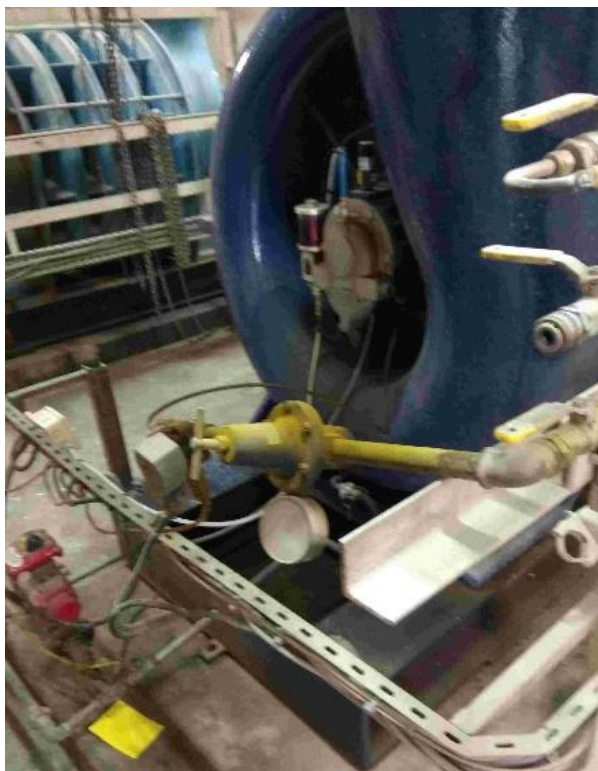


Figura 22 – Compressores com manómetros cobertos de poeiras



Figura 23 – Base do compressor sem marcações e motor coberto de poeiras

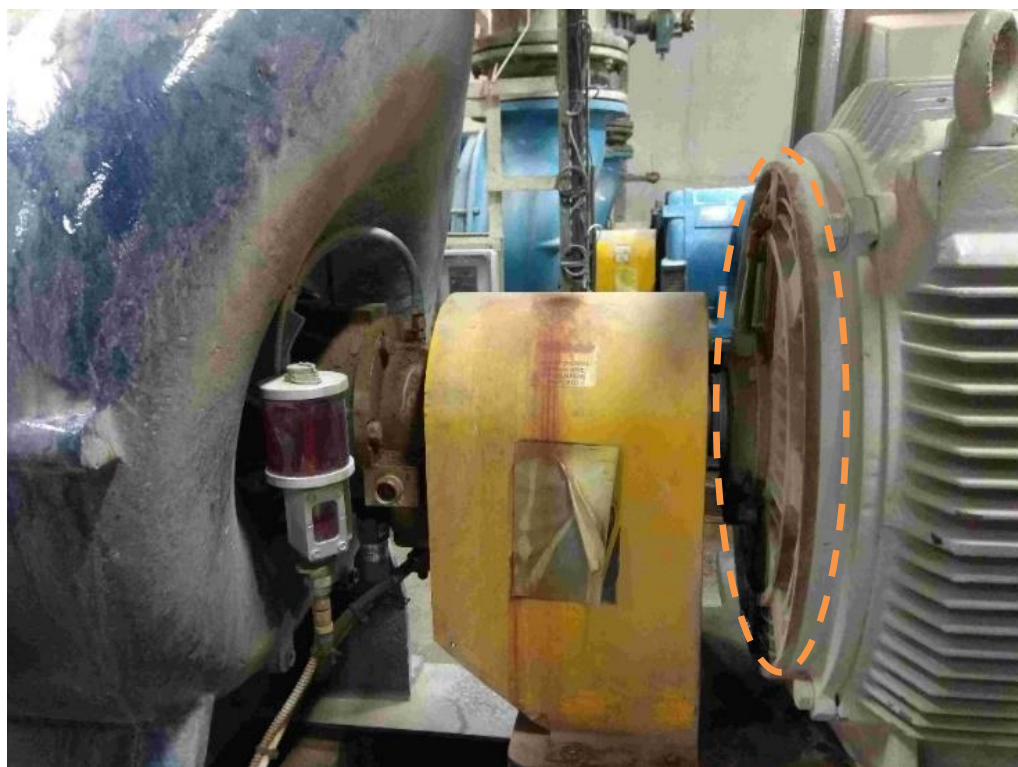


Figura 24 – Motor elétrico do compressor com *Drive End* contaminado com massa de lubrificação

A lubrificação é um item a avaliar na preparação da atividade e foi possível constatar que o óleo de lubrificação dos rolamentos estava em boas condições e perfeitamente visível, no entanto não existiam marcações com máximo e mínimo. A contaminação com óleo escorrido era visível na Figura 24. Também não estava implementado o código de cores relativo à identificação dos lubrificantes.

A análise da temperatura dos rolamentos foi feita através de um sensor de temperatura, instalado tanto na entrada como na saída como identificado na Figura 25 através dos números 1 e 2.

