



Tiago Nuno Raposo Cardoso **Metodologias de Gestão de Ativos na perspetiva do prestador de serviços de manutenção**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**

Júri

Presidente: Professor Doutor José Filipe Castanheira Pereira Antunes Simões, IPS/EST

Orientador: Professor Doutor Filipe José Didelet Pereira, IPS/EST

Vogal (Grau, Nome, Instituição)

Vogal (Grau, Nome, Instituição)

Novembro 2017

*'Only one who devotes himself to a cause with
his whole strength and soul can be a true
master. For this reason mastery demands all of
a person.'*

Albert Einstein

Agradecimentos

A realização deste trabalho não seria possível sem o contributo, direto ou indireto, de várias pessoas às quais gostaria de manifestar todo o meu apreço.

Em primeiro lugar quero agradecer à minha família por todo o apoio dado, com um especial obrigado aos meus pais por todos os valores transmitidos ao longo da vida que me fizeram tornar na pessoa que sou hoje e por toda a força dada durante o meu percurso académico, sem eles não seria possível percorrer este longo caminho.

Agradeço ao Professor Doutor Filipe Didelet Pereira pela orientação neste trabalho, por toda a sua disponibilidade e transmissão de conhecimentos que se tornou imprescindível para a conclusão da dissertação.

Por fim, o meu agradecimento à empresa prestadora de serviços pelo apoio, incentivo e também pela oportunidade que me foi dada de participar num projeto que me permitiu colocar em prática conhecimentos adquiridos ao longo do meu percurso académico nesta vertente de manutenção, o que se tornou sem dúvida uma mais-valia para mim.

Resumo

O tema da manutenção tem vindo a ser cada mais visto como um assunto que se deve apostar mais, contrariamente ao que se passava antigamente em que era visto como um mal necessário dentro das organizações e até mesmo algo que sempre que se pudesse contornava-se, pois era visto como um núcleo de custos e não como um benefício. Ultimamente, esta ideia tem vindo a alterar-se, atualmente a manutenção é vista como algo que se pode tirar partido de forma a amenizar custos, melhorando a disponibilidade e fiabilidade dos ativos das organizações através de novas abordagens ao tema da manutenção e conseqüentemente trazendo ganhos na produção destas mesmas organizações. A gestão de ativos é então um dos temas que mais tem crescido dentro da área da manutenção, pois uma gestão eficiente dos ativos de uma organização pode trazer inúmeros benefícios, sendo as empresas prestadoras de serviços de manutenção precursoras da importância da gestão de ativos. Desta forma, esta dissertação apresenta o tema da gestão de ativos com base nas Normas ISO 55000, por forma a realizar uma metodologia a aplicar em reservatórios sob pressão.

Palavras-chave: Manutenção, Gestão de Ativos, Normas ISO 55000, Reservatórios sob pressão, Códigos ASME, Certificação.

Abstract

The issue of maintenance is being increasingly seen as an issue that should be more, contrary to what happened in the past when it was seen as a necessary evil within organizations and even something that could be avoided whenever, because it was seen as a core of costs and not seen as a benefit. This idea has been changing, and maintenance has been seen as something that can be taken advantage of in order to reduce costs, improving the availability and reliability of the organizations assets through new approaches to the maintenance theme and consequently bringing gains in the production of these organizations. Asset management is therefore one of the most growth issues within the maintenance area, since efficient management of the assets of an organization can bring numerous benefits, with maintenance service providers pioneering the importance of asset management. This work presents the topic of asset management based on ISO 55000 in order to carry out a methodology to be used in pressure vessels.

Keywords: Maintenance, Asset Management, ISO 55000 Standards, Pressure Vessels, ASME Codes, Certification.

Índice

Agradecimentos	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Índice	vii
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	i
Lista de Siglas e Acrónimos	ii
Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1. Introdução	2
1.2. Objetivo	2
1.3. Estrutura do trabalho	3
Capítulo 2	4
Pesquisa Bibliográfica	4
2.1. A Manutenção	5
2.1.1. <i>Competências Requeridas na Manutenção</i>	8
2.1.2. <i>Áreas de atividade</i>	10
2.1.3. <i>O que as organizações valorizam na Função Manutenção</i>	12
2.1.4. <i>Normas Portuguesas de Manutenção</i>	12
2.1.5. <i>Manutibilidade</i>	16
2.1.6. <i>Disponibilidade</i>	17
2.1.7. <i>Fiabilidade</i>	19
2.1.8. <i>Estados e tempos de manutenção de um bem</i>	20
2.1.9. <i>Total Productive Maintenance – TPM</i>	22
2.1.10. <i>Reliability Centred Maintenance – RCM</i>	23
2.1.11. <i>Failure Mode and Effect Analysis – FMEA</i>	24
2.2. A Gestão de Ativos	24
2.2.1. <i>Ciclo de vida de um ativo</i>	26
2.3. As Normas ISO 55000/1/2	29

2.3.1. Estrutura das Normas ISO 55000.....	32
2.3.2. Influência na manutenção.....	33
2.3.3. Benefícios e desafios na implementação das Normas ISO 55000.....	34
2.4. A Manutenção 4.0.....	35
2.4.1. A Indústria do pensamento – ‘The thinking Industry’	37
2.4.2. Exemplo de software para a Manutenção 4.0	40
2.4.3. Arquitetura de software auto-adaptativo.....	41
2.4.4. Uma estrutura Manutenção 4.0 proposta.....	42
Capítulo 3.....	47
A Empresa	47
3.1. A empresa prestadora de serviços.....	48
3.2. A Engenharia Industrial	48
3.2.1. Construção.....	50
3.2.2. Edifícios	50
3.2.3. Inspeções Técnicas	51
3.2.4. Ensaios Não Destrutivos.....	52
3.2.5. Supply Chain Services	52
3.2.6. Supervisão de Projetos	53
3.2.7. Cedência de Técnicos Especializados	54
3.3. Requisitos para a prestação de serviços de manutenção.....	55
3.3.1. Organização.....	56
3.3.2. Oferta de serviços	57
3.3.3. Recursos humanos	57
3.3.4. Recursos materiais.....	58
3.3.5. Elaboração de propostas	58
3.3.6. Compras de bens, equipamentos e serviços	59
3.3.7. Gestão de contratos de prestação de serviços de manutenção e controlo de gestão	59
3.3.8. Programa da qualidade	60
3.3.9. Preparação, planeamento e controlo do prestador.....	60
3.3.10. Estudos de engenharia.....	60
3.3.11. Gestão de materiais e peças	60
3.3.12. Segurança, saúde e ambiente.....	61
3.3.13. Auditorias.....	61

3.3.14. Indicadores de desempenho – KPI's de controlo.....	61
Capítulo 4	62
Metodologias de Gestão de Ativos	62
4.1. O&M Management	63
4.1.1. Medindo a qualidade do programa O&M	66
4.1.2. O&M para a gestão de topo.....	68
4.1.3. Implementação do programa	68
4.1.4. Persistência do programa	69
4.2. Método de Fornecimento de Serviços de Manutenção	69
4.3. Modelo Abrangente e Integrado de Gestão de Ativos Industriais	73
4.3.1. O papel do gestor de negócios	75
4.3.2. O papel do gestor de ativos.....	75
4.3.3. O papel da Engenharia	77
4.3.4. O papel da operação e manutenção.....	78
4.4. Contratos de Manutenção	78
4.4.1. Atividades de manutenção e fases do contrato de manutenção	79
4.4.2. Proposta de estrutura e conteúdo do contrato.....	80
Capítulo 5	81
Caso de Estudo.....	81
5.1. Equipamentos sob pressão	82
5.1.1. Válvulas	84
5.1.2. Tubagens	87
5.1.3. Instalações de válvulas e tubagens	87
5.1.4. Modos de falha	87
5.2. Os Códigos ASME	88
5.2.1. Inspeção.....	88
5.2.2. Certificação.....	92
5.3. Indicadores de desempenho de manutenção – KPI's	92
5.3.1. Sistema de indicadores	93
5.3.2. Indicadores.....	93
5.4. Metodologia proposta	99
Capítulo 6	105
Conclusões	105

Bibliografia	107
Apêndice I.....	1
Fluxograma de procedimentos específicos.....	1

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Tipos de manutenção	7
Figura 2.2 - Relação entre a Disponibilidade Intrínseca, a função Manutenção e a Disponibilidade Operacional	19
Figura 2.3 - Exemplificação dos estados de um bem de acordo com a Norma NP EN 13306	20
Figura 2.4 - Exemplificação dos tempos relativos aos estados de um bem e tempos de manutenção de acordo com a Norma NP EN 13306.....	22
Figura 2.5 - Engenharia de Manutenção	25
Figura 2.6 - Representação do ciclo de vida de um ativo	27
Figura 2.7 - Gráfico Custos vs Nível Manutenção	28
Figura 2.8 - Gráfico Lucro vs Disponibilidade	28
Figura 2.9 - Relação entre a gestão de ativos e um sistema de gestão de ativos.....	31
Figura 2.10 - Diferentes níveis de digitalização de acordo com a estratégia de manutenção	38
Figura 2.11 - Arquitetura do sistema de gestão	42
Figura 2.12 - Estrutura proposta para a Manutenção 4.0	44
Figura 4.1 - Organização da gestão O&M	63
Figura 4.2 - Fluxograma de acordo com o método criado	70
Figura 4.3 - Ilustração esquemática de uma estrutura geral de um plano de manutenção da uma fábrica.....	71
Figura 4.4 – MAIGAI	74
Figura 5.1 - Exemplo de um reservatório de pressão	82
Figura 5.2 - Tipos de reservatórios sob pressão.....	83
Figura 5.3 - Representação da metodologia com base no Ciclo PDCA.....	100
Figura 5.4 - Metodologia de Gestão de Ativos para ESP	100
Figura 5.5 - Metodologia de Gestão de Ativos para ESP com os	

pontos da Norma ISO 55001.....	102
Figura 5.6 - Fluxograma do procedimento geral	103

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Exemplo da aplicação de FMEA	24
Tabela 2 - As quatro Revoluções Industriais.....	36
Tabela 3 - Indicadores da industria O&M e seus benchmarks.....	68

Lista de Siglas e Acrónimos

AMS	<i>Asset Management System</i>
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
BSI	<i>British Standards Institute</i>
CM	<i>Condition Monitoring</i>
AMS	<i>Asset Management System</i>
ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
D_i	Disponibilidade Intrínseca ou Teórica
D_o	Disponibilidade Operacional ou Prática
EFNMS	<i>European Federation of National Maintenance Societies</i>
EN	<i>European Norm</i>
END	Ensaio Não Destrutivo
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ESP	Equipamento Sob Pressão
FAT	<i>Factory Acceptance Tests</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
IIoT	<i>Industrial Internet of Things</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JIPM	<i>Japanese Institute of Plant Maintenance</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MAIGAI	Modelo Abrangente e Integrado de Gestão de Ativos Industriais
MMDT	<i>Mean Maintenance Down Time</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTBM	<i>Mean Time Between Maintenance</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
NP	Norma Portuguesa
O&M	<i>Operations and Maintenance</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OMETA	Operações, Manutenção, Engenharia, Treino e Administração
PA	<i>Phases Array</i>
PAS	<i>Publicly Available Specification</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PM	<i>Planned Maintenance</i>
PSIG	<i>Pounds per Square Inch, Gauge</i>

RAMS	<i>Reliability, Availability, Maintainability, Safety</i>
RCM	<i>Reliability Centred Maintenance</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
TAC	<i>Time-Action-Consequence</i>
TI	Tecnologias de Informação
TOFD	<i>Time Of Flight Diffraction</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TTF	Tempo Total de Funcionamento
TTO	Tempo Total de Operação
TTR	<i>Time To Repair</i>

Capítulo 1

Introdução

O Capítulo 1 está dividido em três pontos, sendo que no primeiro ponto é feita uma introdução ao tema desta dissertação; no segundo ponto é dada a descrição dos objetivos esperáveis deste trabalho, por fim no terceiro ponto é apresentada a estrutura do trabalho.

1.1. Introdução

Atualmente, as questões económicas são cada vez mais uma preocupação e motivo de inquietação para as organizações, aumentando as dificuldades na sua gestão. Estas organizações que detêm ativos, tais como máquinas, em que muitas das vezes a sua manutenção é descuidada, pois a ideia implícita à manutenção é de que esta atividade apenas acarreta custos, não só pela mão-de-obra empregue, mas também pelo tempo em que estas mesmas máquinas estão inativas devido às paragens para manutenção. Contudo, nenhuma organização de vertente industrial pode dispensar atenção no que toca aos seus ativos físicos, que representam a componente mais importante dos investimentos realizados e que normalmente não são bens transacionáveis, pelo que é importante controlar o risco associado a estes bens. Assim, torna-se importante que toda a gestão dos equipamentos tendo em atenção o seu ciclo de vida (Ferreira, 2013).

A utilização de ativos centra-se na forma em como o ativo é eficiente e eficaz na sua aplicação e utilização. (Cahyo, 2015). Segundo Peters (2015), ao efetuar-se as melhores práticas em relação à gestão de ativos, nomeadamente em termos de planeamento de peças sobressalentes, manutenção preventiva e melhoria da fiabilidade, entre outros, consegue-se atingir a excelência da manutenção.

Com o desenvolvimento deste conceito, surgiu um novo foco técnico para a engenharia e a necessidade de se envolver em todas as disciplinas.

A gestão de ativos é cada vez melhor compreendida pela comunidade empresarial como uma disciplina estratégica e de negócios onde o valor dos ativos contribui de uma forma decisiva. A gestão de ativos surge agora como qualquer outra disciplina de gestão (Martins, 2015).

1.2. Objetivo

O presente trabalho surge no âmbito da dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, em que se pretende conceber um modelo de aplicação de gestão de ativos com base nas Normas ISO 55000, em serviços específicos de uma empresa especializada em prestação de serviços na área da manutenção, que por motivos de confidencialidade não poderá ser divulgado o seu nome. Ao longo deste trabalho aborda-se o tema da manutenção industrial e em como pode contribuir na gestão de ativos, abordando alguns pontos que possam ser relevantes para a realização da dissertação, tais como Normas, metodologias de gestão de ativos existentes, Códigos *ASME*, entre outros, por forma a conceber uma metodologia de gestão de ativos a aplicar em reservatórios sob pressão.

1.3. Estrutura do trabalho

Para a realização deste trabalho, foi desenvolvido uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, além da facultação de documentos relativos à empresa para qual se pretende desenvolver o modelo de aplicação de gestão de ativos, o que permitiu a concepção da presente tese. Assim, o trabalho está dividido em seis capítulos, sendo eles:

- **Capítulo 1** - Capítulo introdutório, onde se descreve o enquadramento. Aqui, é feita uma explicação da estrutura do trabalho e definidos os seus objetivos;
- **Capítulo 2** - Apresentação da revisão bibliográfica, abordando os temas da manutenção, gestão de ativos e suas normas;
- **Capítulo 3** - Apresentação da empresa e dos seus serviços;
- **Capítulo 4** - Abordagem de alguns dos modelos de gestão de ativos existentes;
- **Capítulo 5** - Caso de estudo, onde se pretende expor a metodologia proposta.
- **Capítulo 6** - Capítulo final, onde são apresentadas as principais conclusões obtidas.

Capítulo 2

Pesquisa Bibliográfica

Neste Capítulo apresentam-se algumas considerações gerais relativas ao tema da manutenção, onde se abordam assuntos como as suas áreas de atividade, Normas Portuguesas de Manutenção, passando por matérias de importância no âmbito deste tema, tais como Manutibilidade, Disponibilidade, Fiabilidade, entre outros.

2.1. A Manutenção

Um equipamento normalmente é concebido para operar na sua eficiência máxima. Ainda assim, não está livre da ocorrência de falhas, quer seja por algum defeito de fabrico, ao qual está implícito o desgaste do equipamento devido à sua utilização. A indústria cada vez mais apresenta-se competitiva e exigente, pelo que as organizações têm que ser capazes de corresponder às expectativas, e numa organização que dependa de equipamentos para a conceção dos seus produtos, torna-se essencial que os equipamentos e máquinas sejam mantidos em boas condições de funcionamento. Para isso, é indispensável que sejam efetuadas inspeções, reparações, rotinas preventivas, substituição de componentes, entre outros; para que os níveis de operacionalidade não diminuam.

Muitas das vezes a manutenção tem sido tido em conta como um mal necessário, que apenas acarreta custos para a empresa. No entanto, atualmente a manutenção é um fator estratégico para garantir alta produtividade de sistemas industriais, embora a crise económica global faz com que as empresas reduzam as despesas de manutenção, com consequências críticas para a fiabilidade a longo prazo. O desenvolvimento de políticas de manutenção adequadas garante eficiência nas unidades de produção, em termos de qualidade e disponibilidade; por esta razão, o próprio conceito de manutenção evoluiu significativamente ao longo do tempo, graças às grandes contribuições em pesquisa e ambientes industriais. (Faccio, 2014)

De acordo com a Norma Portuguesa NP EN 13306 (2007), a manutenção é definida como *“A combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”*. Segundo a Norma *British Standard BS 3811 (1993)* a manutenção é *“a combinação de todas as técnicas e ações administrativas para manter ou restabelecer as condições que permitam a um ativo desempenhar a função requerida”*. Santos (2014), sintetiza que *“a manutenção deve assegurar, que o ativo continua a preencher a sua função específica, isto é, mantém as suas expectativas específicas de desempenho, em qualquer contexto operativo.”*

Segundo o mesmo autor, *“podemos identificar os principais objetivos da Função Manutenção, como sendo:*

- *Otimizar a fiabilidade do ativo;*
- *Manter o ativo em boas condições;*
- *Assegurar a maior disponibilidade do ativo;*
- *Melhorar a produtividade do ativo;*
- *Melhorar a segurança no trabalho;*
- *Garantir a adequada formação do pessoal;*

- *Gerir a frota de viaturas;*
- *Gerir a rede de “utilities”;*
- *Assessorar a Direção Fabril e a Produção nos projetos de aquisição de novos ativos;*
- *Garantir a qualidade dos produtos;*
- *Diminuir os consumos de energia;*
- *Garantir a preservação do meio ambiente.”*

Independentemente da variedade de conceitos e definições associados às atividades da “função manutenção”, é consensual apresentar-se esta função como sendo a garantia da disponibilidade e da fiabilidade das máquinas envolvidas nos processos produtivos, através da avaliação das imperfeições e defeitos surgidos no património tecnológico investido, levando em linha de conta os objetivos das organizações e realizando-se no âmbito de uma despesa orçamentada previamente, e estando diretamente relacionada com uma determinada atividade industrial. Como tal, a manutenção industrial e a qualidade e o seu controlo, são já, felizmente, encaradas como áreas científicas e tecnológicas com uma importância crescente no domínio dos diversos ramos e atividades não só das engenharias, mas também em todos os restantes setores do quotidiano. Integra os objetivos das empresas com a finalidade de se otimizarem as ações de conservação, tendo um carácter de antecipação e obrigando à definição de políticas de atuação concretas e concisas. Ou seja, utilizando uma linguagem de cariz económico, a manutenção industrial é já considerada como um centro de lucro e não como um centro de custo, devendo ser entendida não como um encargo inútil mas como uma atividade produtiva. (Cabrita et al, 2015)

A literatura científica tem definido manutenção em dois tipos principais: manutenção corretiva que ocorre após uma falha do sistema, e manutenção preventiva, que é realizado antes da falha, a fim de manter o equipamento em condições de trabalho, fornecendo inspeções, deteção e prevenção de falhas incipientes (Wang et al.,2007).