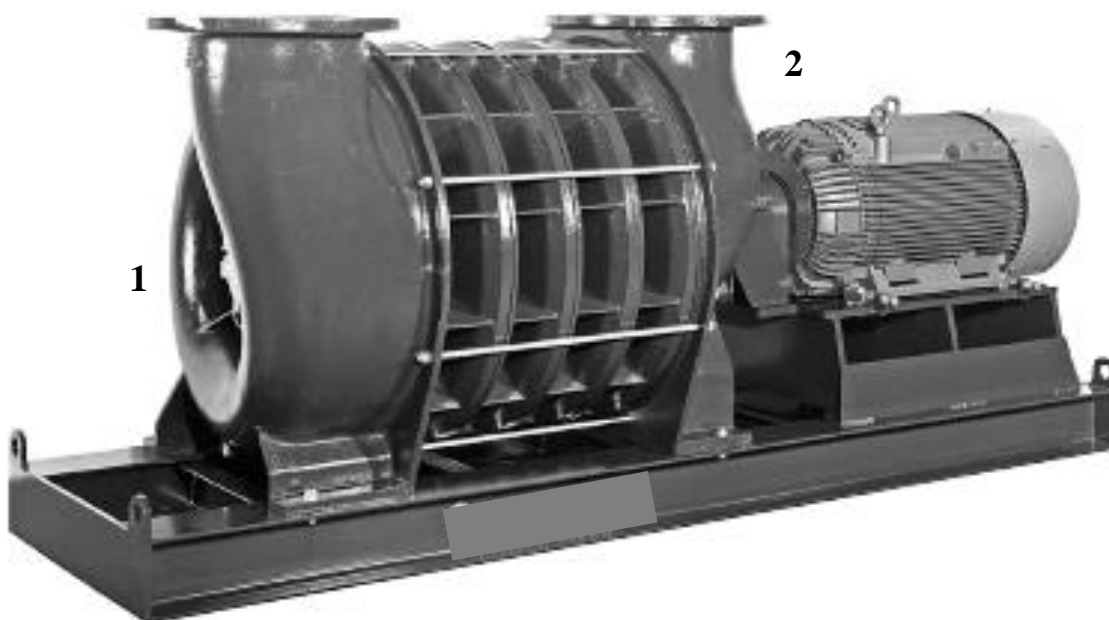


Figura 25 - Identificação da zona dos rolamentos do *compressor de gás de chaminé*

O procedimento recomenda a utilização de um medidor de temperatura por infravermelhos. Os dados obtidos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Temperaturas do óleo dos rolamentos dos compressores de gás de chaminé

	Temperatura da consola	Temperatura de infravermelho
1	88 °C	72.6 °C
2	212 °F (100 °C)	76.0 °C

Existe uma diferença na medição que pode resultar da dissipação de calor na estrutura, no entanto verifica-se que permanece estável e o ponto 2 tem uma temperatura mais elevada em ambos os casos.

Por outro lado, a vibração permite aferir o estado de funcionamento do compressor de gás de chaminé, por isso é necessário que esteja dentro dos intervalos estabelecidos pela MTI. Na preparação da atividade foram verificados os pontos onde existem valores de referência para comparar. Além do ponto anterior é necessário aferir se os valores apresentados na consola do operador se encontram corretos. A Tabela 9 contém os valores medidos com o medidor existente na empresa para o efeito e na Tabela 10 constam os valores da consola do operador.

Tabela 9 - Valores medidos com medidor de vibração

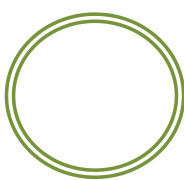
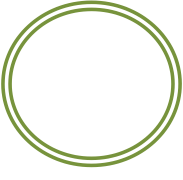
Entrada (Visão Motor para Compressor)	Saída (Visão Motor para Compressor)
<p>5.8 mm/sec 0.23 in/sec</p>  <p>5.4 mm/sec 0.21 in/sec</p> <p>5.3 mm/sec 0.21 in/sec</p> <p>4.8 mm/sec 0.19 in/sec</p>	<p>7.1 mm/sec 0.28 in/sec</p>  <p>5.5 mm/sec 0.22 in/sec</p> <p>6 mm/sec 0.24 in/sec</p> <p>5 mm/sec 0.20 in/sec</p>

Tabela 10 - Valores obtidos na consola de operação

Entrada	Saída
4.06 mm/sec 0.16 in/sec	4.82 mm/sec 0.19 in/sec

Na consola do operador são mostrados valores médios, ao invés dos quatro valores da medição manual. Tirando a margem de erro nas medições é possível verificar que os valores de ambas as tabelas são coerentes e estão dentro dos valores de referência.

O equipamento possui na base tem umas borrachas com o objetivo de amortecer a vibração tal como ilustrado na Figura 9 do Capítulo 3. O estado dessas borrachas é muito importante para a MTI e como tal é necessário garantir o seu bom estado de conservação.

Por fim, devem ser analisados quaisquer tipos de componentes agregados ao compressor em busca de partes soltas. Neste exemplo apenas foram detetados fios elétricos fora das calhas como não conformes.

Na Figura 26 ilustra-se o aspeto geral de um compressor de gás de chaminé antes da atividade de manutenção.



Figura 26 – Compressor de gás de chaminé antes da atividade de manutenção

4.3.2 Execução da atividade de manutenção

Para concretizar as três primeiras etapas foram executadas várias tarefas pelo estagiário com a colaboração de um operador da empresa. Após a preparação da atividade no dia anterior, foi iniciada tarefa. Para ser possível executar a tarefa, e antes de qualquer tarefa técnica, é obrigatório preencher a folha de segurança que requer autorização do operador de serviço (Anexo D.1 e Anexo D.2).

Após autorização, o primeiro passo foi bloquear o equipamento, utilizando a técnica de “bloqueio, consignação e teste” abordada no Capítulo 3.

Após cumprir os requisitos de segurança, começou-se por preparar a ferramenta necessária e iniciar a limpeza geral com solvente. Em seguida, foram desmontadas as proteções de segurança para avaliar o estado das mesmas. Após a desmontagem verificou-se que o acoplamento entre o motor e o compressor possuía desgaste, pelo que foi substituído. A proteção de segurança foi alterada visando a conformidade requerida.

O circuito de lubrificação foi drenado, desmontado e limpo. Todos os componentes se apresentavam em boas condições, com exceção de algumas mangueiras. Estas foram substituídas e o sistema de lubrificação foi novamente montado, ficando com o funcionamento correto. O nível de óleo foi reposto na quantidade recomenda pelo fabricante. Foram adicionados indicadores de níveis nos reservatórios e a capa com a respetiva cor nos bujões.

Todos os sensores apresentaram valores corretos, por isso não foi necessária a substituição nem dos sensores de temperatura nem dos sensores de vibração.

Para concluir as tarefas de restauro, o equipamento recebeu trabalhos de pintura, reaperto onde necessário e reorganização dos fios elétricos. A marcação nos tubos com o código de cores respetivo também foi executada, tal como as marcações em zebra no chão ao redor do compressor. Ainda foi adicionado um painel em acrílico onde foram afixadas as padronizações, tanto para limpeza como para lubrificação.

Os materiais utilizados nesta tarefa foram:

- Solvente;
- Desengordurante;
- Óleo para rolamentos;
- Tinta para pintar partes danificadas: azul para o compressor, amarelo para tubos, preto e amarelo para zebras (no rodapé) e branco para estruturas metálicas;
- Abraçadeiras de serrilha para fixar os fios elétricos nas calhas;
- *Spray* lubrificante para aperto e desaperto de parafusos enferrujados (Ex: WD-40);
- Chaves diversas para execução de apertos e desapertos.

Na Figura 27, Figura 28 e Figura 29 apresenta-se uma comparação entre o estado geral do compressor de gás de chaminé antes e depois da atividade.



Figura 27 – Comparação do estado do compressor de gás de chaminé, antes e depois da atividade – vista geral (a)



Figura 28 - Comparação do estado do compressor de gás de chaminé antes e depois da atividade – vista geral (b)



Figura 29 - Comparação do estado do do compressor de gás de chaminé, antes e depois da atividade – vista geral (c)

4.4 Evento de Manutenção Autônoma em Agitadores (Carbonadores)

4.4.1 Preparação da atividade

De acordo com o programa de manutenção autônoma a implementar, foi feita uma preparação da atividade que consistiu em verificar o estado do equipamento de acordo com as indicações.

A inspeção inicial começa com a observação da existência de contaminações e fugas em que foram encontradas as seguintes deficiências:

- Poeiras provenientes do exterior;
- Fuga de carbonato de cálcio precipitado junto ao selo;
- PCC sobre agitador, base, motor, tubos, cabos elétricos, manômetros, válvulas, etc.;
- Marcações de lubrificação não existentes;
- Contaminação na zona de lubrificação;
- Proteções de partes móveis não conformes;
- Sinais de corrosão avançada.

As fotografias da Figura 30, Figura 31, Figura 32 e Figura 33 caracterizam o estado do equipamento antes da atividade de manutenção.



Figura 30 - Inexistência de marcações de pontos de lubrificação



Figura 31 - Proteção de partes móveis não conforme



Figura 32 - Degradação avançada



Figura 33 - Fuga de PCC pelo selo

Para além das deficiências observadas, o Agitador foi alvo de outras considerações:

- A lubrificação foi sendo executada de acordo com os padrões estabelecidos na SMP, no entanto não existiam marcações, o equipamento encontrava-se com resíduos de restos de lubrificante e não apresentava o código de cores requerido pela MTI;
- A análise dos acoplamentos determinou que não existia qualquer anomalia, não requerendo substituição;
- O filtro de respiro foi naturalmente substituído;
- Não existiam quaisquer pontos de informação junto do equipamento, nem padronização;
- Os parafusos de aperto não tinham marcas que permitissem verificar se estão desapertados.

4.4.2 Execução da atividade

À semelhança da atividade nos compressores de gás de chaminé, nas três primeiras etapas foram executadas várias tarefas pelo estagiário e por um operador da empresa. Após a preparação da atividade no dia anterior, a tarefa foi iniciada. Como nos compressores de gás de chaminé, antes de qualquer tarefa técnica, é obrigatório preencher a folha de segurança que requer autorização do operador de serviço (Anexo D.1 e Anexo D.2).

Após autorização, o primeiro passo foi bloquear o equipamento, utilizando a técnica de “bloqueio, consignação e teste” abordada no Capítulo 3.

Após cumprir os requisitos de segurança, começou-se por preparar a ferramenta necessária e iniciar a limpeza geral com solvente e máquina de alta pressão. Devido ao grande depósito de PCC, esta tarefa foi de extrema dificuldade. O carbonato de cálcio precipitado depositado na base requereu grande esforço (Figura 33). Os escoamentos de água não eram adequados, tornando a tarefa mais difícil. Em seguida, foram desmontadas as proteções de segurança para avaliar o estado das mesmas. Conforme registado, não estavam conformes e tiveram de ser adaptadas (Figura 31). Após desmontar a proteção de partes móveis verificou-se que o acoplamento entre o motor e a caixa não tinha desgaste e não foi necessária a sua substituição.

O circuito de lubrificação foi drenado, desmontado e limpo. O nível de óleo foi repostado na quantidade recomenda pelo fabricante. Foram adicionadas as marcações nos pontos de lubrificação e a capa com a respetiva cor nos bujões.

Para concluir as tarefas de restauro o equipamento recebeu trabalhos de pintura, reaperto onde necessário e reorganização dos fios elétricos. A marcação nos tubos com o código de cores respetivo também foi executada. Ainda foi adicionado um painel em acrílico onde foram afixadas as padronizações, tanto para limpeza como para lubrificação.

Os materiais utilizados nesta tarefa foram:

- Solvente;
- Máquina de alta pressão;
- Desengordurante;
- Óleo para rolamentos;
- Tinta para pintar partes danificadas: verde para o agitador, amarelo para as proteções, azul para o motor e branco para a estrutura;
- Abraçadeiras de serrilha para fixar os fios elétricos nas calhas;
- *Spray* lubrificante para aperto e desaperto de parafusos ferrugentos (Ex: WD-40);
- Chaves diversas para execução de apertos e desapertos.

Na Figura 34, Figura 35 e Figura 36, apresenta-se uma comparação entre o estado geral do agitador antes e depois da atividade.



Figura 34 - Comparação do estado do Agitador, antes e depois da atividade - estado geral do equipamento



Figura 36 - Comparação do estado do agitador, antes e depois da atividade - marcações de lubrificação e tampas reparadas



Figura 35 - Comparação do estado do Agitador, antes e depois da atividade - base e proteção

4.5 Treinar operadores para a manutenção autónoma

Foi feita uma apresentação sobre o trabalho desempenhado, sobre os deveres de cada colaborador, tal como a função atribuída. Foi estabelecido que as tarefas relacionadas com a manutenção autónoma seriam efetuadas no turno das 0h00 até às 8h00, pelo operador semanalmente e bimensal pelos técnicos de manutenção de serviço. Os operadores e os técnicos de manutenção têm a obrigação de preencher a lista semanalmente e bimensalmente, respetivamente. Sempre que exista uma anomalia terão que registar na *checklist* com o número do *Orange Tag*.

O *Orange Tag* é um cartão laranja que foi desenvolvido cumprindo os padrões da MTI e consiste em duas partes. A parte A fica afixada no equipamento, junto à anomalia. Por oposição, a parte B é entregue ao responsável pela resolução da anomalia. Na Figura 37 pode-se observar o *Orange Tag* criado.