Amaral (2016), considera os seguintes tipos de manutenção conforme mostra a figura 2.1.

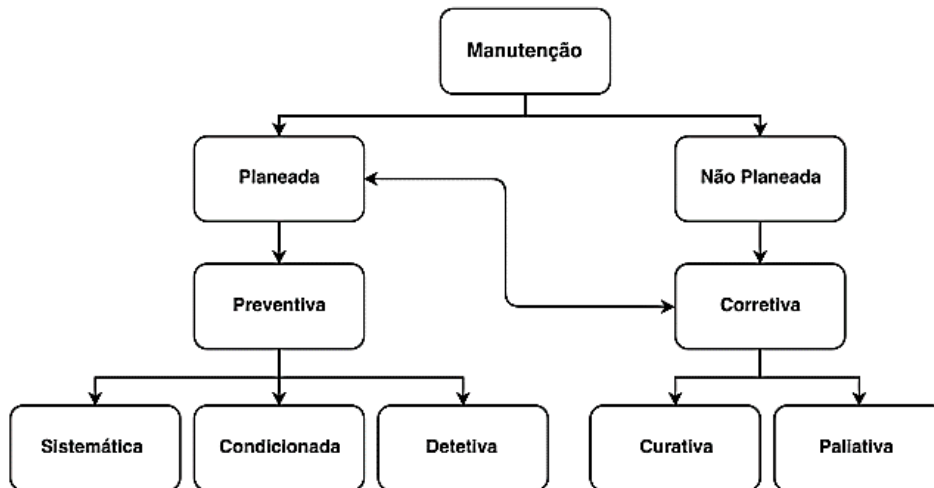


Figura 2.1 - Tipos de manutenção (Fonte: Amaral, 2016)

Ao longo dos tempos ocorreu um aumento das tarefas atribuídas à função manutenção, em que ao início se resumiam a manter ou repor as instalações em funcionamento, foram sendo ampliadas ao longo do tempo, passando a intervir nos dias de hoje nas seguintes áreas (Amaral, 2016):

- Gestão dos ativos físicos:
 - Controlo e gestão do ciclo de vida;
 - Custos de manutenção/custos de operação.
- Função de suporte;
- Colaboração com o projeto na escolha e especificação de novos equipamentos;
- Colaboração nas tarefas relacionadas com peças de reserva, níveis de *stocks* e receção de materiais e equipamentos;
- Colaboração no projeto de novas instalações, acompanhamento e fiscalização da sua montagem e colocação em serviço;
- Papel determinante na segurança das pessoas e bens;
- Parceiro fundamental na maximização de resultados.

Já o autor Santos (2014) diz que “a manutenção intervém em todos os ativos da organização, normalmente agrupados em Sistemas, Subsistemas, Conjuntos, Subconjuntos, Equipamentos, Órgãos e Componentes. Nestes agrupamentos, estão incluídos Ativos Físicos e Software.”

Com a crescente necessidade de maximizar o desempenho de todo o sistema produtivo, a função manutenção torna-se, cada vez mais, um setor-chave para o sucesso competitivo das

empresas.

2.1.1. Competências Requeridas na Manutenção

De acordo com Santos (2014), *“as crescentes exigências de competitividade e rentabilidade a que as empresas estão sujeitas, a fácil mobilidade dos recursos produtivos e a globalização dos mercados, tem vindo a deslocar o eixo dos objetivos das empresas da Eficácia para a Eficiência, da produção para a inovação e do cumprimento de especificações para o desenvolvimento de know how próprio.”*

Segundo este autor, temos os seguintes dados:

- Na Europa, os custos de manutenção são cerca de 12 a 14% do PIB;
- Na Europa, cerca de 3 milhões de pessoas trabalham na manutenção;
- A EFNMS (*European Federation of National Maintenance Societies*) indica que a percentagem dos custos de manutenção vs volume de vendas varia entre 3,7 e 5,1%;
- Nos EUA, os custos de manutenção vs valor dos ativos variam entre 2,7 e 13,8% e no Japão estes valores são de 4 a 6%;
- Nos EUA, os custos de manutenção vs custos de produção, variam entre 1,4 e 12% e no Japão estes valores são de 6 a 12%.

Para além disto, sabe-se que entre 60% a 80% da indisponibilidade das instalações é devida, direta ou indiretamente a problemas de manutenção, dos quais apenas uma pequena percentagem é diretamente visível. Santos (2014).

Estes valores têm um peso considerável na estrutura de custos de qualquer organização, influenciando os seus resultados. Como causas principais dos elevados custos, Santos (2014) destaca os seguintes:

- A instalação e a sua operação:
 - Conceção e projeto;
 - Negociações contratuais;
 - Escolha da tecnologia;
 - Estratégia construtiva;
 - Organização;
 - Supervisão da construção;
 - Receção da instalação.

- Gestão e organização da manutenção:
 - Subestimada em relação à função produtiva;
 - Organização mal definida;
 - Recolha e tratamento de dados insuficiente;
 - Conceitos de gestão, muitas vezes, inexistentes;
 - Eficácia sobrepõe-se à eficiência.
- Materiais e documentação técnica:
 - Cadernos técnicos;
 - Informação técnica sobre peças de reserva.
- Recursos humanos:
 - Formação deficiente;
- Restrições financeiras e logísticas:
 - Lógica dos custos vs resultados.

Para atenuar e colmatar todos estes custos, em que muitos deles derivam da falta de competências, ou num baixo nível de competências exigidas aos intervenientes da manutenção das organizações, Santos (2014) refere as seguintes como as mais relevantes para a função manutenção:

- Competências Técnicas:
 - Equipamentos processualmente mais eficientes, mas mais sensíveis a uma deficiente manutenção;
 - Evolução do reparar para o substituir;
 - Evolução das habilidades manuais e “intuição” para o rigor e conhecimentos técnicos;
 - Aparecimento ou desenvolvimento de novas áreas do conhecimento tecnológico;
 - Envolvimento nos projetos de implantação de novos ativos;
 - Conhecimento alargado do processo fabril;
 - Aumento dos custos energéticos.
- Competências Comportamentais:
 - Gerir colaboradores com níveis de competência elevados;

- Gerir as relações com as outras áreas da empresa (produção, qualidade, ambiente, segurança etc.) tendo em vista os objetivos globais da organização;
- Gerir as relações com a sociedade envolvente, nomeadamente nos aspetos da segurança e ambiente;
- Gerir as relações com os fornecedores numa perspetiva de interesses comuns ou mesmo de parceria (aspeto particularmente relevante nos processos de *outsourcing*).
- Competências de Gestão:
 - Gestão direta vs gestão de prestadores de serviços;
 - Implementação e gestão de processos de qualificação, seleção e avaliação;
 - Utilização de ferramentas de apoio à decisão;
 - Utilização de aplicações informáticas de gestão integrada – *ERP*;
 - Utilização de critérios de gestão baseados na eficiência e não apenas na eficácia, e sempre numa perspetiva de análise ao longo do ciclo de vida do ativo;
 - Gestão eficiente dos recursos disponíveis (ativos fixos, *stocks* e pessoas);
 - Incentivar a geração de ideias inovadoras;
 - Promover ações de formação adequadas ao desenvolvimento profissional e pessoal dos colaboradores;
 - Integração dos objetivos da atividade nos objetivos globais da organização.

2.1.2. Áreas de atividade

As principais áreas de atividade da função manutenção, são para Santos (2014) as seguintes:

- **Manutenção dos ativos**, perseverando os ativos ao longo da sua vida útil:
 - Para a satisfação dos seus proprietários/utilizadores e sociedade como um todo;
 - Selecionando e aplicando as técnicas mais eficazes para a gestão de falhas e suas consequências;
 - Estimular a cooperação ativa e apoio de todas as pessoas envolvidas;
 - Fixada uma orientação estratégica e definidos os objetivos para a manutenção é necessário estabelecer uma política de manutenção que os concretize;
 - A política de manutenção vai implicar a tomada de decisões em diversos domínios, por exemplo:

- Qual a forma de manutenção que melhor satisfaz os objetivos?
- De que nível com que periodicidade?
- Quando deve ser substituído um equipamento?
- Quando deve ser modificado?
- Qual a política de *stocks* mais apropriada?
- Como aumentar a produtividade do pessoal da manutenção?
- Qual a melhor organização do trabalho da manutenção?
- Como deve ser repartido o trabalho entre manutenção própria e manutenção contratada?

Isto implica rigor e organização em várias atividades, tais como:

- Métodos:
 - Preparação dos trabalhos;
 - Planeamento, Programação e controlo dos trabalhos.
- Controlo da qualidade;
- Controlo de custos;
- Gestão de *stocks* e armazéns;
- Gestão do pessoal;
- Execução dos trabalhos;
- Gestão do departamento.
- **Engenharia aplicada aos ativos**, manutenção visando a melhoria dos ativos:
 - Disponibilidade:
 - Manutibilidade;
 - Fiabilidade.
 - Adaptações a novos usos;
 - Melhorias de eficiência.
- **Envolvimento nos projetos** que impliquem investimento em ativos, aproveitando a experiência e *know how* da manutenção, apoiando a Produção e a Administração no sentido de:
 - Garantir elevados níveis de manutibilidade;
 - Garantir que os equipamentos cumprem as normas de segurança e preservação do ambiente;
 - Otimizar a aquisição numa perspetiva do Custo ao longo do Ciclo de Vida, tendo em conta os custos de manutenção e eficiência operacional;
 - Garantir que toda a documentação relevante é fornecida;
 - Garantir a adequada formação para os profissionais da manutenção, sobre os equipamentos adquiridos;
 - Garantir que os fornecedores estão em condições de assegurar a adequada assistência técnica aos equipamentos fornecidos.
- **Gestão das “Utilities”** ou unidades auxiliares de produção, nomeadamente Vapor, Frio, Ar Comprimido, Vácuo, Sistemas de Comunicação, etc.

2.1.3. O que as organizações valorizam na Função Manutenção

Santos (2014) considera que as entidades que principais na avaliação da função manutenção são os proprietários dos ativos, seus utilizadores e a Sociedade em geral, em que os principais aspetos que as organizações valorizam são os seguintes:

- Disponibilidade dos ativos – Fiabilidade e Manutibilidade;
- Qualidade dos produtos;
- Segurança de pessoas e bens;
- Preservação do meio ambiente;
- Introdução de melhorias nos ativos;
- Participação nos projetos;
- Baixos custos.

2.1.4. Normas Portuguesas de Manutenção

Segundo Cabrita et al (2015), tem-se verificado uma atividade significativa no sentido de se uniformizarem terminologias, conceitos, definições e formas de atuação, recorrendo a normas internacionais que têm vindo gradualmente a substituir as normas e práticas de atuação que já existiam em diversos países. Esta tendência representa inequivocamente um fator positivo, contudo a sua eficácia depende, como é óbvio, do realismo no número de Normas que se elaboram, do rigor dos seus conteúdos, e da sua utilização intensiva pelos interessados. Seguidamente descrevem-se de forma sucinta quais os objetivos das Normas Portuguesas de Manutenção em vigor, em particular as que estão relacionadas com a terminologia e as vertentes de organização e gestão:

- NP EN 13306:2007, “Terminologia da Manutenção”. De acordo com a sua introdução, “A finalidade desta Norma Europeia é definir os termos genéricos usados em todos os tipos de manutenção e de organização da manutenção, independentemente do tipo do bem considerado, à exceção das aplicações informáticas. É da responsabilidade de toda a organização de manutenção definir a sua estratégia de manutenção de acordo com três critérios fundamentais:
 - Assegurar a disponibilidade do bem para a função requerida a custos ótimos;
 - Considerar os requisitos de segurança relativos ao bem e ao pessoal da manutenção e da operação e, quando necessário, ter em conta o impacto ambiental;
 - Melhorar a durabilidade do bem e/ou a qualidade do produto ou do serviço

fornecido, tendo em conta os custos, se necessário.

- NP EN 15341:2009, “Manutenção. Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)”. Na sua introdução pode ler-se que esta norma estabelece os indicadores de desempenho da manutenção, para apoio da gestão de forma a atingir a excelência da manutenção e utilizar os bens imobilizados de uma maneira competitiva. A maioria destes indicadores aplica-se a todas as instalações industriais e serviços (edifícios, infraestruturas, transporte, distribuição, redes, entre outros). Estes indicadores deverão ser utilizados para:
 - Medir o estado;
 - Estabelecer comparações (benchmarking interno e externo);
 - Diagnosticar (análise de pontos fortes e fracos);
 - Identificar objetivos e definir metas a alcançar;
 - Planear ações de melhoria;
 - Medir continuamente os resultados das modificações ao longo do tempo.

- NP EN 13269:2007, “Manutenção. Instruções para a preparação de contratos de manutenção”. De acordo com a sua introdução, devem ser seguidas 3 etapas quando se utiliza esta Norma:
 - Etapa 1: o contratante deverá decidir quais os serviços de manutenção que serão executados internamente e quais os serviços que serão contratados externamente. Isto é: explicitar os serviços que poderão ser comprados ao fornecedor de serviços de manutenção e, por consequência, sujeitos ao contrato de manutenção;
 - Etapa 2: a fase de pré-qualificação é a que se segue à decisão de contratar externamente um serviço de manutenção ou parte dele, e é durante este período que a empresa identifica os fornecedores de serviços com capacidade para realizar as tarefas de manutenção requeridas;
 - Etapa 3: o contrato de manutenção poderá ser preparado, utilizando esta Norma como guia, e fornecedor dos serviços de manutenção deve ser selecionado pela negociação do preço ou por concurso.

A sua introdução apresenta igualmente os seguintes objetivos:

- Promover o relacionamento entre o contratante e o fornecedor de serviços e estabelecer entre ambos um quadro de referência para os serviços de

manutenção;

- Melhorar a qualidade dos contratos de manutenção para que os conflitos e alterações sejam minimizados;
 - Determinar o âmbito dos serviços de manutenção e identificar as opções para o seu fornecimento;
 - Assistir e aconselhar na esquematização, organização e negociação de contratos de manutenção e na definição de regras em caso de conflito;
 - Identificar tipos de contratos de manutenção e recomendar a atribuição de direitos e deveres entre as partes do contrato incluindo riscos;
 - Simplificar comparações entre contratos de manutenção.
- NP EN 13460:2009, “Manutenção. Documentação para a manutenção”. É uma Norma dirigida essencialmente a projetistas, fabricantes, escritores técnicos e fornecedores de documentação, não incluindo documentos relacionados com a formação e competências dos utilizadores, operadores e profissionais afetos à manutenção, podendo não ser aplicável para a documentação da manutenção de aplicações informáticas. O seu “Objetivo e campo de aplicação” estabelece as seguintes linhas gerais de orientação para:
 - “A documentação técnica que deverá ser fornecida com um bem, o mais tardar, antes de este ser posto em serviço, de forma a apoiar na sua manutenção;
 - A informação/documentação a ser estabelecida durante a fase operacional do bem, de forma a apoiar as necessidades da manutenção.”

Por sua vez, ‘Os documentos provenientes da fase de preparação’ são os seguintes:

- Dados técnicos;
- Manual de operação (de entrada em funcionamento);
- Manual de implantação;
- Lista de componentes e recomendação de sobressalentes;
- Regime do plano de montagem;
- Plano de detalhe;
- Plano de lubrificação;
- Diagrama unifilar;

- Diagrama lógico;
- Diagrama de circuito;
- Diagrama de tubos e instrumentos;
- Desenho de implantação;
- Desenho de conjunto;
- Relatório do programa de ensaio;
- Certificados.

No seu Anexo A, esta Norma apresenta os ‘Documentos provenientes da fase operacional’, no Anexo B define os ‘Elementos de informação para ordens de trabalho’, e no Anexo C procede à ‘Apresentação genérica da estrutura e dos objetivos da documentação.’

- NP 4483:2009, “Guia para a implementação do sistema de gestão de manutenção”. No ‘Objetivo e campo de aplicação’ “a presente Norma especifica requisitos para um sistema de gestão da manutenção em que uma organização necessita demonstrar a sua aptidão para, de forma consistente, proporcionar um serviço que vá ao encontro dos requisitos do cliente, das exigências legais e regulamentares aplicáveis. Esta Norma visa aumentar a satisfação do cliente através da aplicação eficaz do sistema, incluindo processos para uma melhoria contínua, tendo como base os requisitos do cliente e requisitos regulamentares aplicáveis.”

Nos “Requisitos gerais”, encontra-se escrito que “a direção da manutenção deve definir uma estratégia de manutenção e estabelecer, documentar, implementar e manter um sistema de gestão da manutenção e melhorar continuamente a sua eficácia de acordo com os requisitos desta Norma; Os documentos devem contemplar os termos e definições da NP EN 13306, e a gestão documental deve refletir os requisitos da NP EN 13460. Os utilizadores e os executantes de manutenção devem aplicar definições formalmente corretas para melhor se compreenderem os requisitos da manutenção. Estes requisitos poderão ser de importância particular na redação dos contratos de manutenção, pelo que se recomenda o recurso à observância da NP EN 13269.”