Reparar

TPM TAG TAG PART A No. 1

Data: _/ _/ _ Nome: _____

Problema Hidraulico

Operação Instrumentação

Mecanico Eletrico

Lubrificação Outro

Descrição do problema: _____

TPM TAG TAG PART B No. 1

Data: _____ Nome: _____

Equipa: Manutenção Operação

Equipamento: _____

Descrição do problema: _____ Data: _/ _/ _

Figura 37 - Orange Tag

4.6 Resultados obtidos após a implementação do programa

Após a conclusão das tarefas que estavam atribuídas ao estagiário é possível verificar que:

- No que respeita à identificação de equipamentos, a fábrica passou de 40% para 80% dos seus equipamentos identificados, tal como algumas atualizações dos desenhos técnicos da instalação;
- Para os equipamentos definidos, a instalação possuía apenas 16% dos equipamentos com quadros visuais e após a conclusão do estágio passou a apresentar 100%;
- Ainda relativamente à lubrificação, foram atualizadas todas as cores e armários de lubrificantes garantindo que eram cumpridas as diretrizes da MTI em relação aos lubrificantes;
- As peças de reservas não tinham organização, principalmente os motores elétricos em que tinham localização desconhecida e falta de informação concreta. No final do estágio, a documentação dos motores ficou correta e atualizada, tendo sido elaborado um documento em MS Excel com uma visão geral dos motores e uma ficha individual para cada motor;
- Foram revistos e reorganizados os armazéns de outras peças de reservas, ficando como trabalho futuro a elaboração de um documento para registar as reservas, uma vez que os atuais apresentavam lacunas ou informação duplicada;
- Foram implementados os passos de manutenção autónoma possíveis e recomendados pela MTI para a SMP;
- Foi criada e inserida nas atividades regulares dos colaboradores, uma etiqueta para utilizar durante a inspeção agregada à Manutenção Autónoma;
- Por fim, não foi possível obter dados concretos em relação à OEE após os eventos de Manutenção Autónoma. Isto deve-se a terem existido algumas situações que influenciaram os resultados e a comparação não seria justa, uma vez que não se mantiveram as mesmas condições em todos os equipamentos abrangidos. Na fábrica existem vários agitadores de carbonadores e vários compressores de gás de chaminé. No entanto o Compressor 1 só pode ser utilizado na mesma linha que o Agitador do Carbonador 1 e o processo é igual para os restantes. As atividades de Manutenção Autónoma foram executadas em compressores e agitadores sem ligação direta o que introduz um fator de desigualdade.

5 Conclusões e sugestões de trabalho futuro

Este capítulo apresenta as conclusões que se podem retirar do estágio realizado e apresenta sugestões para trabalho futuro dando continuidade ao trabalho desenvolvido e implementação em outras áreas das instalações da SMP.

5.1 Conclusões

De forma geral os objetivos propostos no âmbito deste estágio, desenvolvidos e descritos ao longo deste relatório, foram alcançados. A empresa apresentava algumas debilidades na TPM e que estavam a gerar desperdícios.

Mais especificamente, a empresa utiliza sobretudo a manutenção corretiva, sendo uma prática que faz parte dos trabalhos diários. Além da perda de produtividade inerente, a utilização deste tipo de manutenção acarreta elevados custos financeiros, para além de interferir com a manutenção planeada.

A implementação dos conceitos do programa da TPM teve exatamente por objetivo tentar melhorar as áreas mais deficitárias de forma a contribuir para o aumento da produtividade e para a redução do atraso da manutenção planeada. A colaboração dos operadores ao realizarem a manutenção de rotina é uma mais valia muito importante, deixando os recursos especializados para as tarefas que requerem esse conhecimento e competências.

Obviamente que numa fase inicial a implementação da metodologia proposta necessita de um esforço adicional, mas se se mantiver um trabalho continuado, num futuro próximo poderão começar a aparecer os benefícios esperados. A melhoria contínua faz parte da gestão *Lean*.

Para que possa fazer sentido na organização interna da fábrica, os conceitos de manutenção abordados ao longo deste relatório têm de estar interiorizados pelos colaboradores, pois caso a melhoria contínua seja interrompida, todos os esforços que haviam sido feitos acabam em desperdício. Essa dificuldade pode conduzir o programa à ruína. Desta forma, todos os colaboradores devem estar motivados e com abertura suficiente para aprender e implementar novos conceitos. Assim, no âmbito do estágio um dos objetivos passou por tentar inculcar nos colaboradores da empresa o espírito que a MTI pretende desenvolver através da implementação da TPM.

As atividades relacionadas com a lubrificação foram completadas na íntegra enquanto a gestão de reservas sofreu um incremento importante na organização e na eficiência do processo.

Existiam situações de claras perdas, como por exemplo a degradação dos equipamentos de forma acelerada, ou a demora na procura da peça necessária e em última instância a inexistência de reservas.

Os equipamentos onde foi implementada a manutenção autónoma encontravam-se com um nível de degradação elevado, como visível nas imagens de exemplo, indicando que a manutenção planeada não estava a ser aplicada da forma mais eficaz ou em intervalos de tempo com frequência suficiente.

A manutenção pode ser vista como um custo a reduzir por diversos pontos de vista. Contudo, a realização deste estágio permitiu aferir precisamente o contrário. A manutenção cuidada e em tempo útil aumenta largamente a qualidade do funcionamento dos equipamentos e ao longo do tempo trará benefícios claros, como o aumento do seu ciclo de vida e o aumento da eficiência dos processos.

Concluimos que a manutenção é um investimento que trará benefícios quando bem planeada e executada, tanto para a maquinaria como para os responsáveis da manutenção, não sendo necessário comportarem-se diariamente como se de bombeiros se tratassem.

A experiência adquirida no âmbito do estágio curricular permitiu a aprendizagem de um conjunto alargado de conceitos visando a gestão *Lean*, com que não tinha havido contacto até então. A experiência diária num departamento de manutenção possibilitou o contacto com diversos equipamentos distintos. Este período foi também uma oportunidade de crescimento pessoal e de enriquecimento interpessoal, tendo sido um contexto privilegiado de desenvolvimento a todos os níveis, integrado numa empresa de projeção global como a Minerals Technology Incorporated (MTI).

5.2 Sugestões de trabalho futuro

Nem todos os trabalhos projetados inicialmente puderam ser concluídos no tempo planeado para o estágio. Isto aconteceu por diversos motivos, nomeadamente pela impossibilidade de parar a produção de PCC e a dificuldade em ter recursos humanos disponíveis quando necessário, já que existiram imensas atividades de manutenção corretiva durante o período de estágio.

Como trabalho futuro sugere-se a construção de um novo armazém dedicado à gestão de reservas. Propõe-se igualmente a criação de um sistema informático automatizado de controlo de peças de reserva e consumíveis, que parece essencial para elevar a fábrica a um nível correspondente às suas necessidades reais. Por forma a continuar a implementação de TPM iniciada pelo trabalho desenvolvido neste estágio, recomenda-se que todos os equipamentos das áreas da fábrica que foram abordadas ao longo deste relatório sejam abrangidos pela manutenção autónoma.

Após a conclusão das melhorias propostas no parágrafo anterior, recomenda-se a expansão do programa a outras áreas da fábrica, nomeadamente às bombas centrífugas que necessitam claramente da implementação da Manutenção Produtiva Total.

Bibliografia

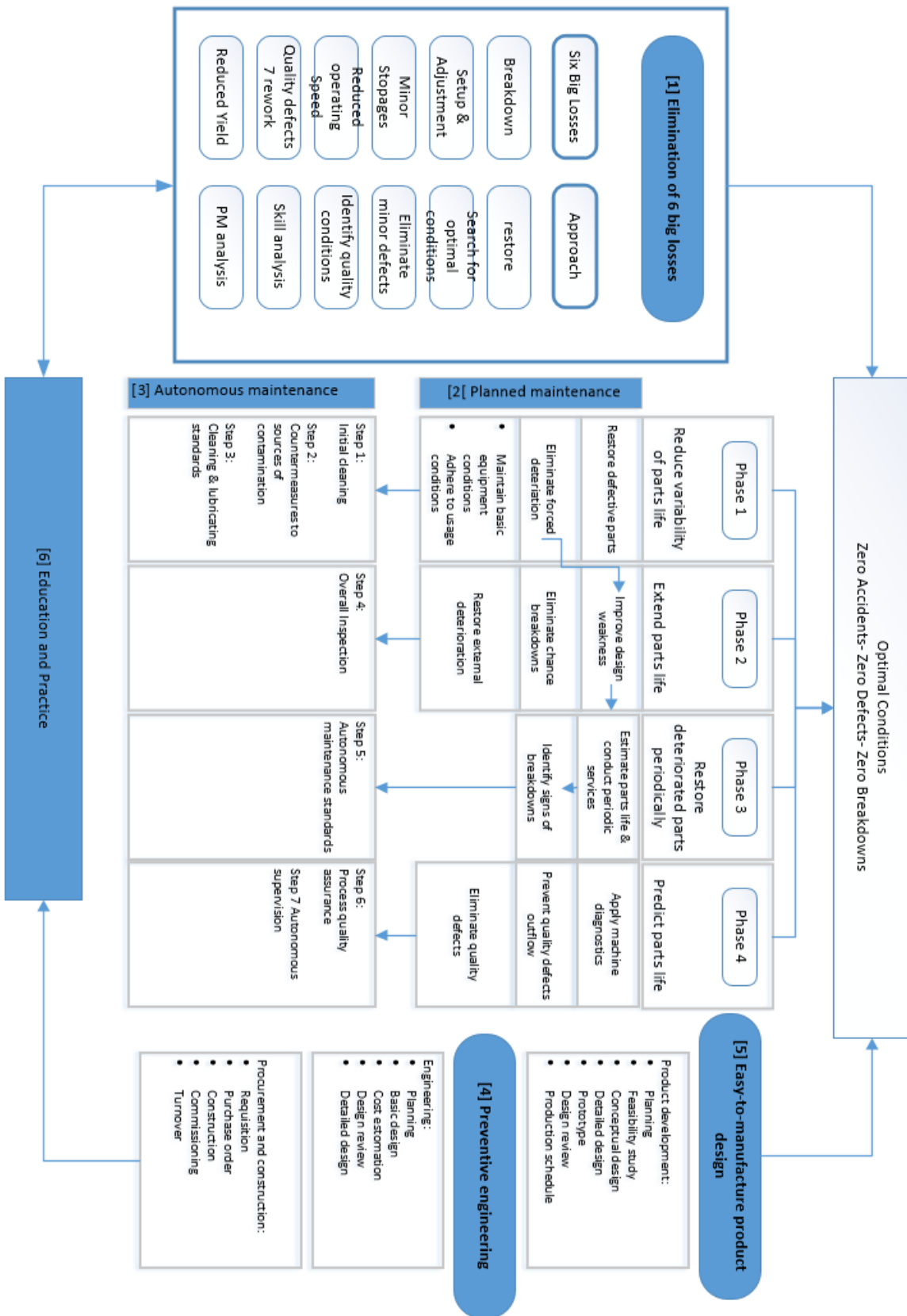
- [1] Minerals Technologies Inc., "Documento interno sobre Manutenção," 2019.
- [2] Vorne Industries Inc, "Calculate OEE," 2019. [Online]. Available: <https://www.oeec.com/calculating-oeec.html#preferred-calculation>. [Acedido em 06 2019].
- [3] M. Tajiri e F. Gotoh, *Autonomous Maintenance In Seven Steps - Implementing TPM on the Shop Floor*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 1999.
- [4] C. R. Scholles, "Entenda o ciclo de vida de ativos industriais e melhore sua gestão," 09 2018. [Online]. Available: <https://www.industria40.ind.br/artigo/17110-entenda-o-ciclo-de-vida-de-ativos-industriais-e-melhore-sua-gestao>. [Acedido em 08 2019].
- [5] Vorne Industries Inc., "Six Big Losses," 2019. [Online]. Available: <https://www.oeec.com/oeec-six-big-losses.html>. [Acedido em 06 2019].
- [6] M. Budeva, "What are the Six Big Losses in manufacturing and how to eliminate them," 02 2018. [Online]. Available: <https://www.zaptic.com/insights/what-are-the-six-big-losses-in-manufacturing>. [Acedido em 08 2019].
- [7] M. Jones, "What is Autonomous Maintenance," 09 2014. [Online]. [Acedido em 07 2019].
- [8] B. Bhadury, *Total Productive Maintenance*, Allied Publishers Ltd., 1998.
- [9] Industry Forum, *Business Excellence Through Inspired People*, "Total Productive Maintenance," 2011. [Online]. Available: <https://www.industryforum.co.uk/consultancy/manufacturing-operations/total-productive-maintenance-tpm/>. [Acedido em 06 2019].
- [10] P. M. Implementation, "aidc," 01 2014. [Online]. [Acedido em 07 2019].
- [11] T. Suzuki, *TPM in Process Industries*, 1994.
- [12] Specialty Minerals Portugal, "Documento interno sobre Segurança," 2019.
- [13] Tallyfy, Inc, "What is Operacional Excellence [10 Core Principles]," 2019. [Online]. Available: <https://tallyfy.com/guides/operational-excellence/>. [Acedido em 08 2019].
- [14] Jon M, Huntsman School of Business, "Shingo Guiding Principles - The shingo Model," 2019. [Online]. Available: <https://app.myeducator.com/reader/web/1705a/topic02/w22rj/>. [Acedido em 09 2019].
- [15] A. Singh e I. ahuja, "Review of 5S methodology and its contributions towards manufacturing performance," 2015, pp. pp408 - 425.
- [16] M. Anthony, *The Benefits of Kaizen Events*, 2007.
- [17] D. S. II e A. Smalley, *A Basis For Managerial Effectiveness, Understanding A3 thinking: a critical component of Toyota's PDCA Management*, 2017.