- NP 4492:2010, “Requisitos para a prestação de serviços de manutenção”. Os seus objetivos são “definir os requisitos para que os prestadores de serviços de manutenção ofereçam aos seus clientes soluções que se alinhem com as suas necessidades e objetivos, isto é, proporcionem uma garantia de previsível desempenho mantendo o ativo operacional e fiável, reduzindo assim o tempo

ocioso do mesmo; Constituir um referencial com vista à certificação de prestadores de serviços de manutenção e o seu controlo periódico por auditorias efetuadas por uma entidade credenciada; Apoiar os prestadores de serviços de manutenção fornecendo-lhes um meio que permita reconhecer os seus esforços, distinguindo-os dos seus concorrentes; Fazer da qualidade dos serviços de manutenção um critério permanente e transparente para o comprador, incentivando a implementação do conceito de Custo do Ciclo de Vida em substituição do Custo de Aquisição, e um vetor de promoção comercial e de competitividade para a empresa prestadora de serviços; Fomentar o estabelecimento de um mecanismo de autorregulação do próprio mercado, proporcionando o incremento da competência e inovação.”

Encontra-se igualmente disponível uma outra Norma Portuguesa, a NP EN 50126:2000, que versa a aplicação da metodologia *RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, Safety –* Fiabilidade, Disponibilidade, Manutibilidade, Segurança), mas apenas para o material ferroviário. Saliente-se que as Normas NP EN correspondem às versões portuguesas das Normas Europeias EN.

2.1.5. Manutibilidade

Segundo a Norma NP EN 13306:2007, a manutibilidade (em inglês *maintainability*) é definida como a “aptidão de um bem, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos”. Contudo, segundo Cabrita et al. (2015), tem sido comum expor matematicamente ‘manutibilidade’ como “probabilidade de uma reparação durar até um determinado intervalo de tempo *TTR – Time To Repair* (Tempo de Reparação)”, definição que é limitativa, pois tem apenas em conta as intervenções de manutenção corretiva, o que não vai de encontro com a definição da Norma NP EN 13306:2007. Ainda de acordo com o mesmo autor, a manutibilidade é um dos indicadores a ter em atenção na fase de conceção e fabrico de um equipamento, de forma a se conseguir a sua eficácia, sendo que a manutibilidade representa a capacidade de um determinado equipamento ser mantido em boas condições operacionais, ao passo que a manutenção constitui as atividades para repor o equipamento avariado novamente em condições de operar. Desta forma, a qualidade do projeto será influenciada pelo indicador de manutibilidade, pelo que o número de intervenções de manutenção será tanto menor quanto maior a qualidade do projeto. Assim, um equipamento que tenha uma boa manutibilidade é aquele com que se efetuam as operações necessárias à sua reparação com mais facilidade.

Desta forma, para se melhorar a manutibilidade de um bem o melhor possível, Assis (2010) afirma que deve-se verificar os seguintes requisitos:

- Acesso rápido e seguro aos pontos mais críticos e com mais intervenções de manutenção;
- Facilidade de diagnóstico e de acesso aos locais de inspeção;
- Facilidade de montagem e desmontagem de componentes, sem a utilização de ferramentas especiais, de ajustamentos complexos ou de recursos humanos especializados;
- Fácil intermutabilidade entre os materiais de manutenção existentes no mercado;
- Fácil interpretação dos manuais de manutenção. Plano de manutenção preventiva e lista de materiais de manutenção de reserva devidamente fundamentos e explicados;
- Fixação dos limites máximos dos tempos das intervenções de manutenção.

O mesmo autor refere as seguintes medidas por forma a reduzir os tempos das intervenções de manutenção:

- Melhorar as competências técnicas dos recursos humanos afetos à manutenção, através de ações de formação relativas aos bens a intervir;
- Disponibilizar prontamente nos locais as ferramentas especiais necessárias;
- Modificar os bens com o objetivos de tornar mais fácil e rápidos o diagnóstico e as intervenções de manutenção;
- Manter um nível adequado de materiais de manutenção de reserva, para servirem no caso de ocorrerem modos de falha casuais;
- Previamente à aquisição dos bens, deverão ser claramente especificadas as suas características de manutibilidade.

2.1.6. Disponibilidade

Disponibilidade é a relação entre o tempo em que o bem está em condições de desempenhar a sua função e o tempo total. Segundo Cabrita et al. (2015), existe mais do que um indicador de disponibilidade. O indicador Disponibilidade Intrínseca ou Teórica, que é associado aos construtores de equipamentos através das diversas fases de conceção, dimensionamento e construção, que em termos convencionais considera exclusivamente as intervenções de manutenção corretiva, e é determinado através da seguinte expressão:

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (1)$$

Em que:

D_i – Disponibilidade Intrínseca ou Teórica

$MTBF$ – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio, de bom funcionamento, Entre Falhas)

$MTTR$ – *Mean Time To Repair* (Tempo Médio De Reparação)

Outro tipo de disponibilidade é a Disponibilidade Operacional ou Prática, que tem em conta todas as intervenções de manutenção, ou seja, manutenções corretivas, preventivas e melhorativas, sendo determinada através da expressão seguinte:

$$D_o = \frac{MTBM}{MTBM + MMDT} \quad (2)$$

Em que:

D_o – Disponibilidade Operacional ou Prática

$MTBM$ – *Mean Time Between Maintenance* (Tempo Médio, de bom funcionamento, Entre Intervenções de Manutenção)

$MMDT$ – *Mean Maintenance Down Time* (Tempo Médio de Imobilização para Intervenções de Manutenção)

Ainda segundo Cabrita et al (2015), “na prática, a Função Manutenção deverá sempre que possível participar de forma ativa na realização do projeto e construção dos bens, uma vez que é nestas fases que se pode intervir nas características intrínsecas dos bens, no que respeita à fiabilidade e à manutibilidade, ou seja, na sua Disponibilidade Operacional, da responsabilidade da Função Manutenção.”

Como se poderá ver na figura 2.2, a Disponibilidade Operacional de um bem além de influenciada pela Disponibilidade Intrínseca, sofre influência também das políticas e logísticas da manutenção adotadas para esse bem (Cabrita et al, 2015).

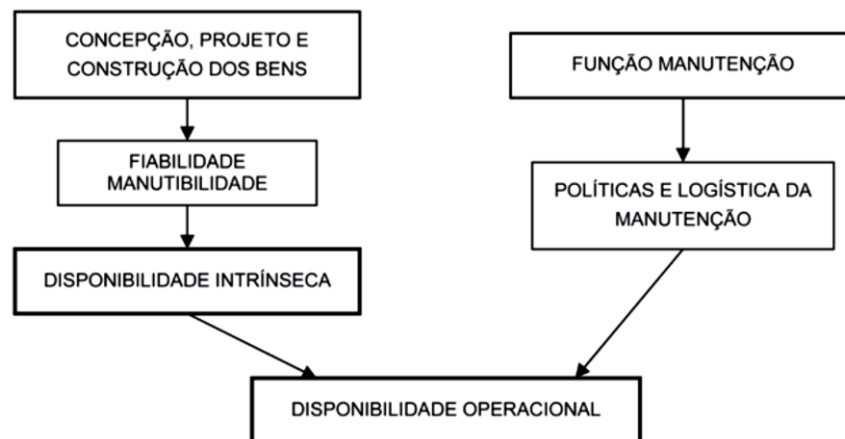


Figura 2.2 - Relação entre a Disponibilidade Intrínseca, a função Manutenção e a Disponibilidade Operacional (Fonte: Cabrita et al., 2015)

2.1.7. Fiabilidade

As formas segundo as quais os equipamentos falham e os efeitos dessas mesmas falhas têm sido muito menos objeto de estudo. Esta situação deve-se ao facto de ser necessário saber como é que um equipamento funciona antes de saber como falha. Contudo, nos últimos anos tem havido algum esforço no sentido de dar atenção aos aspetos relacionados com a produção, a utilização e a manutenção dos equipamentos. Por outro lado, a engenharia tem tido uma grande preocupação com o aumento do tempo de funcionamento dos equipamentos sem ocorrência de falha. Isto é, tem havido uma preocupação com o aumento da fiabilidade dos equipamentos.

Quando se adquire um bem espera-se, desde o início da sua entrada em funcionamento, que ele corresponda às expectativas. Contudo, é possível que ocorra uma avaria de funcionamento em qualquer momento da sua vida, considerando-se para os equipamentos apenas a vida útil - o intervalo de tempo desde o instante em que o elemento é colocado pela primeira vez em funcionamento até ao instante em que a intensidade de avaria se torna inaceitável ou até ao momento que o elemento seja considerado irreparável (após avaria ou por outros fatores relevantes). É por isso necessário um conceito que relacione o estado de funcionamento com o tempo. É esse o papel da Fiabilidade.

A norma NP EN 13306 (2007) define a Fiabilidade como a *“A aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo.”*

O termo “fiabilidade” também se aplica como uma medida de desempenho da fiabilidade, podendo definir-se neste caso como uma probabilidade.

O processo de resolução de problemas de fiabilidade deverá começar por um conhecimento muito profundo dos equipamentos que se pretendem analisar e das respetivas condições de funcionamento. Com isto, podemos definir os modos de falha e as respetivas causas. De seguida

passa-se à análise do histórico para determinar os tempos entre falhas e os modos de falhas. Na posse de um conjunto de tempos de sobrevivência, podemos ajustar uma determinada distribuição de fiabilidade ou realizar uma análise não paramétrica. Obtidos os resultados em termos de fiabilidade, poder-se-á partir para a tomada de decisões em termos de manutenção, de operação dos equipamentos ou, mesmo, em termos de re-projecto dos equipamentos e/ou de componentes.

2.1.8. Estados e tempos de manutenção de um bem

De acordo com a Norma NP EN 13306:2007, “Terminologia da Manutenção”, existem diferentes estados de um bem, sendo eles:

- Estado de disponibilidade: estado de um bem caracterizado pelo facto que pode cumprir uma função requerida, assumindo que o fornecimento de recursos externos, eventualmente necessários, está assegurado;
- Estado de indisponibilidade: estado de um bem caracterizado por um estado de avaria ou por uma eventual incapacidade para desempenhar uma função requerida durante a manutenção preventiva;
- Estado de repouso: estado de um bem disponível quando não está em funcionamento durante um tempo em que não é requerido;
- Estado de espera: estado de um bem disponível quando não está em funcionamento durante um tempo em que é requerido;
- Estado de funcionamento: estado de um bem que cumpre uma função requerida;
- Estado de incapacidade: estado de um bem caracterizado pela sua inaptidão para cumprir uma função requerida, seja qual for a razão;
- Estado de incapacidade externa: estado de incapacidade de um bem disponível, por falta de recursos externos necessários ou que não está disponível devido a ações programadas que não sejam de manutenção;

Na figura 2.3 tem-se um exemplo dos estados de um bem de acordo com a Norma NP EN 13306.

Estado de Indisponibilidade		Estado de Disponibilidade			
		Estado de Repouso	Estado de Espera	Estado de Funcionamento	Estado de Incapacidade Externa
Tempo Requerido	Tempo não Requerido	Tempo Requerido		Tempo não Requerido	

Figura 2.3 - Exemplificação dos estados de um bem de acordo com a Norma NP EN 13306
(Fonte: Cabrita et al., 2015)

Em relação aos tempos de manutenção, a mesma Norma tem os seguintes conceitos e definições:

- Falha: cessação da aptidão de um bem para cumprir uma função requerida;
- Tempo entre falhas: intervalo de tempo de calendário entre duas falhas consecutivas de um bem;
- Tempo de disponibilidade: intervalo de tempo durante o qual um bem está em estado de disponibilidade;
- Tempo de indisponibilidade: intervalo de tempo durante o qual um bem está em estado de indisponibilidade;
- Tempo de manutenção: intervalo de tempo durante o qual é realizada, manual ou automaticamente, uma ação de manutenção sobre um bem, incluindo atrasos técnicos e logísticos;
- Tempo de manutenção corretiva: parte do tempo de manutenção durante o qual a manutenção corretiva é efetuada num bem, incluindo atrasos técnicos e logísticos inerentes à manutenção corretiva;
- Tempo de manutenção preventiva: parte do tempo de manutenção durante o qual é efetuada a manutenção preventiva num bem, incluindo atrasos técnicos e logísticos inerentes à manutenção preventiva;
- Tempo de repouso: intervalo de tempo durante o qual um bem está em estado de repouso;
- Tempo de espera: intervalo de tempo durante o qual um bem está em estado de espera;
- Tempo de funcionamento entre avarias: duração acumulada dos tempos de funcionamento entre duas falhas consecutivas de um bem;
- Tempo requerido: intervalo de tempo durante o qual o utilizador exige que o bem esteja em condições de cumprir uma função requerida.

Na figura 2.4 tem-se o exemplo dos tempos relativos aos estados de um bem e tempos de manutenção de acordo com a Norma NP EN 13306.

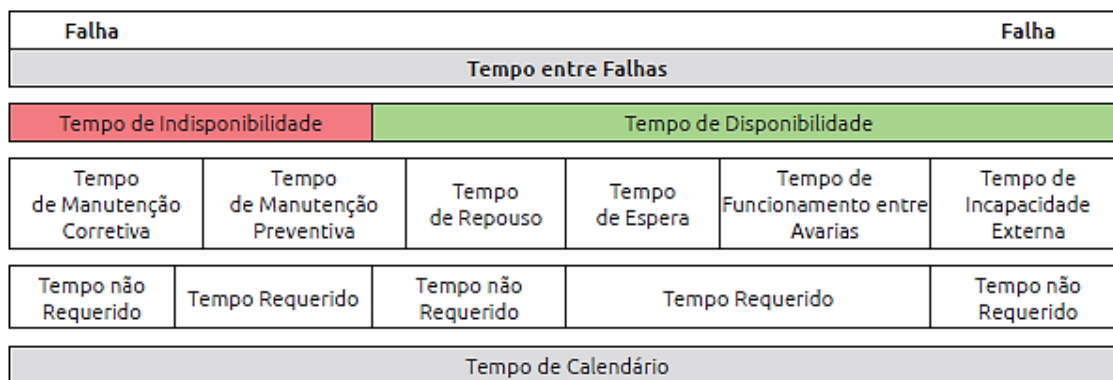


Figura 2.4 - Exemplificação dos tempos relativos aos estados de um bem e tempos de manutenção de acordo com a Norma NP EN 13306 (Fonte: Cabrita et al., 2015)

2.1.9. Total Productive Maintenance – TPM

Total Productive Maintenance (TPM), em português Manutenção Produtiva Total, é uma filosofia desenvolvida no Japão a fim de eliminar perdas, reduzir paragens, garantir a qualidade, reduzindo os custos na manutenção; Nakajima, presidente do Instituto Japonês de Manutenção de Fábricas (*Japanese Institute of Plant Maintenance - JIPM*) em 1971, introduziu o TPM no Japão e hoje este sistema exhibe uma adoção em grande escala, particularmente nos setores de produção (Nakajima, 1988). Orientado para um maior desempenho, disponibilidade e qualidade, o TPM visa garantir zero defeitos, zero acidentes e zero falhas de equipamentos. O TPM é sustentado pelos seguintes princípios: manutenção autónoma; educação e treino; foco na melhoria; gestão do desenvolvimento; manutenção planeada; manutenção de qualidade; e higiene, segurança e meio ambiente (Alseiari, 2017). Segundo o mesmo autor, as estratégias inovadoras de manutenção baseadas em TPM são utilizadas para o aumentar a eficiência geral do equipamento (*Overall Equipment Effectiveness – OEE*). Isto é conseguido através da criação de esquemas de manutenção produtiva que consideram o ciclo de vida completo do equipamento. Correspondentemente, durante toda a vida útil do equipamento, o TPM permite o estabelecimento de sistemas de manutenção preventiva completos. Isso motiva o pessoal da manutenção e os operadores a conceberem coletivamente procedimentos de trabalho de alto padrão, focados na melhoria e no trabalho em equipa, o que por sua vez, aumenta a eficácia do equipamento e do processo. Para implementar esta filosofia de TPM, o pessoal de manutenção e os operadores precisam exhibir altos níveis de conhecimento, o que posteriormente permite a partilha de funções no trabalho entre colegas e o desenvolvimento de novas habilidades, no entanto a implementação do TPM não é fácil e enfrenta muitos obstáculos, sendo que alguns deles refletem a relutância dos gestores de topo para mudar e implementar novas estratégias de manutenção, além dos obstáculos organizacionais; culturais; financeiros; comunicação, entre outros (Alseiari, 2017).

Como foi dito anteriormente, a abordagem do TPM visa a melhoria contínua do desempenho através do aumento da eficiência e efetividade de certas atividades industriais, sendo avaliado

através da eficiência geral do equipamento (OEE), que é calculado através do produto da qualidade, desempenho e disponibilidade. Neste cálculo, '6 grandes perdas' são medidas para alcançar a máxima eficiência do equipamento - defeitos do processo; rendimento reduzido; paragens menores, ciclos lentos; falha das instalações/fábrica, configuração e ajustes (Alseiari, 2017).

Já Ben-Daya (2000) argumenta que, na implementação do TPM, o envolvimento ativo dos operadores resulta em melhoria permanente na eficácia geral dos equipamentos. Assim, a capacidade dos funcionários e a gestão de equipamentos são duas características fundamentais do TPM.

De acordo com Lee Cooke (2000), várias organizações beneficiaram com a implementação do TPM em termos de melhor disponibilidade de equipamentos, redução de custos de manutenção e fiabilidade. O TPM visa alcançar o maior potencial de eficácia para o equipamento e subsequentemente mantê-lo nesse nível, o que pode ser assegurado através do desenvolvimento de conscientização e conhecimento de perdas, formulação de métodos e mecanismos para sua eliminação. Para isso, os programas de manutenção preventiva de alta eficácia precisam ser desenvolvidos para garantir um OEE ótimo e permitir que os operadores de manutenção realizem suas tarefas com facilidade. O RCM – *Reliability Centred Maintenance* - pode desempenhar um papel importante nesses desenvolvimentos do programa manutenção preventiva.

2.1.10. Reliability Centred Maintenance – RCM

Esta metodologia tem como objetivo otimizar a relação custo/benefício da manutenção aplicada a um dado equipamento ou sistema. Baseia-se em critérios de fiabilidade para determinar as técnicas de manutenção mais apropriadas a cada modo de falha de um equipamento que prioritariamente conduzam a elevados níveis de segurança de pessoas e bens, à proteção do meio ambiente, assim como a uma adequada disponibilidade do equipamento. Foi inicialmente concebida pela indústria aeronáutica e a partir dos anos 80 foi aplicada a diversos setores indústrias, como por exemplo a indústria química ou de transportes (Tavares, 2012).