[18] M. Hassiotis, "How to implement the PDCA Cycle (Plan-Do-Check-Act) - East West Manufacturing," 2015. [Online]. [Acedido em 08 2019].

[19] Flinchbaugh, A3 Thinking - A3 problem solving Applying Lean Thinking, 2017.

Anexos

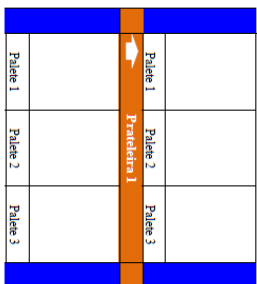
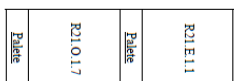
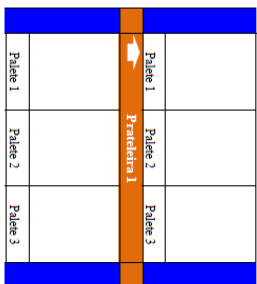
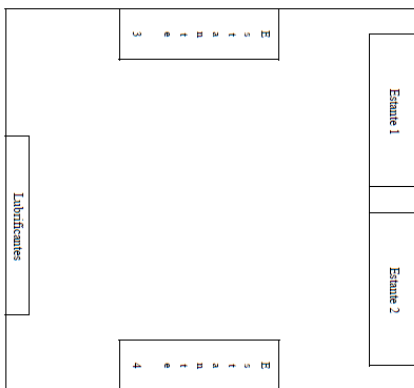
Anexo A – Diagrama completo de TPM (MTI)



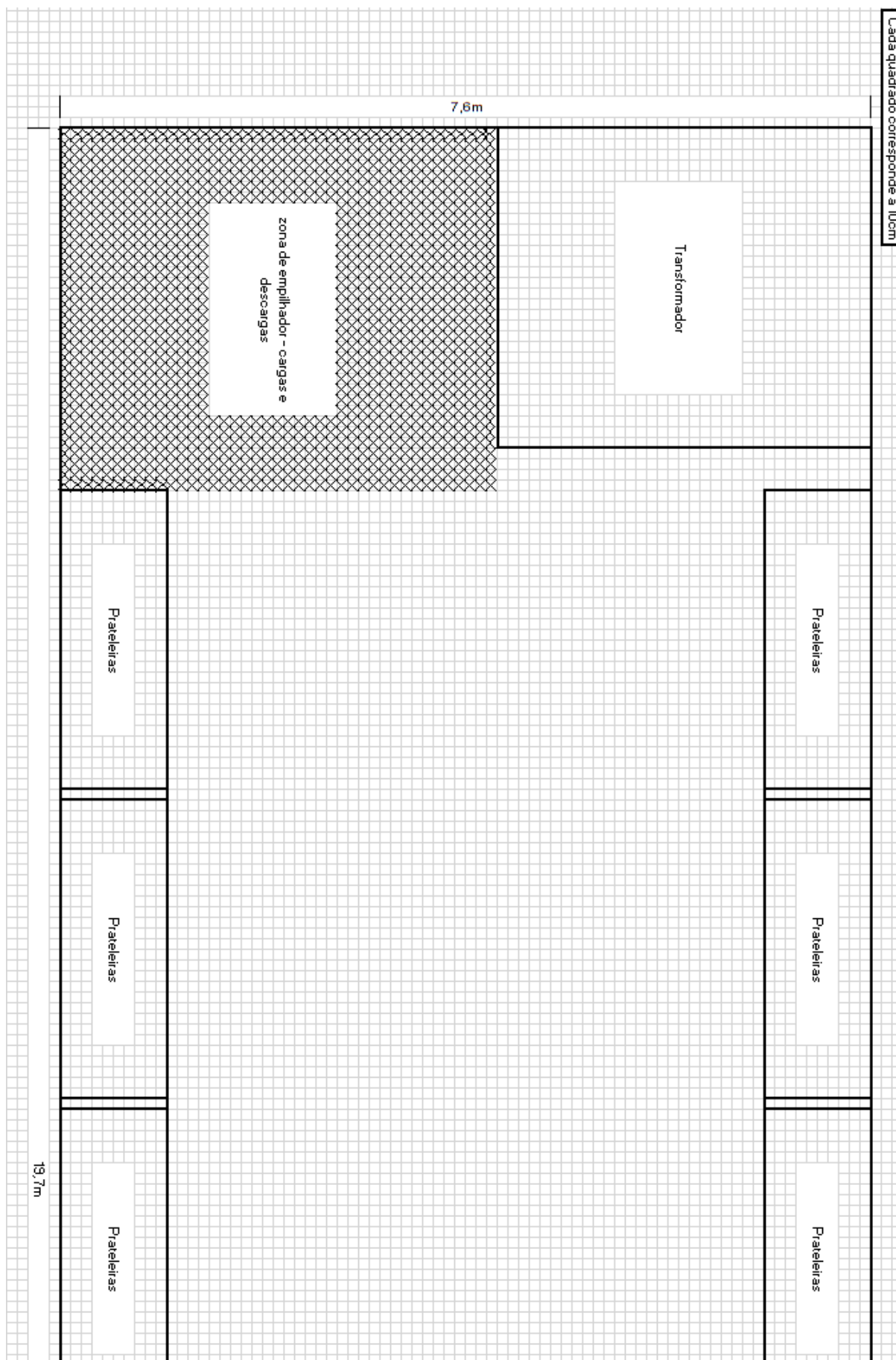
Anexo B.1 – Modelo de organização de motores (parcial)

		Equipamento	Unidade	Inventário atual
A	1	0		
A	2	0		
B	1	1		
C	1	1		
D	1	1		
E	1	1		
G	1	2		
H	1	0		
I	1	1		
J	1	1		
K	1	0		
L	1	3		
M	1	2		
N	1	2		
O	1	1		
P	1	1		
P	2	3		
Q	1	0		
R	1	2		
S	1	1		
S	2	0		
T	1	3		
T	2	3		
U	1	2		
V	1	0		
X	1	0		
Y	1	0		
W	1	0		
Z	1	0		
AA	1	1		
AB	1	0		
Características motores				
				MTR 1071
				MTR 1072
				MTR 1073
				MTR 1030
				MTR 1031
				MTR 1032
				MTR 710
				MTR 720
				MTR 4552
				MTR 4556
				MTR 4576
				MTR 4585
				MTR 4586
				MTR 3221
				MTR 3321
				MTR 3322
				MTR 3325
				MTR 3335
				MTR 3345
				MTR 1570
				MTR 1556
				MTR 1571
				MTR 1566
				MTR 1580
				MTR 1557
				MTR 1560
				MTR 1581
				MTR 1568
				MTR 1530
				MTR 1535
				MTR 4630
				MTR 1537
				MTR 1536
				MTR 2051
				MTR 2061
				MTR 2020
				MTR 2021
				MTR 1564
				MTR 1565
				MTR 1567
				MTR 1574
				MTR 1575
				MTR 1577

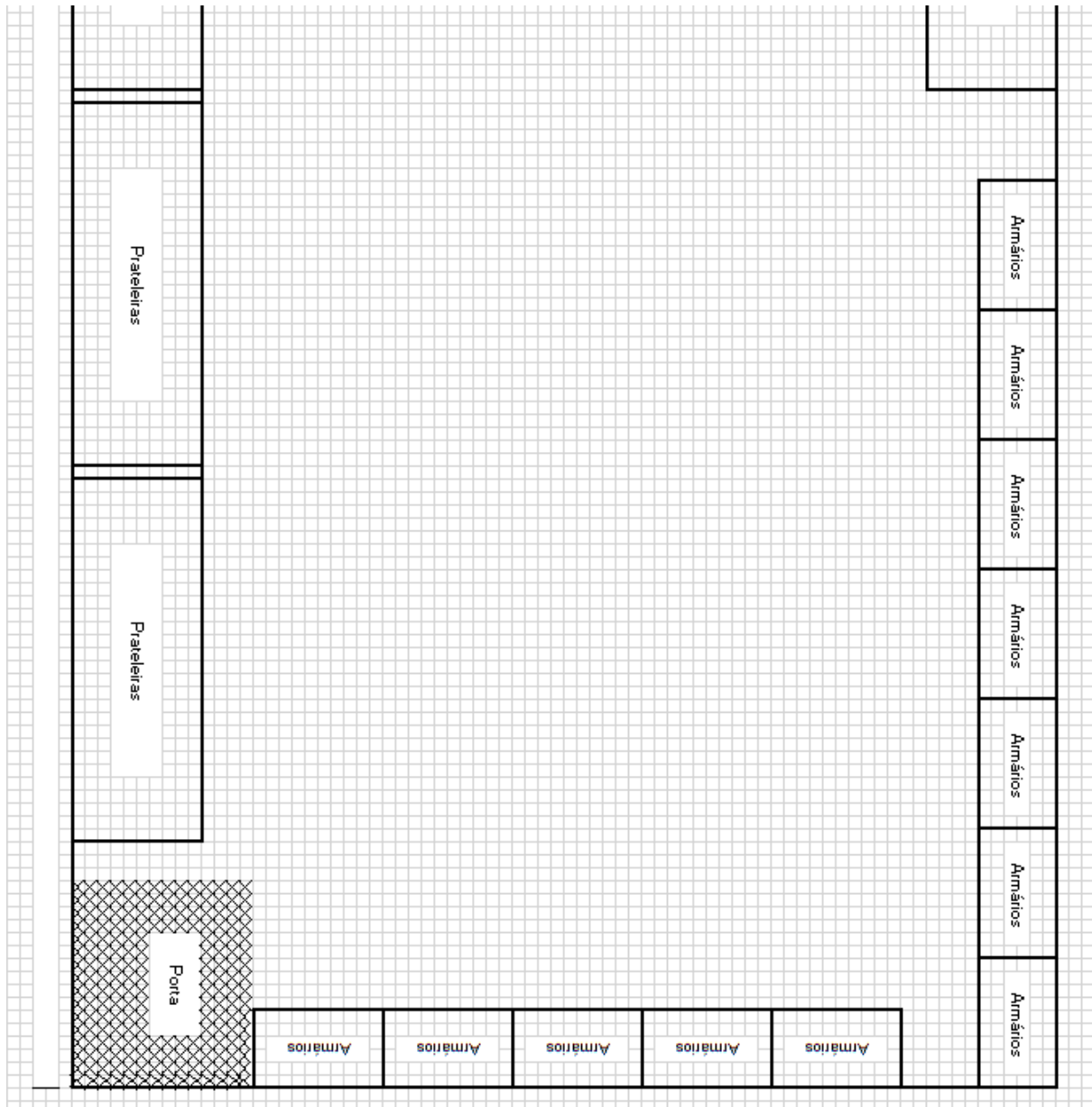
Anexo B.3 – Modelo de organização de motores