No início da década de 60, a metodologia de RCM foi sendo desenvolvida para o setor aéreo e, em 1978, o setor de aeronaves dos Estados Unidos utilizou este método nos seus programas de manutenção. Para indústrias com diversos processos de manutenção de ativos, a implementação efetiva da metodologia RCM pode garantir um melhor desenvolvimento de políticas de manutenção. Os requisitos de manutenção para qualquer bem físico são determinados pelo RCM através do seu contexto operacional (Alseiari, 2017). No entanto, e de acordo com Waeyenbergh (2002), a complexidade deste método é uma desvantagem significativa que resulta num alto custo de implementação. Alseiari (2017) diz que, nas pequenas empresas, o RCM é muitas vezes uma proposta muito cara, uma vez que nessas empresas, a manutenção é considerada um problema económico. No entanto, a implementação do RCM em

organizações de grande poder financeiro pode ser justificável, pois existem conjuntos físicos críticos com maiores requisitos de disponibilidade e fiabilidade.

2.1.11. Failure Mode and Effect Analysis – FMEA

Failure Mode and Effect Analysis, em português, Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos, também conhecido pela abreviatura FMEA é uma técnica para priorizar e planejar atividades de manutenção preventiva e é frequentemente utilizada como fonte de planeamento de manutenção (Alseiri, 2017). Moubray (1997) comenta que o FMEA é utilizado para definir as atividades de manutenção corretas para possíveis modos de falha no equipamento e portanto, propor requisitos adequados para as tarefas de manutenção. Manter a manutenção correta diminuirá ou eliminará possíveis modos de falha de ocorrer nos equipamentos. O FMEA examina possíveis modos de falha, potenciais efeitos da falha e o número de prioridade de risco para cada modo de falha. O número de prioridade de risco (RPN – *Risk Priority Number*) é usado como uma técnica importante na análise FMEA. É o produto da Ocorrência (O), Gravidade (S) e Detecção (D), sendo o risco medido através do RPN. Além disso, é utilizado para definir a prioridade das falhas do sistema, e é considerado baixo risco "1", e para alto risco "1000" (Alseiri, 2017). Na Tabela 1 mostra-se um exemplo da aplicação de um FMEA.

Tabela 1 - Exemplo da aplicação de FMEA

Categoria	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial da Falha	Severidade (S)	Causa Potencial	Probabilidade (O)	Detecção (D)	RPN (S*O*D)
Armazenamento de Hidrogénio	'Overpressure'	Fuga; Explosão	6	Falha Sistema AVAC	3	3	54
	'Underpressure'	Fuga; Explosão	6	Falha no controle	3	3	54
	Temperatura elevada	Explosão	6	Falha Sistema AVAC	3	3	54
Tubagem	'Overpressure'	Fuga de gás; Fogo	3	Fluxo elevado	3	3	27
	Fuga	Fuga de gás; Fogo	3	Falha na tubagem	3	3	27
Válvula de retenção	Fuga	Pequenas Fugas de hidrogénio; Fogo	3	Falha do equipamento	3	1	9
	Não abre	'Overpressur e'; Fogo	6	Falha no controle	3	1	18

2.2. A Gestão de Ativos

Tendo em conta as novas realidades e as novas exigências, há cada vez mais a necessidade de uma nova postura, em que recorre a novos comportamentos da parte dos responsáveis de manutenção. Estes têm vindo a assumir a sua atividade de gestão de uma forma mais adequada, sendo cada vez menos "gestores de máquinas" e cada vez mais "gestores de

ativos” (Amaral, 2016). Segundo o mesmo autor, este tipo de atividade está concentrada numa importante função denominada engenharia de manutenção. Esta é uma função da manutenção vocacionada para a aplicação de práticas direcionadas para a otimização dos equipamentos, dos processos e orçamentos, de forma a alcançar níveis de classe mundial. Neste conceito, englobam-se as várias valências da manutenção, em que se pode encontrar a gestão de ativos como mostra a figura 2.5:



Figura 2.5 - Engenharia de Manutenção (Fonte: Amaral, 2016)

A gestão de ativos é uma forma estratégica de modo a obter uma alocação ótima de recursos para a gestão, operação, manutenção e conservação de ativos. Este conceito permite agregar diferentes departamentos de uma organização, como o financeiro, o planeamento, o de recursos humanos e o da gestão da informação, ajudando a organização a gerir os seus ativos através do seu custo-benefício (Coelho, 2015).

A gestão de ativos é um termo que só foi definido recentemente para contemplar todas as atividades durante a vida de um ativo, desde a aquisição às operações, manutenção, e desmantelamento. Um ativo é definido na norma ISO 55000 (2014) como "um item, coisa ou entidade que tem valor real ou potencial para uma organização". A gestão de ativos é definida na mesma norma como as "atividades coordenadas de uma organização para realizar valor dos ativos". Embora a gestão de manutenção é um conceito muito mais maduro, com uma variedade de modelos e estruturas, gestão de ativos é menos maduro. O primeiro esforço real para desenvolver um quadro global de gestão de ativos foi a especificação disponível publicamente, PAS 55, desenvolvido pelo Instituto de Gestão de Ativos do Reino Unido (IAM) e publicado pelo *British Standards Institute* (BSI). Esta estrutura proporciona uma definição clara da gestão de ativos e um sistema de gestão de ativos, com 24 elementos agrupados de acordo com o Ciclo

de Deming - *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), (Visser, 2015).

O período compreendido entre a criação de um ativo e o fim da sua vida é designado pela vida de um ativo. A vida de um ativo poderá não necessariamente coincidir com o período em que uma determinada organização o tem á sua responsabilidade. Um ativo pode gerar um valor real ou potencial para uma organização ao longo da sua vida útil e o valor do ativo para uma organização pode mudar durante a sua vida. A organização pode optar por gerir os seus ativos como um grupo, e não individualmente (Martins, 2015).

De acordo com Davis (s.d.), existem outras características associadas ao ativo físico:

- O seu valor pode ser representado num balanço patrimonial da empresa;
- Podem ser listados num repositório de registos de ativos;
- O seu valor deprecia normalmente ao longo do tempo;
- A sua condição deteriora-se normalmente com o tempo e/ou utilização;
- Provavelmente irá beneficiar com uma boa gestão/utilização;
- Desempenha de algum modo, um papel ou tem uma função no fornecimento de um processo ou serviço;
- Muitas vezes existem lotes de itens semelhantes no mundo, e nesse sentido pode beneficiar de semelhante gestão.

2.2.1. Ciclo de vida de um ativo

Para Alves (2009), o ciclo de vida de um ativo é definido pela conceção, fabrico, comissionamento, instalação, exploração (operação e manutenção) e abate. A análise de ciclo de vida de um ativo gera informações, avalia impactos e compara desempenhos funcionais e ambientais dos produtos. Davis (s.d.) afirma que entender que os ativos têm um ciclo de vida é um conceito-chave dentro da Gestão de Ativos. Uma maneira simples de se representar o ciclo de vida de um ativo poderá ser a seguinte:

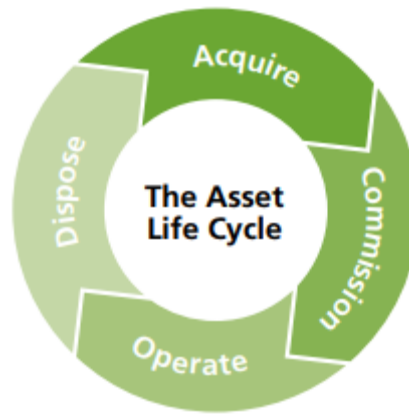


Figura 2.6 - Representação do ciclo de vida de um ativo (Fonte: Davis, s.d.)

A seguir segue-se uma breve descrição de cada ponto, segundo Davis (s.d.):

- **Adquirir:** Abrange tudo o que se passa no planeamento, conceção e aquisição de um bem; algumas representações do ciclo de vida de um ativo apresentam o planeamento como uma função separada; a aplicação adequada dessas atividades garante que o bem seja apropriado.
- **Comissionamento:** Abrange as atividades de instalação/criação ou construção do recurso e garantir que seja totalmente funcional. É um fato reconhecido que há uma maior incidência de falha após a primeira instalação/construção de um bem. Isso reflete-se na necessidade da etapa de comissionamento no ciclo de vida para supervisionar a operação inicial dos ativos.
- **Operar:** Esta é normalmente a maior parte do ciclo de vida de um ativo durante o qual ele opera na função para a qual foi projetado. Durante este período, o ativo deve estar sujeito a monitoramento, manutenção, remodelação e atualização potencial para atender a qualquer alteração na condição ou requisito operacional. Para muitos ativos, esta fase dura várias décadas. É a fase com a qual muitos engenheiros estão mais familiarizados.
- **Abate:** Esta é muitas vezes a fase mais negligenciada. Os ativos podem durar além de uma vida humana e pode ser difícil considerar a eliminação de ativos. Na indústria nuclear este pode ser um período prolongado e altamente crítico. As principais atividades durante este período incluem a remoção efetiva do ativo.

Segundo Mirshawka (1993), os investimentos em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes de falhas, reduzindo conseqüentemente os custos totais da manutenção, sendo estes a soma os custos de falha e os custos de manutenção preventiva. Mas no entanto, Mirshawka (1993) defende que existe um ponto ótimo no investimento da manutenção

preventiva, sendo que passado este ponto ótimo, mais investimento na manutenção preventiva leva a um aumento do custo total, pois este investimento a mais traz poucos benefícios para a redução dos custos de falha. Isto pode ser facilmente constatado na figura 2.7.

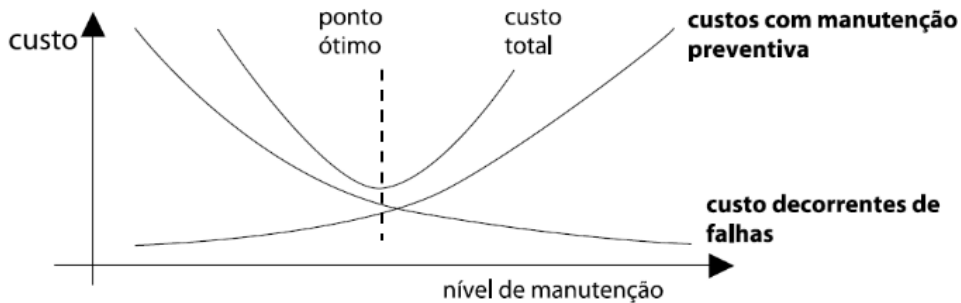


Figura 2.7 - Gráfico Custos vs Nível Manutenção (Fonte: Mirshawka, 1993)

Já Murty (1995) mostra pelo gráfico da figura 2.8 que ter um ativo com total disponibilidade (100% disponibilidade) acarreta custos desnecessários, o que faz diminuir drasticamente o lucro, existindo assim um ponto ótimo de disponibilidade, para um máximo lucro. Para o mesmo autor, é importante levar em consideração aspectos como a importância do equipamento, o seu custo e da sua reposição, as consequências da falha do equipamento no processo entre outros fatores que indicam que a política de manutenção não pode ser a mesma para todos os equipamentos, mas deve ser diferenciada para cada um deles, na busca do ponto ótimo entre disponibilidade e custo.

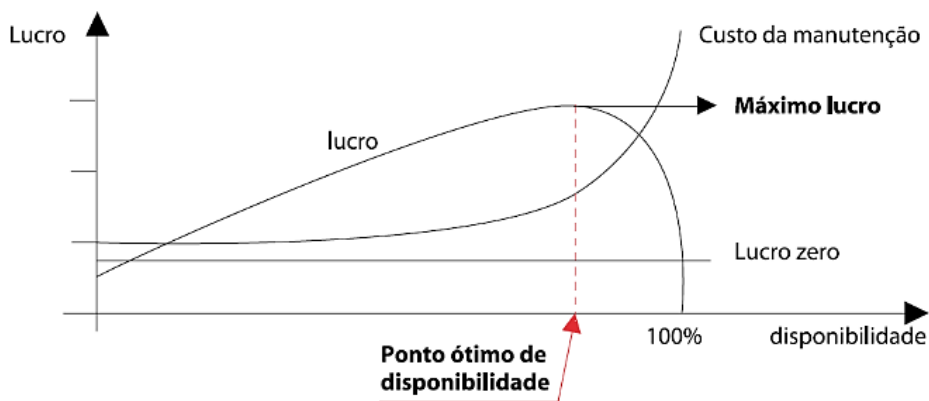


Figura 2.8 - Gráfico Lucro vs Disponibilidade (Fonte: Murty, 1995)

A gestão de ativos olha para os ativos físicos não como um objeto imutável, mas sim como um sistema suscetível de sofrer mudanças e que se vai deteriorando com o tempo e utilização, até que, irá acabar por deixar de servir o seu propósito inicial, ou seja, os ativos possuem um

ciclo de vida e que é de toda a importância saber delinear-lo e explorá-lo, por forma a obter o máximo de benefícios para os seus possuidores. Exemplos desses benefícios são (Davis, s.d.):

- Reduzir os custos de capital de investimento na base de ativos;
- Redução dos custos totais com a operação do ativo;
- Potencialização do desempenho do ativo;
- Redução de potenciais impactos de saúde causados pela degradação do ativo;
- Redução de riscos de segurança adjacentes à utilização do ativo;
- Minimização do impacto ambiental;
- Manter e melhorar a reputação da organização.

2.3. As Normas ISO 55000/1/2

A série de Normas ISO 55000, recentemente lançada, visa fornecer uma estrutura padronizada para um sistema de gestão de ativos. Estas Normas apoiam a gestão dos ativos financeiros e físicos de uma empresa principalmente para aumentar o retorno sobre o investimento. Este padrão é mais abrangente e detalhado, criando uma maneira mais clara de implementar um sistema de gestão de ativos dentro de qualquer organização. É destinada a organizações que estabelecem, implementam, mantêm e melhoram sistemas de gestão de ativos, e permite extrair valor dos seus recursos. Estas Normas auxiliam como implementar e manter um sistema de gestão de ativos em todos os níveis de gestão de uma organização, fornecendo orientação sobre o que deve ser feito. Também fornecem informações sobre as atividades de planeamento, operação e suporte que acompanham esse sistema. As Normas ISO 55000 foram concebidas de forma a poder candidatar-se a qualquer tipo de ativo, embora reconhecendo a aplicabilidade à gestão de ativos físicos. Estes padrões aplicam-se a qualquer organização, desde que os ativos sejam o fator chave para alcançar os objetivos comerciais (Ibifuro, 2017).

Estas normas especificam os requisitos para o estabelecimento, implementação, manutenção e melhoria do sistema de gestão de ativos. Sendo que, pode ser utilizada por qualquer organização, e ela própria determinará a qual ou quais dos ativos se irá aplicar (ISO 55000/1/2, 2014).

Esta norma é principalmente destinada à utilização por:

- Aqueles que consideram melhorar a perceção de valor para a sua organização a partir da sua base de ativos;
- Os envolvidos na criação, implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão de ativos;
- Aqueles envolvidos no planeamento, *design*, implementação e avaliação das atividades

de gestão de ativos; juntamente com prestadores de serviços.

Permitem a uma organização atingir os seus objetivos através de uma gestão eficaz e eficiente dos seus ativos. A aplicação de um sistema de gestão de ativos fornece garantia de que esses objetivos podem ser alcançados de forma consistente e sustentável ao longo do tempo (ISO 55000, 2014).

As normas expõem os requisitos para um sistema de gestão de ativos e incluem as:

- ISO 55000 (2014) – Visão geral, princípios e terminologia;
- ISO 55001 (2014) – Sistemas de Gestão – Princípios e requisitos;
- ISO 55002 (2014) – Sistemas de Gestão – Orientações para a aplicação da ISO 55001.

Cunha (2016), refere que as ISO 55000 são o primeiro conjunto de Normas Internacionais que suportam a implementação das melhores práticas na Gestão de Ativos, no seguimento da PAS 55, e são destinadas a serem utilizadas para gerir não só ativos físicos, como a qualquer tipo de ativo, em qualquer tipo de organização.

As ISO 55000/1/2 (2014) fornecem aos responsáveis das organizações o motivo pelo qual a organização deve incorporar uma gestão de ativos. Elas destacam que, a partir da aquisição, o controlo e gestão de ativos pelas organizações, é essencial para a realização de valor através da gestão de riscos e oportunidade de alcançar o equilíbrio desejado de benefícios, custos, risco e desempenho (Martins, 2015). Ibufuro (2017) defende que a adoção destas Normas garantirá aos seus reguladores, clientes e investidores, uma ajuda na organização a alcançar seu objetivo de forma eficiente. A implementação destas Normas promove a manutenção pró-ativa de ativos, como instalações, o que levaria a menos falhas, poucos desperdícios e serviços aprimorados. As ISO 55000 ajudam as organizações a estabelecer um Sistema de Gestão de Ativos (*Asset Management System - AMS*) para otimizar recursos e este sistema comunica com elementos que produzem políticas, objetivos e procedimentos para atingir os objetivos de uma determinada organização. O principal benefício das ISO 55000 é que fornecem um conjunto mínimo de requisitos para um sistema efetivo de gestão de ativos, mas permite que a própria organização determine como ele deve ser implementado para atender às suas necessidades.

A ISO 55001 (2014) permite às organizações estruturar as suas atividades por forma a atenderem às suas necessidades, recursos, capacidades e objetivos (ISO 55001, 2014).

A ISO 55002 (2014) elucida os requisitos especificados na norma ISO 55001 (2014) e disponibiliza exemplos para apoiar à sua implementação.

Analisar os requisitos - ISO 55001 - permite uma tomada de decisão consistente em atividades que afetam riscos, desempenho e perfis de custo relacionados a ativos. Isso indica que a gestão deve tomar decisões objetivas, previsíveis e consistentes que envolvam *trade-offs* entre efeitos a curto e longo prazo e combinações ótimas de benefícios inter-relacionados. A ISO

55001 exige especificamente que "o método de tomada de decisão e priorização das atividades e recursos para atingir seus planos e objetivos de gestão de ativos deve ser documentado. A ISO 55001 exige ainda que a organização "retenha informações documentadas adequadas como prova dos resultados de monitoramento, medição, análise e avaliação". Para Cunha (2016), o potencial destas Normas passa pela obtenção da sustentabilidade e a preservação dos ativos a longo prazo, enfrentando os desafios de desempenho no dia-a-dia, em que estas Normas contribuem para a compreensão da relação entre os investimentos propostos e os resultados esperados.