Anexo C.1 – Sugestão para armazém (1ª parte)



Anexo C.2 – Sugestão para armazém (2ª parte)



Anexo D.2 – PT-ATNR (verso)

Passos relevantes para completar a tarefa (seja específico: normal 8 a 10 passos)		Tempo (minutos) Continuar? Plano Real Parar?		Riscos possíveis em cada passo (o que pode correr mal?)		Medidas de proteção tomadas para minimizar os riscos (EPC, EPI, autorizações, TTP, JSA, procedimentos, ...)	
1	Preparação documental e obter autorização para trabalho	##			Escorregar / Cair / Tropeçar		Caminhar calmamente
2	Preparar ferramenta / isolar área	##			Escorregar / Cair / Tropeçar		Caminhar calmamente / EPI
3	Bloquear/marcar/testar	##			Escorregar / Cair / Tropeçar/lesão mãos		Caminhar calmamente / EPI
4	Limpeza profunda ao spencer	##			Escorregar / Cair / Tropeçar/lesão mãos		Caminhar calmamente / EPI
5	Verificar circuito de lubrificação	##			Escorregar / Cair / Tropeçar/lesão mãos		Caminhar calmamente / EPI
6	Verificar estado do acoplamento /proteção de partes móveis	##			Escorregar / Cair / Tropeçar/lesão mãos		Caminhar calmamente / EPI
7	Reapertar porcas/parafusos	##			Escorregar / Cair / Tropeçar/lesão mãos		Caminhar calmamente / EPI
8	Reparar fugas existentes no spencer	##			Escorregar / Cair / Tropeçar/lesão mãos		Caminhar calmamente / EPI
9	Trabalhos de pintura	##			Escorregar / Cair / Tropeçar/lesão mãos		Caminhar calmamente / EPI
10	Desbloquear de equipamento	##			Escorregar / Cair / Tropeçar/lesão mãos		Caminhar calmamente / EPI
11							
12	Entrega do trabalho e documentação	##			Escorregar / Cair / Tropeçar		Caminhar calmamente

Preocupações de segurança e ambiente (marque todas as aplicáveis)! Como é que trata dos riscos de cada preocupação que marcou?

		Ferramentas, materiais e substâncias usadas	Desengordurante, solvente, tintas, Abraçadeiras, spray para corrosão, pinçéis, rolos, ferramenta mecânica diversa, componentes para o circuito de lubrificação, panos, lubrificantes
<input type="checkbox"/> Equip. móvel / Veículos / Tráfego	<input type="checkbox"/> PIC / Automação	<input type="checkbox"/> Manuseamento de matérias / peças	<input type="checkbox"/> Espaços confinados - autorização
<input checked="" type="checkbox"/> Andar: tropeçar / escorregar	<input checked="" type="checkbox"/> Energia potencial (elétrica, mecânica, ...)	<input type="checkbox"/> Riscos biológicos (legionária / animais)	<input type="checkbox"/> Outras autorizações HS requeridas
<input type="checkbox"/> Balanço e tração	<input type="checkbox"/> Perigos elétricos (inclui cabos suspensos)	<input type="checkbox"/> Riscos nas folhas de dados de Segurança	<input checked="" type="checkbox"/> Partes móveis / proteção máquinas
<input type="checkbox"/> Extensão excessiva	<input checked="" type="checkbox"/> Bloquear, marcar e testar (LOTO)	<input checked="" type="checkbox"/> Matérias tóxicas / perigosas / corrosivas	<input type="checkbox"/> Linha de fogo (entre espada e parede)
<input checked="" type="checkbox"/> Estender, flectir, curvar	<input type="checkbox"/> Uso de escadas / escadotes	<input checked="" type="checkbox"/> Fumos / névoas / pó	<input checked="" type="checkbox"/> Pontos de esmagamento (pinch points)
<input checked="" type="checkbox"/> Ergonomia, posições estranhas	<input type="checkbox"/> Trabalhos altura / Proteção quedas	<input type="checkbox"/> Inflamáveis / fogo	<input type="checkbox"/> Barricadas / tampas
<input type="checkbox"/> Força excessiva	<input type="checkbox"/> Cordas / guinchos / gruas	<input type="checkbox"/> Calor / frio- stress, superfícies	<input type="checkbox"/> Uso de ferramentas/aparatos caseiros
<input type="checkbox"/> Fugas / descargas de gases ou poeiras	<input type="checkbox"/> Derrames de líquidos	<input checked="" type="checkbox"/> potencial de fugas durante / após trabalho	<input type="checkbox"/> Outros

Equipamento de proteção adicional

	EPI genérico obrigatório:	Fato de trabalho (com reflexão ou colete refletor), calçado de segurança, capacete, góglies, proteção articular, luvas
<input type="checkbox"/> Luvas e/ou botas específicas	<input type="checkbox"/> viseira	<input type="checkbox"/> Mascaras / respiradores específicos
<input checked="" type="checkbox"/> Fatos específicos (Tyvek, oleado, ...)	<input type="checkbox"/> Proteção elétrica (fatos, luvas, ...)	<input type="checkbox"/> Quedas / arnês (preencher FF-SE-00-09)
<input type="checkbox"/> Outro equipamento de proteção (descrever)		<input type="checkbox"/> Proteção auricular adicional

Informar/comunicar resultados

Questões após tarefa

Assinatura responsável / data	Assinatura OS / data
Foram todos os cadeados removidos e todos os testes ao equipamento realizados?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Notificou o operador de que o trabalho está completo?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
A documentação foi preenchida e entregue ao operador de serviço?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
O trabalho foi avaliado com todos os intervenientes (contratados, cliente, etc.?)	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>

Questões após-atividade (a responder, à frente de cada questão, pelo técnico que finaliza trabalhos e informa OS. OS só precisa de preencher caso discordar do responsável).

Questão após tarefa

Assinatura responsável / data	Assinatura OS / data
Todos os materiais retirados foram adequadamente eliminados ou reciclados?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
A área ficou limpa após o trabalho completo?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Houve paragens do trabalho? Se sim foi registada a paragem e justificada da mesma?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Foram propostas melhorias para esta tarefa ou para tarefas relacionadas?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>