As normas anunciam as vantagens da gestão de ativos e do sistema de gestão de ativos assim como uma abordagem estruturada e uma decisão mais fiável que contribuem para o desenvolvimento, coordenação e controlo das atividades realizadas em ativos, e para alinhar essas atividades com os seus objetivos organizacionais. A Figura 2.9 mostra a relação, em termos chave, entre a gestão de ativos e um sistema de gestão de ativos (ISO 55001, 2014).



Figura 2.9 - Relação entre a gestão de ativos e um sistema de gestão de ativos

(Fonte: ISO 55000, 2015)

A ISO 55000 adota uma abordagem holística para a gestão de ativos; não se trata apenas de manutenção, mas também de criação de valor. As normas ISO 55000 requerem mudanças na política, processos e pessoas, desafiando o *status quo* e leva a um novo regime de assistência ao bem-estar (Ibifuro, 2017). Para o mesmo autor, o cuidado com os ativos exige que as organizações cumpram padrões e vários regulamentos. A adoção destas normas permitirá que a organização alinhe a maneira como os ativos são geridos e mantidos, melhora o retorno sobre os investimentos, reduzindo os custos, ao mesmo tempo que suporta o valor dos ativos sem

sacrificar os objetivos organizacionais. Processos de manutenção e fiabilidade, os programas estão alinhados com as Normas ISO 55000 e abrangem todo o ciclo de vida dos ativos, incluindo *design*, engenharia, aquisição, instalação, *start-up*, operação, manutenção, restauração, desmantelamento e eliminação. Gerir ativos hoje é mais complexo, no entanto, em muitas organizações, a gestão desses recursos geralmente é desfocada e inadequada. As organizações precisam examinar estas normas na perspectiva de encontrar métodos para reduzir custos e aumentar os seus resultados. Manter os ativos existentes num nível ótimo é um desafio, mas apesar de custar dinheiro para os manter operacionais, o custo é muito inferior ao custo de substituição. A manutenção representa uma grande percentagem dos custos operacionais de uma organização e é uma área de maior ênfase para ajudar as indústrias a cumprir os seus objetivos. Os departamentos de manutenção das empresas enfrentam vários problemas nos seus esforços para aprimorar processos para realizar o máximo de tempo de atividade e disponibilidade do equipamento.

2.3.1. Estrutura das Normas ISO 55000

As Normas ISO 55000 começam pela reforma organizacional da política, metas e resultados, para garantir a fiabilidade e a produtividade dos ativos; as organizações devem adotar as seguintes estruturas ISO 55000:

- **Contexto organizacional:** a organização deve definir os impulsionadores e restrições relevantes para a sua finalidade e a capacidade de alcançar seus resultados, por exemplo, regulamentar, financeira, organizacional e meio ambiente e valores da organização. As partes interessadas devem estar envolvidas na tomada de decisões e também contribuir para os objetivos organizacionais.
- **Liderança:** estas Normas descrevem três requisitos principais - liderança e compromisso, políticas e funções organizacionais, responsabilidades e autoridade. A liderança e o compromisso exigem que a alta administração assegure recursos disponíveis e seja estabelecida a Política de Gestão de Ativos apropriada para a organização. Há que assegurar de que as funções e responsabilidades são atribuídas, comunicadas e efetivamente executadas.
- **Planeamento:** os planos devem abordar o que será feito, quando e quem o fará, e como será realizado e avaliado. Os planos devem alinhar e ser consistentes com o sistema de Gestão de Ativos, que deve ser determinado e documentado. As Normas descrevem uma série de requisitos que devem ser atendidos ou considerados, em que devem abordar o seguinte:
 - Tomada de decisão, métodos de priorização e critérios;
 - Processos e métodos para gerir ativos ao longo dos seus ciclos de vida;
 - Recursos;

- Critérios de avaliação;
 - Horizonte de tempo global para o plano;
 - Períodos de revisão;
 - Ações para riscos e oportunidades.
- **Suporte:** será necessária uma cooperação com outros departamentos para uma execução efetiva do Sistema de Gestão de Ativos. A informação deve ser acessível, documentada, controlada, comunicada e auditável. O pessoal deve ser competente; as necessidades de competência devem ser avaliadas e atualizadas periodicamente, conforme necessário.
 - **Operação:** a organização deve determinar as técnicas para monitorar e medir os seus ativos e como esses dados serão analisados, avaliados e validados. A mudança deve ser gerida e os processos para a implementação dos planos da gestão de ativos devem ser devolvidos ao projeto e operação do Sistema de Gestão de Ativos, incluindo todas as atividades de *'outsourcing'*.
 - **Avaliações de desempenho:** a necessidade de monitorizar o desempenho dos ativos em relação a *outputs*, metas e nível de serviços é um ponto de vista importante quando se usam sistemas de gestão. O uso de indicadores de desempenho para a medição de processos e realização dos objetivos, devem de ser uma abordagem viável da administração da gestão de ativos. O relatório sobre o desempenho dos ativos deve ser documentado, analisado e avaliado.
 - **Melhorias:** a falha ocorre como resultado de uma inadequação ou não conformidade; como tal, atividades de correção são obrigatórias, juntamente com o tratamento das consequências. A organização deve estabelecer processos para identificar potenciais falhas através do desempenho dos ativos e avaliar a necessidade de ações corretivas e preventivas para melhoria contínua.

2.3.2. *Influência na manutenção*

Para Ibifuro (2017) o desafio das organizações é a necessidade de manter e, muitas vezes, aumentar a eficiência operacional, a receita e a satisfação do cliente, ao mesmo tempo em que reduz os custos de capital, operação e suporte. Muitas organizações simplesmente não estão conscientes de como melhorar os processos de manutenção, ou se estão, pensam que isso vai custar muito para o fazer. De salientar que estas Normas não são sobre processos de manutenção ou fiabilidade, mas sim de todo o ciclo de vida do ativo, desde a sua conceção até ao seu desmantelamento.

A ISO 55001 exige que uma organização crie um plano de gestão do ciclo de vida que inclua o risco associado ao bem específico e as consequências desse risco. O processo para

determinar quando a máquina falhará ajudará a determinar o ciclo de vida do ativo e como gerir o bem de forma eficiente.

As Normas ISO 55000 propuseram que a gestão de ativos garanta ativos que atinjam o objetivo necessário. As organizações devem desenvolver e implementar processos que liguem o desempenho e o propósito dos ativos aos objetivos organizacionais, implementando esses processos para garantir a capacidade ao longo do ciclo de vida dos ativos, fornecendo monitorização, melhoria contínua, recursos necessários e pessoal competente. Com este conjunto de Normas, as organizações podem facilmente entender a consequência que a falha causará a jusante da linha de produção e acompanhar o porquê de qualquer avaria usando códigos de erro, entre outros, para que possam ter um programa de manutenção preditiva eficaz.

2.3.3. Benefícios e desafios na implementação das Normas ISO 55000

A implementação de uma estratégia holística de manutenção de ativos usando o estas Normas alcançará benefícios significativamente maiores de práticas de manutenção aprimoradas. Esses benefícios incluem:

- Melhoria substancial da fiabilidade dos ativos;
- Menores custos de manutenção de ativos;
- Maior disponibilidade;
- Menos interrupções;
- Maior retorno sobre os ativos, bem como em capital investido;
- Treino mais eficiente e efetivo: procedimentos e documentação melhor definidos facilitam a capacitação dos funcionários e a passagem de conhecimento.

A organização terá conhecimento de informações financeiras robustas, que se baseiam em processos integrados entre as funções de gestão de ativos e finanças. Portanto, isso permitirá que a organização melhore a avaliação da posição financeira e os requisitos de financiamento em relação aos ativos (ISO 55001, 2014).

Segundo Ibifuro (2017), a gestão de topo vê a manutenção mais como um gasto do que como um ponto onde pode lucrar, o que afeta a aplicação destas Normas. Ibifuro (2017) nomeia os seguintes pontos como os principais desafios na implementação destas Normas:

- Falta de compromisso de liderança em políticas e procedimentos;
- Falta de vontade em mudar;
- Falta de compreensão do sistema ISO 55000;

- Desafio com orçamento de manutenção *versus* melhoria de equipamentos;
- Falta de técnicos de manutenção qualificados;
- Cultura de manutenção de 'combate ao fogo' em vez de manutenção preventiva;
- Falta de cultura de melhoria contínua.

2.4. A Manutenção 4.0

Para Pereira (2017), a indústria no seu conjunto tem que acompanhar os novos desafios que se colocam às economias e ao desenvolvimento e adaptar-se às novas tecnologias e às mudanças a nível do tecido empresarial. A complexidade elevada e os custos dos ativos de produção, em conjunto com os requisitos associados a produtos de alta qualidade, impõem projeto e manutenção que sejam capazes de fornecer os níveis necessários de disponibilidade, manutenção, qualidade e segurança ao longo de todo o ciclo de produção. A análise de parâmetros operacionais e de comportamento em serviço e os mecanismos de previsão de condição podem contribuir para melhorar os sistemas de manutenção preditiva inteligentes capazes de integrar informações de muitas fontes diferentes e de vários tipos, a fim de estimar com mais precisão o desempenho do processo e a vida útil remanescente, levando a uma gestão mais eficiente e à reconfiguração e reutilização de bens e recursos, evitando falsos alarmes e falhas imprevistas. Importante também, é a redução de custos através da realização de atividades de manutenção e de segurança no momento ótimo antes da ocorrência da falha, minimizando, assim, o grau de intervenção necessária e maximizando a disponibilidade do sistema e a não propagação de consequências.

Para isso, as medições de uma série de parâmetros a nível de componentes, máquinas e sistemas de produção devem servir para fornecer dados para a construção de modelos de previsão da condição do equipamento e para sincronizar a manutenção com opções de planeamento de produção e logística. Existem também metodologias e ferramentas para uma melhor manutenção e para aumentar a vida útil dos sistemas de produção, para agendar atividades de manutenção em conjunto com atividades de produção (gestão da produção conjunta com planeamento e/ou gestão da manutenção), bem como soluções de manutenção preditiva combinadas com métodos integrados de Manutenção e Qualidade. A nova perspetiva 4.0 pode ter aqui um papel determinante na extensão destas ferramentas de gestão a todo o tipo de organizações (Pereira, 2017).

A Indústria 4.0, referida como a 4ª Revolução Industrial, é caracterizada por unidades de produção inteligentes e conectadas que permitem flexibilidade e personalização, bem como a transparência em toda a cadeia de valor (Kans, 2017). Na Tabela 2 apresentam-se as quatro Revoluções Industriais, segundo Pereira (2017).

Tabela 2- As quatro Revoluções Industriais (Fonte: Pereira, 2017)

'Revoluções Industriais'	Sistemas	Manutenção
Mecanização 1750's	Mecânicos, Robustos, Baixa complexidade	Após Falha
Eletrificação 1900's	Eletromecânicos, complexidade média	Após Falha, muito raramente preventiva
Digitalização 1970's	Mecatrônicos, computadorizados complexos	Preventiva, preditiva
Internetização 2000's	Ciber-físicos, interligados, complexos	Preditiva, proativa

Segundo Almatani (2017), os ativos industriais estão a tornar-se cada vez mais complexos em termos de quantidade de componentes, nível de integração, operação e condições de manutenção. Isso levantou muitos desafios que as organizações industriais precisam abordar e resolver em bases diárias. Este alto nível de complexidade tornou-se a quarta revolução industrial. Indústria 4.0, pode ser nomeado como "Internet das Coisas" (*IoT – Internet of Things*), que nos traz grandes oportunidades, bem como alguns desafios. Esta nova perspectiva 4.0, não é nada mais do que a internet das coisas e dos sistemas ciber-físicos de modo a criar uma rede distribuída de sistemas que comuniquem entre si de uma forma dinâmica e específica de acordo com o necessário. A designação "Indústria 4.0" é baseada na utilização da *web* na esfera industrial, *Industrial Internet of Things (IIoT)*.

Também Kans (2017) refere que dois termos-chave para descrever a Indústria 4.0 são *Internet of Things (IoT)* e sistemas ciber-físicos. Os sistemas ciber-físicos estão equipados com componentes digitais que monitoram e controlam os dispositivos físicos. São mais ou menos auto-reguláveis, ou seja, adaptam-se aos requisitos de produção, mudanças ambientais e físicas. Estes sistemas auto-organizados comunicam através de uma rede baseada na internet que forma uma '*Internet de Coisas*', que é uma representação virtual do processo de produção física. Estas duas tecnologias geram grandes quantidades de dados, que podem ser utilizados para análises preditivas avançadas. A digitalização da indústria, no entanto, já começou em meados do século XX com a introdução de computadores na indústria e a robotização da indústria que começou em larga escala nos anos 70.

O mesmo autor refere que a digitalização, isto é, informatização da manutenção, está em andamento desde 1980, quando os primeiros sistemas experientes foram desenvolvidos e implementados. Escolher a informatização, ou seja, digitalizar uma atividade ou processo comercial, tem várias implicações para as pessoas envolvidas nas atividades e processos da empresa, que podem ser uma experiência positiva ou negativa. É, por isso, importante compreender a percepção de uma organização, seus funcionários e seus processos, bem como

se uma organização está pronta para aceitar e incorporar uma digitalização deste tipo. Kans (2017) menciona que os investimentos nesta área têm uma correlação positiva com a rentabilidade e competitividade da empresa, o que é o caso as tecnologias de informação na gestão de manutenção.

De todas as diferentes estratégias de manutenção que existem, a manutenção preditiva é que está recebendo mais atenção como solução na realização do setor 4.0, refere Kans (2017). Segundo o mesmo autor, a manutenção preditiva com o uso de sensores, grande análise de dados, computação, etc., é uma das muitas contribuições da manutenção na Indústria 4.0. No entanto, a manutenção preditiva não é algo novo. Na década de 1960, a manutenção preditiva foi definida como: "A manutenção preditiva envolve o uso de dispositivos de detecção, medição ou controle para determinar se houve mudanças significativas na condição física do equipamento. Podem ser utilizados diversos dispositivos visuais, de áudio, eletrônicos, de pressão, térmicos, etc., para inspeção periódica de equipamentos, a fim de determinar mudanças importantes na condição." (Collins, 1964), ou seja, a ideia neste tipo de manutenção é, desmontar o equipamento apenas e só se houver mudanças importante na sua condição de funcionamento. Kans (2017) sublinha que se um período de aviso não puder ser dado, o objetivo da manutenção preditiva é perdido. Para isso há também outras alternativas à manutenção preditiva, como a manutenção preventiva predeterminada. Se ocorrer uma falha numa base regular, a estratégia de manutenção mais económica pode ser uma manutenção predeterminada. Se, no entanto, há um período de desgaste e as falhas ocorrem aleatoriamente, a manutenção preditiva pode ser uma estratégia de manutenção muito eficaz. Desta forma, como se pode constatar, há uma questão de custo envolvida. Assim, o mesmo autor coloca a seguinte questão: *'Quanto custa uma falha versus quanto dinheiro deve ser gasto no monitoramento de um processo de desgaste?'* Se as consequências de um custo de falha forem menores e não tiverem consequências negativas sobre segurança, ambiente ou qualidade, a manutenção corretiva pode ser a opção mais inteligente. Caso contrário, a manutenção preditiva é escolhida como uma estratégia mais acertada.

2.4.1. A Indústria do pensamento – 'The thinking Industry'

Kans (2017) defende uma abordagem no seio da Indústria 4.0 chamada de 'A Indústria do pensamento - *The thinking Industry*', em que explica que a Indústria do pensamento é uma reação ao frenesim da digitalização que na indústria. Em vez de se concentrar na digitalização como "uma solução de tecnologia para tudo", deve-se concentrar nas principais competências e condições da empresa e, com base nisso, encontrar a solução de digitalização que melhor leva aos benefícios mais elevados. Segundo o autor, o conceito baseia-se na filosofia de melhoria contínua, bem como na ideologia da produção *Lean*; a indústria do pensamento é uma combinação de pessoas inteligentes, processos inteligentes e soluções inteligentes de Tecnologias de Informação (TI). As soluções inteligentes de TI são projetadas para resolver problemas reais ou oportunidades em mãos. As principais competências e recursos direcionam

os projetos de digitalização em relação ao que fazer e como fazê-lo; onde o mais importante é combinar o esforço de digitalização com a maturidade da organização, de modo a não digitalizar a capacidade e as necessidades de cada um. Na figura 2.10 encontram-se os diferentes níveis de digitalização, segundo Kans (2017).

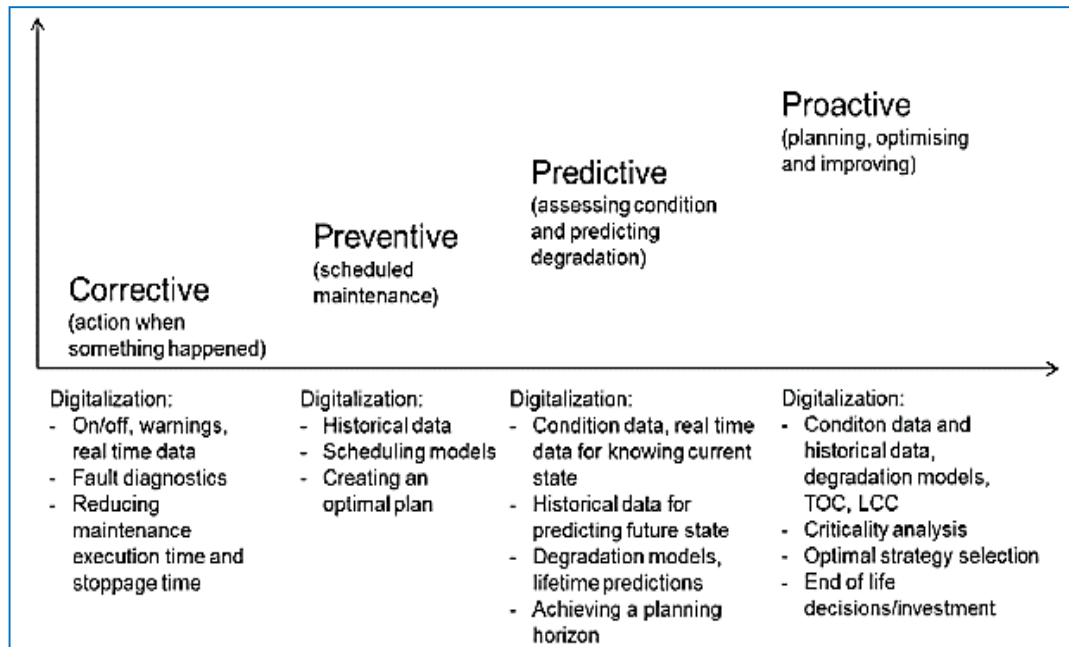


Figura 2.10 - Diferentes níveis de digitalização de acordo com a estratégia de manutenção
(Fonte: Kans, 2017)

A Indústria do pensamento promove o trabalho de melhoria sistemática, como TPM – *Total Productive Maintenance* - e RCM - *Reliability Centered Maintenance*. O objetivo do RCM é identificar componentes que são críticos (ou seja, não devem falhar), descobrir minuciosamente quais os erros que podem ocorrer e suas consequências, e desenvolver um plano de manutenção ideal que reduz o número de paragens e *break-downs*, que aumenta a vida do sistema e minimiza os custos do ciclo de vida. Consequentemente, são necessárias soluções digitais para a deteção de falhas ou soluções eficientes de planeamento de pedidos de trabalho. A manutenção preventiva requer ferramentas eficientes para programação e otimização do plano de manutenção, enquanto a manutenção preditiva é altamente dependente do tempo real, bem como dos dados históricos para avaliar a condição do ativo e a degradação da falha. Trabalhar de forma proativa requer dados económicos além de dados técnicos para poder tomar decisões ótimas do ciclo de vida do equipamento (Kans, 2017). Este autor propõem para uma utilização bem sucedida da digitalização na manutenção, um processo de trabalho de implementação estruturado e simples. O processo é inspirado por métodos de melhoria genéricos, como PDCA, métodos de projeto de TI, bem como métodos de gestão *Lean* e filosofias de manutenção, principalmente TPM e RCM. O processo consiste em cinco etapas principais: preparar, realizar,

alterar, implementar e gerir. Cada passo é descrito em mais detalhe abaixo:

- **Preparar** - a caminhada da digitalização começa a partir das competências essenciais da empresa formuladas como declarações simples, como "*Somos especialmente bons em ...*" ou "*Temos experiência em ...*". O futuro estado é posteriormente expresso num conjunto de oportunidades ou áreas problemáticas de acordo com a mudança de negócios desejada; inovação ou melhoria. A maturidade da organização deve ser levada em consideração ao projetar soluções adequadas e a solução deve ser alinhada com a estratégia de manutenção aplicada.
- **Realizar** - nesta etapa, é importante quantificar e priorizar diferentes problemas. Qual é o problema que está a causar mais perturbações? Quais os problemas que afetam quais funções e/ou produtos? A área do problema é investigada usando diferentes ferramentas, como 7 Desperdícios e OEE - *Overall Equipment Efficiency*, para entender as perdas atuais seguidas por um Modo de Falha e Análise de Efeitos (FMEA) de acordo com o RCM. Além disso, a criticidade das áreas problemáticas é avaliada, por exemplo, estendendo o FMEA com uma análise de criticidade. É importante que a verdadeira causa do problema seja abordada com a possível solução de digitalização ou descobrimos que a causa raiz do problema poderia ser eliminada por outros meios (mais baratos). Portanto, esta solução alternativa deve ser escolhida. Neste ponto, o problema está bem definido e é possível identificar a causa do problema, bem como pessoas e/ou unidades organizacionais afetadas, por exemplo, criando gráficos de processo.
- **Alterar:** diferentes soluções são quantificadas e priorizadas. Qual a solução que proporcionaria o retorno mais alto e rápido? Recomenda-se que funcione de forma cruzada em todos os estágios, mas pode ser de maior importância nesta fase. Uma solução para um problema pode ser positiva para uma ou várias funções e ao mesmo tempo, ser negativa para outras. Às vezes, no entanto, este é um *trade-off* que deve ser aceite. Quando isso acontecer, é bom que todas as funções estejam cientes da questão e as razões por trás das escolhas feitas. É nesta fase em que as soluções de digitalização podem ser uma opção para resolver problemas. No entanto, como mencionado acima, várias outras soluções também podem ser válidas. A indústria não deve digitalizar apenas por uma questão de digitalização. Se outras soluções forem mais efetivas, deve haver coragem para escolher essas digitalizações excessivas. Caso a organização não esteja madura o suficiente para assumir uma solução de digitalização, talvez seja melhor escolher outras soluções e manter tecnologias inteligentes de lado até que o nível de maturidade tenha aumentado.
- **Implementação:** esta etapa prepara-se para a intervenção. Onde, como e a quem incluir no desenvolvimento da solução são questões importantes para responder. A implementação deve envolver as pessoas com habilidades de decisão, bem como as pessoas com competência na realização da solução. Neste ponto, os recursos externos são adquiridos, como fornecedores de *software* e *hardware*, consultores de

implementação e integradores de sistemas. Um plano para acompanhar a implementação também é feito. O impacto da implementação será medido em termos financeiros, como o retorno dos investimentos, mas também como efeitos não financeiros.

- **Gerenciar:** a implementação é acompanhada em relação aos Indicadores Chave de Desempenho (*KPI*) definidos no ponto anterior. Se for considerado bem-sucedido, a solução é consolidada e se formará depois das rotinas diárias de trabalho. Com cada implementação de uma solução para uma causa raiz, a maturidade na organização aumenta. Documentar o processo, bem como a solução é importante para aproveitar a aprendizagem.

2.4.2. Exemplo de software para a Manutenção 4.0

Já Kidd (2017) diz que a Indústria 4.0 abriu uma ampla gama de oportunidades, e esta nova geração de indústria incluirá novos níveis de tecnologias habilitadoras e conectividade que permitirão uma análise de dados complexa nunca antes possível.

Para Algabroun (2017) a Indústria 4.0 caracteriza-se por três dimensões principais:

- Integração horizontal, ou seja, a integração de diferentes sistemas do processo de fabrico e negócios (por exemplo, produção, logística, marketing), tanto dentro da mesma empresa, como entre diferentes empresas;
- Integração vertical, isto é, a integração dos diferentes sistemas em diferentes níveis hierárquicos (por exemplo, sensores e atuadores, sistema de controle, gestão de produção, fabrico e níveis de planeamento);
- A integração horizontal e vertical é feita através da engenharia de soluções *end-to-end* (ponta-a-ponta).

O mesmo autor refere que com os avanços das tecnologias de fabrico, as abordagens de manutenção mudaram para responder às novas exigências. Agora, com a Indústria 4.0, abordagens de manutenção inovadoras precisam ser desenvolvidas para atender às novas exigências, que nos referimos como "Manutenção 4.0". Para executar as tarefas necessárias, a Manutenção 4.0 deve levar em consideração todos os elementos essenciais, como sensores, atuadores, rede, processadores, *middleware*, bancos de dados, *software* e aplicativos. Como o *software* desempenhará um papel importante e crescente na Indústria 4.0, a Manutenção 4.0 requer uma perspectiva de engenharia de *software* adequada. Desta forma, Algabroun (2017) propõe uma estrutura para um sistema de manutenção da Indústria 4.0 que considera todos os componentes essenciais para lidar com as tarefas de manutenção. Para isso, Algabroun (2017) baseou-se numa arquitetura de *software* auto-adaptativo, em que os objetivos do seu estudo foram:

- Identificar componentes e subcomponentes da Manutenção 4.0;
- Desenvolver uma estrutura para Manutenção 4.0 com base numa arquitetura de *software* auto-adaptativa;
- Modelar a interação da Manutenção 4.0 componentes e subcomponentes e aplicá-lo a um cenário operacional.

Nos próximos subcapítulos, abordar-se-á a estrutura da Manutenção 4.0 na forma de *software* a aplicar numa empresa de manutenção.

2.4.3. Arquitetura de *software* auto-adaptativo

O *software* auto-adaptativo permite que um sistema de *software* se adapte de forma autónoma ao tempo de execução para lidar com incertezas que são difíceis de prever em tempo planeado (por exemplo, falhas ou variação de recursos). No seu estudo, Algabroun (2017) utiliza um *software* que segue um modelo de referência denominado *MAPE-K* composto por quatro componentes principais: Monitorar, Analisar, Planear e Executar, que compartilham o Conhecimento (*Knowledge*) armazenado num repositório. O conhecimento inclui representações de metas de adaptação e modelos do sistema gerido. No *MAPE-K*, o Monitor monitora o sistema e outros elementos relevantes (por exemplo, ambiente, parâmetros operacionais, etc.), atualiza o Conhecimento e aciona o Analisador. O Analisador examina os dados recolhidos e determina se é necessária uma adaptação do sistema gerenciador. Se assim for, o Plano é desencadeado para compor um plano com ações que adaptem o sistema gerenciador para que ele atinja os objetivos de adaptação, em que essas ações são executadas por Execute. O autor enumera as seguintes vantagens do *software* utilizado:

- Fornece uma base para a separação de preocupações, ou seja, cada componente é responsável por uma função distinta. Isso minimiza a interdependência dos componentes e, portanto, simplifica o desenvolvimento, o reparo e a modificação;
- Abrange uma ampla gama de domínios, cada domínio associado à sua arquitetura específica;
- Fornece um nível de abstração que desloca o foco do nível do código para o nível dos elementos do sistema e suas composições. Isso facilita a compreensão e a gestão da complexidade do sistema;
- É rentável, pois é baseado num controlo externo que (em princípio) pode ser reutilizado em diferentes sistemas. O desenvolvimento de um sistema de controlo interno para cada novo sistema a partir do zero seria caro e propenso a erros;
- É adequado para sistemas que respondem de forma autónoma ao tempo de execução;

- É suportado por linguagens de modelagem e anotações para descrever e fundamentar a estrutura e o comportamento do sistema durante o projeto e no tempo de execução.

2.4.4. Uma estrutura Manutenção 4.0 proposta

O desenvolvimento de uma estrutura Manutenção 4.0 baseia-se numa vasta experiência em manutenção e arquitetura de *software*. Os componentes genéricos para uma estrutura funcional adequada à Manutenção 4.0 são fornecidos pelo modelo de referência *MAPE-K*, combinado com o modelo arquitetónico de três camadas para sistemas adaptativos. Neste caso, o 'Mediator' permite que várias máquinas sejam conectadas (ou seja, sistemas gerenciadores) e mapeadas para o sistema gerenciador (*Managing System*), como se pode ver na figura 2.11. Isto aumentará a reutilização, bem como a escalabilidade. O sistema gerenciador contém duas subcamadas: *Change Management* e *Goal Manager*. O *Change Management* está ocupado com o controlo do sistema gerenciador usando um *loop MAPE-K* de acordo com os objetivos estratégicos fornecidos pelo *Goal Manager*.

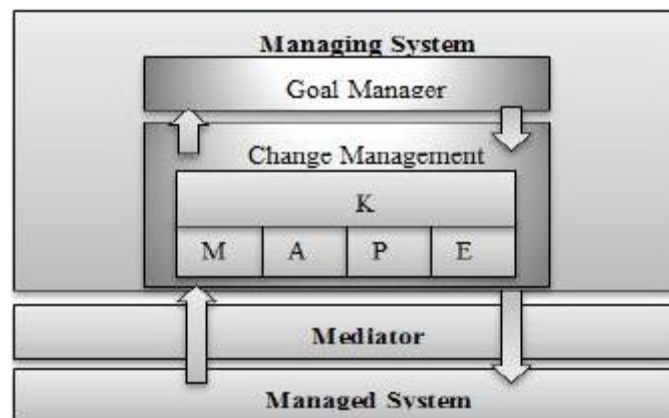


Figura 2.11 - Arquitetura do sistema de gestão (Fonte: Algabroun, 2017)

Para adaptar esta estrutura genérica à Manutenção 4.0, é necessário especificar os subcomponentes necessários, a interação entre os componentes/subcomponentes e suas condições desencadeantes. A metodologia para alcançar a estrutura de Manutenção 4.0 foi concretizada em três fases. Na Fase I, analisa-se as tarefas da Manutenção 4.0 para identificar os subcomponentes necessários. Na Fase II, localiza-se esses subcomponentes dentro da estrutura *MAPE-K*. Na Fase III, ampliamos os mecanismos de coordenação dos subcomponentes, que não será abordada no presente trabalho.

Desta forma temos na **Fase I** - determinação das tarefas necessárias. No estudo feito por Algabroun (2017), utilizou-se uma abordagem *top-down* para analisar as tarefas e identificar os

subcomponentes necessários. Este passo deve ser feito com um grande cuidado, uma vez que a seleção inadequada de subcomponentes pode levar a efeitos indesejáveis, como custos adicionais; assim sendo, Algabroun (2017) define as seguintes tarefas da Manutenção 4.0:

- O sistema deve ser capaz de detetar anormalidades na saúde dos ativos, bem como outros elementos de produção relevantes;
- Em caso de anormalidades, o sistema deve ser capaz de identificar o dano e suas causas, estimar a gravidade do dano e o tempo restante;
- O sistema deve ser capaz de sugerir a ação mais lucrativa e o tempo de manutenção;
- O sistema deve ser capaz de executar automaticamente as ações de manutenção ou apoiar a execução (por exemplo, fornecer informações relevantes para realizar as ações de manutenção) para os problemas em que as ações automáticas ainda são impossíveis do ponto de vista tecnológico;
- O sistema deve ser capaz de melhorar continuamente e otimizar decisões e ações de manutenção;
- Informações relevantes e em tempo real devem ser apresentadas de forma significativa para o pessoal certo.

Agora, analisa-se essas tarefas para identificar os subcomponentes relevantes. Para que o sistema de manutenção execute as tarefas acima descritas, o sistema deve poder recolher dados relevantes para detetar anormalidades na saúde do ativo. Portanto, um subcomponente que recolha e armazena dados para detetar anormalidades é necessário. Em seguida, são necessários três subcomponentes para detetar anormalidades, identificar suas causas e prever a deterioração dos componentes. Além disso, são necessários dois subcomponentes que determinam a gravidade da anomalia de um componente e seu estado de saúde. Dois outros subcomponentes foram identificados para determinar planos de manutenção e selecionar um plano mais alinhado com os objetivos da empresa. Para construir e executar o plano selecionado, é necessário um subcomponente para construir o plano em detalhe e outro para executar. Finalmente, dois subcomponentes foram identificados para interação do usuário, isto é, apresentar dados e controlar o sistema (por exemplo, inserir novos objetivos). Concluindo, os subcomponentes identificados pelo autor são:

- *Update Data;*
- *Abnormality Detector;*
- *Diagnosis;*
- *Predict & Prognosis;*

- *Health Evaluator;*
- *Severity Evaluator;*
- *Possible TACs (Time-Action-Consequence);*
- *TAC Selector;*
- *Plan Constructor;*
- *Execute Plan;*
- *Update Manager;*
- *User Interface.*

E na **Fase II** tem-se a alocação de cada um dos subcomponentes identificados no quadro genérico com base na sua função - figura 2.12:

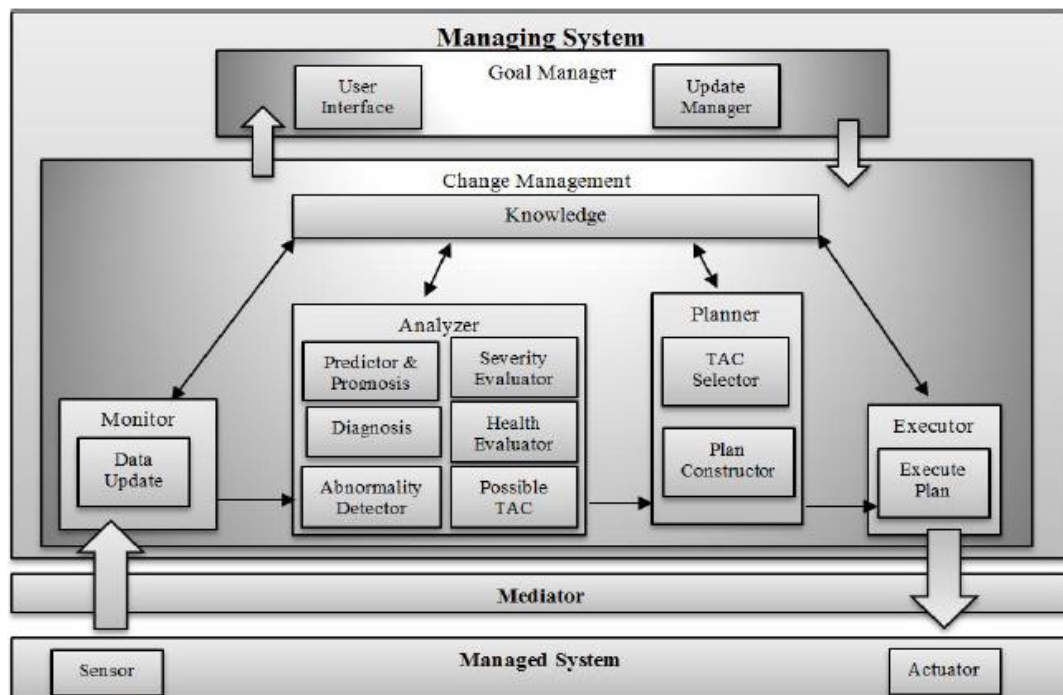


Figura 2.12 - Estrutura proposta para a Manutenção 4.0 (Fonte: Algabroun, 2017)

De seguida, é feita uma descrição de cada subcomponente:

- *Update Data:* coleciona dados relevantes, por exemplo, processar dados, CM (Monitoramento de Condição) de máquinas, etc. e atualizar o Conhecimento (Knowledge);
- *Abnormality Detector:* deteta anormalidades no processo de produção e saúde dos ativos usando dados atuais e passados relevantes, por exemplo, CM

(Monitoriamento de Condição), dados do processo, histórico de desempenho, dados da máquina intermediária, KPI, etc;

- *Diagnosis*: Identifica anormalidades porque usa dados do *Abnormality Detector* e outros dados relevantes, histórico de desempenho, dados da máquina intermediária, etc;
- *Predictor & Prognosis*: descreve o potencial comportamento de deterioração de um componente num futuro próximo, bem como o desenvolvimento da anormalidade no tempo. As entradas são informações do *Diagnosis*, Conhecimento e experiências atuais sobre o processo de deterioração, bem como os dados atuais e passados relevantes para a condição da máquina;
- *Severity Evaluator*: avalia e classifica o impacto de uma anormalidade no sistema gerenciador e nos objetivos da empresa. Os *inputs* provêm do *Diagnosis*, *Predictor & Prognosis* e outras informações para avaliar o impacto, segurança, custo, etc;
- *Health Evaluator*: avalia o estado de saúde do sistema gerenciador quando a gravidade avaliada pelo *Severity Evaluator* excede um nível predeterminado. O estado saudável, ou seja, o estado em que não há danos/problemas, geralmente é anunciado como um estado padrão. A avaliação baseada na configuração do sistema deve ser visualizada para o usuário final. A entrada vem do *Severity Evaluator* e outros dados relevantes, taxas de deterioração, CM (Monitoriamento de Condição), histórico de *desempenho*, etc;
- Possíveis *TAC's (Time-Action-Consequence)*: Para selecionar o plano mais económico/conveniente (ou seja, as suas consequências estão mais alinhadas com os objetivos estratégicos), todos os planos alternativos com suas consequências devem ser conhecidos. Os possíveis *TAC* geram todas as alternativas e suas possíveis consequências, ou seja, os tempos alternativos (T) para fazer a ação (A) e estimar suas consequências (C). As entradas são dados relevantes do conhecimento, horários de produção, manutenção pessoal e disponibilidade de peças de *stock*, dados económicos, etc.
- Seletor *TAC*: Classifica e em seguida seleciona o melhor *TAC* cujas consequências estão mais alinhadas com os objetivos estratégicos. Isso é feito usando dados de Possíveis *TAC's* e os objetivos definidos pelo *Goal Manager*;
- *Plan Constructor* – criar instruções detalhadas e etapas de adaptação que devem ser executadas pelo executor;
- *Update*: se o *Goal Manager* inserir novos objetivos estratégicos para o sistema, o *Update* impõe estes novos objetivos corretamente para evitar erros e conflitos;
- *User Interface*: fornece aos usuários finais o acesso ao *Managing System* para alterar metas ou outros usos.

Segundo Algabroun (2017), um projeto de Manutenção 4.0 num ambiente deste tipo é desafiador, pois a Indústria 4.0 caracteriza-se por um nível de integração relativamente alto entre diferentes áreas de trabalho. O quadro proposto fundamentado no *MAPE-K* fornece uma diretriz para começar; simplificando as tarefas da Manutenção 4.0. O *framework* possui três fontes de informação principais: o CM (Monitoramento de Condição) das máquinas, as instruções definidas pelos usuários finais através do *Goal Manager* e do componente de Conhecimento (Knowledge). Esses *inputs* são utilizados para fornecer três saídas principais: decisões de manutenção, ações e informações para usuários finais ou outros sistemas. O desempenho de uma estrutura deste tipo mostra um fluxo que fornece todas as informações necessárias aos usuários e executa as tarefas necessárias. Em geral, há uma interdependência, ou seja, a maioria dos componentes/subcomponentes desencadeia o próximo.

Com a complexidade tecnológica que advém da Indústria 4.0, a concepção de sistemas de manutenção pode ser um desafio. O quadro proposto serve como um guia para a concepção da Manutenção 4.0. A abstração do quadro proposto abrange diferentes domínios de trabalho. É importante notar que o subcomponente na estrutura proposta é definido com base na sua funcionalidade e a especificação técnica é deixada aos engenheiros para decidir durante o projeto Algabroun (2017).

Capítulo 3

A Empresa

Neste Capítulo é feita uma breve apresentação da empresa prestadora de serviços de manutenção, dando a conhecer os mais variados serviços prestados na área da engenharia industrial, área esta onde é integrado o tema desta dissertação. No final deste capítulo é feita uma abordagem à Norma Portuguesa 4492, a qual especifica os requisitos que os prestadores de serviços de manutenção devem de possuir para estarem aptos a realizarem da melhor maneira possível a sua atividade.

3.1. A empresa prestadora de serviços

A empresa para a qual se pretende desenvolver o modelo de aplicação de gestão de ativos é líder mundial em serviços de inspeção, verificação, testes e certificação e conta com 90 mil colaboradores em todo o mundo e 2 mil escritórios e laboratórios. O início da sua atividade remonta aos finais dos anos 70 do séc.XIX, o que ao longo de todo este tempo tem vindo a adquirir um vasto *know-how* nas mais variadas áreas da indústria, tais como:

- Automóvel;
- Aviação;
- Química;
- Construção;
- Energia;
- Produção Industrial;
- Petróleo e gás;
- Minas;
- Entre outras.

Em todas as áreas de atuação, esta empresa preza por oferecer uma vantagem competitiva, melhorando a qualidade, reduzir custos e riscos, permitir velocidade de comercialização, melhorar a segurança, eficiência, a produtividade e sustentabilidade, gerindo sempre confiança por parte dos seus clientes.

3.2. A Engenharia Industrial

Uma das áreas desta empresa e na qual se baseia este trabalho, é a engenharia industrial. Neste campo oferece um completo *portfolio* de serviços, com experiência efetiva e comprovada bem como com uma sólida reputação, equipa constituída por técnicos altamente qualificados e apoiada por uma rede mundial de laboratórios acreditados. Desde o sector da Construção Civil e Obras Públicas, até ao sector da Energia, passando pela execução de todo o tipo de Inspeções Técnicas, a empresa detém todas as condições técnicas e estruturais para prestar o melhor dos serviços com rapidez e eficiência. Assim sendo, as suas áreas de intervenção são as seguintes:

- Energia
 - Energia convencional;
 - Energia renovável;
 - Transmissão e distribuição.

- Petróleo e gás
 - *Upstream*;
 - *Midstream*;
 - *Downstream*.
- Construção
 - Transportes;
 - Água;
 - Minas;
 - Edifícios;
 - Materiais.
- Produção Industrial
 - Componentes;
 - Equipamentos & Máquinas;
 - Sistemas Integrados;
 - Instalações.

Em todas estas áreas a empresa presta os seguintes serviços:

- Ensaio Não Destrutivo;
- *Supply Chain Services*;
- Supervisão de projeto;
- Ensaio de Materiais;
- Cedência de Técnicos Especializados;
- Higiene e Segurança;
- Certificação de Produto;
- Gestão de Ativos.

Nos serviços prestados, destacam-se as seguintes áreas abaixo descritas.

3.2.1. Construção

A Construção representa um dos maiores sectores de atividade na nossa economia, com impactes inegáveis no desenvolvimento do país, nas condições de trabalho e no meio ambiente. Para responder a todos estes desafios, a empresa recorre às suas competências centrais e à sua equipa de técnicos especializados, oferecendo soluções sustentáveis a todos os níveis, entre os quais, sociais, ambientais e económicos.

Principais serviços

- Gestão global de execução de empreitadas;
- Revisão de projetos de estruturas e de especialidades;
- Estudos geotécnicos;
- Consultoria ao projeto e à direção da obra;
- Fiscalização da obra (civil, mecânica, elétrica, instrumentação);
- Coordenação de segurança em projeto e em obra;
- Elaboração de Planos de Segurança e Saúde (PSS) em projeto;
- Análise de risco aos estaleiros;
- Controlo da qualidade da obra;
- Controlo da qualidade dos materiais;
- Controlo da execução da obra;
- Certificação da Sustentabilidade dos Edifícios.

3.2.2. Edifícios

Todos os aspetos relacionados com a sua construção, manutenção, segurança e conforto dos Edifícios influenciam diretamente o meio ambiente, o retorno do investimento efetuado, assim como a nossa saúde. Esta empresa atua em todas as fases de vida de um Edifício, com o objetivo de garantir níveis mínimos de qualidade, desde a construção até à reabilitação/demolição.

Principais Serviços

- *Facility Management*;
- Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios (SCE);

- Estudo de patologia de construção;
- Inspeção regulamentar em estruturas, infraestruturas;
- Planos de manutenção preventiva/inspeção;
- Planos de emergência internos;
- Análise de risco às instalações, aos estaleiros e aos postos de trabalho;
- Auditorias de segurança passiva;
- Avaliação do comportamento térmico e acústico;
- Ensaios termográficos a instalações elétricas, fachadas e coberturas;
- Auditorias energéticas;
- Qualidade ambiental em interiores;
- Monitorização de radiação de antenas de telecomunicações.

3.2.3. Inspeções Técnicas

O objetivo das Inspeções Técnicas, além do cumprimento da legislação, é melhorar a competitividade das empresas, alcançando um nível ótimo de rentabilização dos seus recursos e da sua frota de equipamentos.

Principais Serviços

- Inspeção a redes e ramais de distribuição de gases combustíveis;
- Inspeção de instalações de Gás;
- Inspeção API Tanques;
- Apreciação e aprovação de projetos de instalações de gás;
- Inspeção a instalações de gases combustíveis;
- PED (Diretiva 23/97 CE);
- Certificação ASME;
- Planos de manutenção;
- Inspeção de equipamentos sob pressão (DL 90/2010);
- Inspeção de equipamentos de trabalho (DL 50/2005);
- Metrologia de volumes: cisternas, tanques e contadores;
- Entidade Inspetora de Combustíveis;

- Qualificação de soldadores (processos de soldadura e máquinas);
- Ensaios Não Destrutivos;
- Gestão de Ativos (Gestão Inspeções, Gestão da manutenção, Inventariação, Cadastro e revalorização de Ativos).

3.2.4. Ensaios Não Destrutivos

A empresa detém um Laboratório de Ensaios Não Destrutivos, onde se incluem técnicas convencionais e técnicas avançadas de acordo com normas internacionais, através de inspetores qualificados, de forma a assegurar um correto diagnóstico dos seus ativos, otimizando assim a gestão da manutenção dos mesmos, a segurança das instalações e pessoas. Possuem uma gama completa de ensaios não destrutivos que cobre as necessidades quer para construções novas quer para instalações em serviço, tais como:

- Técnicas convencionais (Radiografia, Líquidos penetrantes, Partículas Magnéticas, Ultrassons);
- *Time Of Flight Diffraction (TOFD) & Phases Array (PA)*;
- *Guided Waves*;
- *Eddy Currents*;
- RMS2;
- MFL;
- Radiografia Digital (DR + CR);
- *X-Ray Crawler* e inspeção de *pipelines* por AUT;
- Termografia de Infravermelhos.

3.2.5. Supply Chain Services

- Avaliação e qualificação de fornecedores:
 - Auditorias de capacidade técnica de fornecedores;
 - Avaliação de propostas técnicas e comerciais;
 - Gestão de contratos.

- Inspeções de terceira parte QA/QC:
 - Verificação da qualidade de materiais, componentes e produtos;
 - Análise de procedimentos de QA/QC;
 - Assistência e validação de ensaios (ex: *Factory Acceptance Tests* (FAT));
 - Controlo de documentação, certificados, quantidades, *packing* e marcação;
- *Expediting* (escritório e obras):
 - Avaliação de capacidades dos fornecedores para cumprimento das obrigações contratuais;
 - Avaliar a viabilidade das propostas de *timings* do fornecedor;
 - Detecção e análise de áreas críticas do planeamento de fornecedores;
- Inspeção e supervisão de operações de carga e descarga;
- Inspeções de pré-embarque;
- Supervisão do comissionamento de unidades.

3.2.6. Supervisão de Projetos

- Planeamento de projeto;
 - *Site assessment*;
 - Revisão de projeto.
- *Lender's engineer*:
 - *Technical due diligence*;
 - *Project monitoring*.
- Apoio à negociação / processo de consulta:
 - Elaboração de cadernos de encargos/análise de cadernos de encargos;
 - Gestão dos processos de compras e apoio à negociação técnica.
- Supervisão de projeto:
 - *Owner's engineer*;
 - Planeamento de recursos para projeto;
 - Supervisão de custos e planeamento (*Expediting*);
 - Gestão Qualidade, Ambiente e Segurança.

- *Site acceptance tests:*
 - Aprovação de testes;
 - Supervisão de comissionamento;
 - Revisão de projeto - *as built e report*;
 - Receção de certificados de trabalhos de construção.
- Operações:
 - Análise de performance;
 - Apoio à gestão do processo de operação e manutenção;
 - Gestão da manutenção.

3.2.7. *Cedência de Técnicos Especializados*

Esta empresa sustém os seus clientes, oferecendo uma vasta gama de técnicos qualificados, nas mais diversas áreas de competência da engenharia e ciclo de vida do produto. A sua rede global conta com mais de 250.000 profissionais com experiência em todos os setores de atividade, apoiados por *softwares* avançados e customizados à medida das necessidades dos clientes.

- *Industria target:*
 - Energia;
 - Óleo/gás;
 - Petroquímica;
 - Transporte,
 - Marítima;
 - Construção e manutenção.
- Áreas de especialização incluem:
 - Geologia;
 - Inspeção;
 - QA/QC;
 - Projeto;
 - Gestão de projetos;
 - Tecnologias laboratoriais;
 - Engenharia de construção e comissionamento;

- HSST;
- Ambiente;
- Ensaio;
- Entre outras.

3.3. Requisitos para a prestação de serviços de manutenção

Por vezes o insucesso das intervenções de manutenção provém da falta de conhecimento por parte de alguns compradores de serviços de manutenção e da falta de qualidade de alguns prestadores de serviços de manutenção. Para colmatar estas falhas, as empresas prestadoras de serviços de manutenção necessitam de melhorar a sua organização, dinamizar as suas equipas, de ter em conta as solicitações dos seus clientes e melhorar o seu desempenho. Para ajudar estas empresas nestes aspetos existem as Normas NP EN 4492 (2010) – ‘*Requisitos para a prestação de serviços de manutenção*’, a qual fornece os pontos essenciais para as empresas mitigarem os seus riscos. Segundo esta Norma ‘*a necessidade da certificação de prestadores de serviços de manutenção resulta da perceção do impacto que esta atividade tem no desempenho global das empresas, nomeadamente, mas não exclusivamente, na sua competitividade, na qualidade do produto final e no cumprimento de prazos*’.

Como tal, esta Norma tem como objetivos:

- Definir os requisitos por forma a que os prestadores de serviços de manutenção ofereçam aos seus clientes soluções que se alinhem com as suas necessidades e objetivos;
- Constituir um referencial com vista à certificação de prestadores de serviços de manutenção e seu controlo periódico por auditorias efetuadas por uma entidade credenciada;
- Apoiar os prestadores de serviços de manutenção, fornecendo-lhes um meio que permita reconhecer os seus esforços, distinguindo-os dos seus concorrentes;
- Fazer da qualidade dos serviços de manutenção um critério permanente e transparente para o comprador, incentivando a implementação do conceito de Custo do Ciclo de Vida em substituição do Custo de aquisição, e um vetor de promoção comercial e de competitividade para a empresa prestadora de serviços;
- Fomentar o estabelecimento de um mecanismo de auto-regulação do próprio mercado, proporcionando o incremento da competência e inovação.

Desta forma, os requisitos apresentados por esta Norma são os tópicos abaixo descritos.

3.3.1. Organização

O prestador de serviços de manutenção deve:

- Estabelecer objetivos e metas para o desempenho da sua atividade;
- Estabelecer os processos necessários e sua aplicação ao longo da organização;
- Estabelecer os critérios e métodos necessários para assegurar que tanto a execução com o controlo destes processos seja eficaz;
- Assegurar a disponibilidade de recursos e informação necessários para suportar a execução e supervisão destes processos;
- Supervisionar, medir (quando aplicável) e analisar estes processos;
- Implementar as ações necessárias para obter os resultados planeados e a melhoria contínua destes processos.

A empresa também deve de ter uma gestão de informação adequado à complexidade da atividade realizada, de forma a garantir os seguintes pontos:

- Assegurar as adequadas condições ambientais e a segurança física, lógica e pessoal através de:
 - Instalação ou armazenamento do *hardware* em locais que cumpram as especificações dos fabricantes;
 - Instalação ou armazenamento do *hardware* em locais de acesso condicionado a pessoas devidamente identificadas e autorizadas;
 - Instalação de sistemas de proteção de dados;
 - Estabelecimento e implementação da gestão adequada de acessos locais ou remotos às aplicações assegurando a utilização de funcionalidades apenas por pessoas devidamente instruídas e autorizadas.
- Definir e implementar soluções para *disaster recovery*;
- Estabelecer, implementar e manter um ou mais procedimentos para assegurar a recuperação de aplicações e registos – cópias de segurança;
- Definir e implementar a adequada manutenção corretiva e preventiva dos sistemas de informação, nas suas componentes de *hardware* e *software* que permita assegurar os níveis de fiabilidade pretendidos.

A Norma NP EN 4492 (2010) também exige que a documentação da empresa prestadora de serviços deve de incluir;

- Procedimentos documentados e registos requeridos na Norma NP EN 4492;
- Documentos, incluindo registos, por si determinados como necessários para assegurar o planeamento e a operação, assim como o seu controlo eficaz;

Esta documentação poderá existir em qualquer suporte e deve de ser assegurada a sua recuperação e legibilidade.

Para o controlo de documentos, o prestador de serviços deve estabelecer, implementar e manter um ou mais procedimentos documentados para definir os controlos necessários:

- Para aprovar os documentos quanto à sua adequação;
- Para atualizar e rever os documentos quando necessário e para os reaprovar;
- Para assegurar que as versões relevantes dos documentos estão disponíveis nos locais de utilização;
- Para prevenir a utilização indevida de documentos obsoletos e para os identificar de forma apropriada se forem retidos para qualquer propósito.

A Norma também impõe que todos os registos devem de ser controlados, em que o prestador de serviços de manutenção deve de estabelecer um procedimento documentado para definir os controlos necessários para identificação, armazenagem, proteção, retenção e destino dos registos, em que estes devem manter-se legíveis, prontamente identificáveis e recuperáveis.

3.3.2. Oferta de serviços

O prestador de serviços de manutenção deve de declarar o âmbito da sua oferta de prestação de serviços, uma forma completa e detalhada, tanto quanto possível. Para cada tipo de serviço deve de associar a sua existência aquando da prestação do serviço, e assim assegurar a qualidade do serviço proposto. Deve ainda de demonstrar a experiência e resultados da sua atividade, pelo que deve manter atualizada uma lista de referências dos serviços prestados e a respetiva documentação que ateste a qualificação e/ou certificação para a prestação desses serviços.

3.3.3. Recursos humanos

O prestador de serviços deve definir um quadro de pessoal que garanta a qualidade do serviço e é de sua responsabilidade, entre outros:

- Definir os perfis necessários e respetivas competências do pessoal para assegurar as atividades de manutenção com eficácia;
- Proporcionar formação ou empreender outras ações que satisfaçam estas necessidades;

- Assegurar que as competências necessárias à boa execução do serviço foram adquiridas;
- Estar em conformidade com as exigências regulamentares em matéria de habilitações.

3.3.4. Recursos materiais

As instalações do prestador de serviços de manutenção devem corresponder às necessidades de gestão e operacionalidade do seu portfólio de serviços. As áreas oficinais, logísticas e administrativas devem ser otimizadas respeitando também critérios de produtividade, custo, higiene e segurança. Em relação ao parque de máquinas, ferramentas e instrumentos, a Norma refere que o prestador de serviços deve corresponder às necessidades de operacionalidade da sua oferta de serviços e a sua gestão deverá ser assegurada através do cumprimento de exigências legais, regulamentares e regras de operacionalidade que permitam a otimização das existências e a qualidade do serviço prestado, tais como:

- Existência de um cadastro e de um inventário atualizado das máquinas, ferramentas e instrumentos;
- Existência de cadernos documentação e registos de utilização e/ou calibração atualizados;
- Implementação de um plano de manutenção adequado para as máquinas, ferramentas e instrumentos;
- No caso de máquinas e instrumentos cedidos pelo cliente o prestador de serviços deve integrá-los nos seus procedimentos;
- Entre outros.

3.3.5. Elaboração de propostas

Segundo a NP EN 4492 (2010), na elaboração da proposta, o prestador de serviços deve ter em conta:

- Os requisitos explicitados pelo potencial cliente;
- As exigências legais e regulamentares aplicáveis ou relacionadas com as atividades incluídas nos serviços a prestar;
- A disponibilidade dos recursos necessários à realização da prestação de serviços, incluindo pessoal qualificado para o desempenho de funções regulamentadas.

Em relação ao conteúdo da proposta, esta deve incluir:

- O âmbito da prestação dos serviços, incluindo sempre que aplicável, os serviços adicionais a prestar como por exemplo, a gestão das garantias dos equipamentos;
- As características dos serviços a prestar;
- A sua duração e planeamento;
- A sua renovação se aplicável;
- O preço e as condições de faturação/pagamento;
- A afetação e qualificação dos técnicos;
- Os relatórios ou comunicação periódica de informação ao cliente, relacionada com o serviço prestado, estabelecendo a sua periodicidade e descrito o seu conteúdo mínimo;
- As evidências necessárias à demonstração do cumprimento das exigências legais e regulamentares aplicáveis à prestação de serviços, nomeadamente de qualidade, de ambiente e de segurança.

3.3.6. Compras de bens, equipamentos e serviços

O processo de compra deve ser documentado, em que a especificação de compra deve descrever o produto a ser comprado, incluindo especificações, normas, documentos e condições de entrega. No que toca à compra de serviços (subcontratação), as informações enviadas para a consulta de entidades a subcontratar devem incluir as exigências legais ou regulamentares bem como os do cliente; o contrato também deve de indicar explicitamente o responsável pela gestão de resíduos produzidos no decurso da subprestação dos serviços e a prestação do serviço subcontratado é da responsabilidade do prestador de serviços, em que este deve estabelecer e implementar procedimentos para monitorizar e avaliar o desempenho do subcontratado.

3.3.7. Gestão de contratos de prestação de serviços de manutenção e controlo de gestão

O controlo de gestão deve ser aplicado à medição e monitorização dos contratos de prestação de serviços da manutenção e estes contratos devem estabelecer entre o contratante e o prestador de serviços de manutenção um quadro de referência no âmbito dos serviços contratados, em que o âmbito da prestação dos serviços deve estar definido e as opções de fornecimento devidamente identificadas. Na gestão dos contratos, deve de ser ter em conta os seguintes fatores:

- Avaliação e mitigação de riscos, tais como flutuações de preços e perturbações no aprovisionamento;

- Implementação e documentação das revisões dos contratos.

3.3.8. Programa da qualidade

Segundo a NP EN 4492 (2010), o prestador de serviços deve realizar ações para eliminar as causas das não conformidades resultantes de verificações internas e/ou reclamações do cliente, de forma a não serem repetidas. Para isso, deve de ser estabelecido um procedimento documentado para definir requisitos de forma a:

- Rever as não conformidades;
- Determinar as suas causas;
- Avaliar a necessidades de ações que assegurem a não repetição das não conformidades.

Em relação à avaliação da satisfação do cliente, devem de ser estabelecidos métodos de obtenção e utilização da informação que permitam a monitorização dos indicadores de satisfação dos clientes.

3.3.9. Preparação, planeamento e controlo do prestador

Para o planeamento e a programação das intervenções, a Norma diz que a empresa prestadora de serviços deve elaborar um fluxograma que descreva as principais fases de execução do serviço e indique os pontos onde serão efetuadas ações de controlo interno ou externo.

O prestador de serviços deve proceder ao controlo do cumprimento da execução das intervenções, de acordo com o planeamento e programa de trabalhos, fornecendo ao contratante o relatório das intervenções.

3.3.10. Estudos de engenharia

O prestador de serviços de manutenção poderá recorrer a trabalhos técnicos de engenharia, sempre que solicitados pelo cliente, ou quando achar entender fazê-lo para salvaguardar a eficiência do seu trabalho.

3.3.11. Gestão de materiais e peças

O prestador de serviços deve:

- Estabelecer objetivos e metas no que diz respeito a compras, gestão de *stocks*,

armazenamento custos e definir responsabilidades dos intervenientes no processo de gestão de materiais e peças;

- Estabelecer procedimento para uma gestão de *stocks* adequada;
- Dispor de local adequado à armazenagem de matérias e peças.

3.3.12. Segurança, saúde e ambiente

O prestador de serviços deve verificar as condições de segurança do local da realização do trabalho e garantir a disponibilidade de meios de proteção necessários, e o pessoal envolvido na prestação de serviços de manutenção deve ter a formação e os conhecimentos adequados aos riscos específicos das tarefas a efetuar e o prestador de serviços deve garantir o cumprimento das exigências legais, regulamentares e do cliente quanto à segurança, saúde e ambiente.

3.3.13. Auditorias

O prestador de serviços deve realizar auditorias internas para determinar se os serviços de manutenção prestados estão conformes os requisitos da NP EN 4492. As responsabilidades e os requisitos para planear e conduzir auditorias e para reportar resultados e manter registos devem ser definidos num procedimento documentado.

3.3.14. Indicadores de desempenho – KPI's de controlo

Quando aplicável, a existência de indicadores de desempenho na atividade de prestação de serviços de manutenção constitui um fator determinante para o seu controlo e para o processo de melhoria continua. Desta forma, as relações cliente/prestador de serviços de manutenção devem ser suportadas por indicadores de desempenho.

Capítulo 4

Metodologias de Gestão de Ativos

No presente capítulo são feitas algumas abordagens a metodologias de gestão de ativos existentes, abordando no final a Norma Portuguesa 13269 a qual apresenta orientações tendo em vista a preparação de contratos para serviços de manutenção.

4.1. O&M Management

A gestão O&M refere-se à gestão com base na operação e manutenção. Esta gestão um componente crítico do programa geral. A função de gestão deve vincular as distintas partes do programa numa entidade coesa. Segundo Sullivan et al. (2010) o programa geral deve conter cinco funções muito distintas que compõem a organização: Operações, Manutenção, Engenharia, Treino e Administração - OMETA. Além de estabelecer e facilitar as ligações OMETA, os gestores de O&M têm a responsabilidade de interagir com outros gestores dos diferentes departamentos e fazer com que reduzam sempre os seus orçamentos. Os seus papéis também incluem funções de implementação do projeto, bem como a necessidade de manter a persistência do programa e seus objetivos.

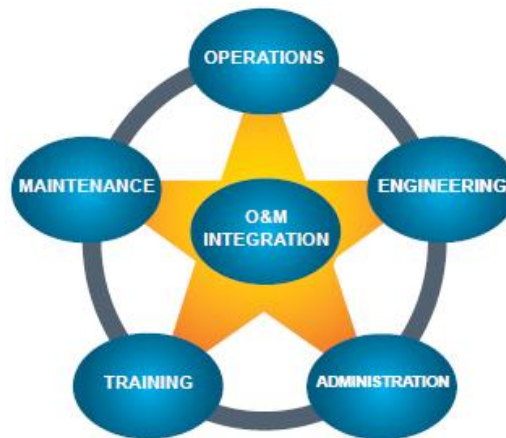


Figura 4.1 - Organização da gestão O&M (Fonte: Sullivan et al., 2010)

Cinco elementos bem definidos de um programa eficaz de O&M incluem os apresentados acima no conceito OMETA. Enquanto esses elementos, Operações, Manutenção, Engenharia, Treino e Administração, constituem a base para uma organização sólida de O&M, a chave reside nas funções bem definidas que cada um traz e nas ligações entre as organizações. Um subconjunto dos papéis e responsabilidades para cada um dos elementos é apresentado abaixo:

- **Operações**

- Administração - Para garantir a efetiva implementação e controlo de atividades de operação;
- Condução de Operações - Para assegurar operações de processo eficientes, seguras e fiáveis;
- Controle de *status* do equipamento - Para conhecer o *status* de todos os equipamentos;

- Conhecimento e desempenho do operador - Para garantir que o conhecimento e o desempenho do operador irão suportar a operação segura e fiável das instalações.

- **Manutenção**
 - Administração - Para garantir a efetiva implementação e controlo de atividades de manutenção;
 - Sistema de controlo de trabalho - Para controlar o desempenho da manutenção de forma eficiente e segura, de modo que o funcionamento económico, seguro e fiável das instalações seja otimizado;
 - Condução de manutenção - Realizar manutenção de forma segura e eficiente;
 - Manutenção Preventiva - Contribuir para o melhor desempenho e fiabilidade dos sistemas e equipamentos das instalações.
 - Procedimentos de manutenção e documentação - Fornecer instruções, quando apropriado, para o desempenho do trabalho e garantir que a manutenção seja realizada com segurança e eficiência.

- **Suporte de Engenharia**
 - Organização e Administração de Suporte de Engenharia - Para assegurar a implementação e o controlo do suporte técnico;
 - Modificações de equipamentos - Para garantir o bom projeto, revisão, controlo, implementação e documentação de mudanças no projeto de equipamentos em tempo hábil;
 - Monitoramento do desempenho do equipamento - Para realizar atividades de monitoramento que otimizam a fiabilidade e eficiência do equipamento;
 - Procedimentos de suporte de engenharia e documentação - Para garantir que os procedimentos e documentos de suporte fornecem uma direção apropriada e que eles suportam a eficiência e operações seguras do equipamento.

- **Treino**
 - Administração - Para garantir a implementação e controlo de atividades de treino;
 - Treino geral de funcionários - Para garantir que o pessoal da fábrica tenha uma compreensão básica das suas responsabilidades e práticas de trabalho seguras

e tenha o conhecimento e as habilidades práticas necessárias para operar na instalação de forma segura;

- Instalações e equipamentos de treino - Para garantir que as instalações de treino, equipamentos e materiais são as mais adequadas para as formações;
- Treino de Operadores - Para desenvolver e melhorar os conhecimentos e habilidades necessárias para desempenhar as funções de trabalho atribuídas;
- Treino da Manutenção - Desenvolver e melhorar os conhecimentos e as habilidades necessárias para desempenhar as funções de trabalho atribuída.

- **Administração**

- Organização e Administração - Estabelecer e assegurar a implementação efetiva de políticas e o planeamento e controlo de atividades de equipamentos;
- Objetivos da Gestão - formular e utilizar objetivos de gestão formal para melhorar o desempenho do equipamento;
- Avaliação da Gestão - Monitorizar e avaliar as atividades do posto para melhorar todos os aspetos do desempenho do equipamento;
- Planeamento e Qualificação de Pessoal - Para garantir que os cargos sejam preenchidos com indivíduos altamente qualificados;
- Segurança industrial - Para alcançar um alto nível de pessoal e segurança nas instalações.

Os gestores de O&M precisam de obter o apoio total da sua estrutura de gestão para realizar um programa de manutenção eficaz. Uma boa maneira de começar é estabelecer um plano de manutenção por escrito e obter a aprovação da administração. Esse programa de suporte de gestão é muito importante porque permite que as atividades necessárias sejam agendadas com a mesma prioridade que outras ações de gestão. Aproximar o O&M ao igualá-lo com o aumento da produtividade, eficiência energética, segurança e satisfação do cliente é uma forma de obter atenção e suporte da administração.

Ao projetar relatórios de gerenciamento, as métricas críticas usadas por cada sistema devem ser comparadas com um período base. Por exemplo, comparar o consumo mensal de energia em relação ao mesmo mês do ano anterior ou em relação ao mesmo mês num determinado ano base. Se os padrões de eficiência para um determinado sistema estiverem disponíveis, pode-se comparar o desempenho do sistema que se está a analisar com o de base. Os relatórios de gestão não devem atribuir culpa por falta de manutenção e sistemas ineficientes, mas sim motivar a melhoria da eficiência através de uma manutenção aprimorada.

Outra abordagem útil na solicitação deste tipo de gestão é o desenvolvimento de uma

declaração de missão de O&M. A declaração de missão não precisa ser elaborada ou detalhada. O objetivo principal é alinhar os objetivos do programa com os de gestão do local e procurar aprovação, reconhecimento e suporte contínuo. Declarações de missão típicas apresentadas para responder a questões críticas, poderão ser as seguintes:

- Quem somos nós como organização - especificamente, o relacionamento interno?;
- A quem servimos - especificamente, quem são os clientes?;
- O que fazemos - especificamente, quais atividades compõem as ações do dia-a-dia?;
- Como fazemos isso - especificamente, quais são as crenças e valores pelos quais operamos?;
- Finalmente, como medimos o sucesso - quais métricas que utilizamos (por exemplo, eficiência de energia/água, segurança, economia, etc.?).

Um elemento crítico no desenvolvimento da declaração de missão é o envolvimento da administração superior e da equipa das instalações. Uma vez envolvido, haverá "domínio" que pode levar à conformidade (equipa da instalação) e suporte (administração).

4.1.1. Medindo a qualidade do programa O&M

Geralmente, os gestores de O&M avaliam o seu programa com base na fiabilidade (*reliability*), pois qualquer gestor deste tipo de programa quer a fiabilidade das suas instalações. Porém, só este indicador não é suficiente para avaliar ou criar um programa O&M bem sucedido.

Além deste indicador, os gestores de O&M precisam ser responsáveis pelo controlo de custos, avaliação e implementação de novas tecnologias, relatórios sobre questões de saúde e segurança e expansão de seu programa. Para apoiar essas atividades, o gestor deve estar ciente dos vários indicadores que podem ser usados para medir a qualidade ou a eficácia do programa. Não só esses indicadores são úteis para avaliar a eficácia, mas também são úteis na fundamentação de custos de compras de equipamentos, modificações de programas e contratação de pessoal.

Abaixo estão alguns indicadores que podem ser utilizados para avaliar um programa deste tipo. Nem todos estes indicadores podem ser utilizados em todas as situações; no entanto, um programa deve usar o máximo de indicadores possíveis para melhor definir as deficiências e, mais importante, divulgar os sucessos; são eles:

- Fator de capacidade - Relaciona a operação real da fábrica/instalação ou do equipamento com a operação de plena capacidade deste mesmo equipamento ou fábrica. Esta é uma medida da operação real em comparação com a operação de utilização total;

- Ordens de trabalho geradas/fechadas - O acompanhamento das ordens de trabalho geradas e concluídas (fechadas) ao longo do tempo permite que o gestor compreenda melhor as cargas de trabalho e gira melhor a sua equipa;
- *Backlog* de manutenção corretiva - Um indicador de problemas da carga de trabalho e eficácia de programas de manutenção preventiva/preditiva;
- Registo de segurança - Frequentemente controlado por número de incidentes de perda de tempo ou número total de incidentes mencionáveis. Útil para obter uma imagem de segurança geral;
- Uso de energia - Um indicador chave do desempenho do equipamento, nível de eficiência alcançado e possível desgaste;
- Controlo do inventário - Uma contabilidade precisa de peças de reposição pode ser um elemento importante no controlo de custos. Uma recomposição mensal do inventário "nos livros" e "nas prateleiras" pode fornecer uma boa medida de práticas de controlo de custos;
- Horas-extras trabalhadas - Horas semanais ou mensais de horas extraordinárias trabalhadas, têm sempre implicações económicas;
- Registo ambiental - Acompanhamento dos níveis de descarga (ar e água) e situações de não conformidade;
- Taxa de ausência - Uma taxa de ausência alta ou variável pode ser um sinal de baixa moral dos trabalhadores e deve ser investigada. Além disso, uma alta taxa de ausência pode ter um impacto económico significativo;
- Rotatividade de pessoal - Altas taxas de rotatividade são também um sinal de baixa moral do trabalhador. Custos significativos são envolvidos na contratação e formação de novos funcionários. Outros custos incluem erros cometidos por pessoal recém-contratado que normalmente não teria sido feito por pessoal experiente.

Embora alguns indicadores sejam mais fáceis de quantificar do que outros, a Tabela 3 pode servir de guia para o acompanhamento e tendência de indicadores contra *benchmarks* da indústria (NASA, 2000).

Tabela 3 - Indicadores da industria O&M e seus benchmarks (Fonte: NASA, 2000)

Metric	Variables and Equation	Benchmark
Equipment Availability	$\% = \frac{\text{Hours each unit is available to run at capacity}}{\text{Total hours during the reporting time period}}$	> 95%
Schedule Compliance	$\% = \frac{\text{Total hours worked on scheduled jobs}}{\text{Total hours scheduled}}$	> 90%
Emergency Maintenance Percentage	$\% = \frac{\text{Total hours worked on emergency jobs}}{\text{Total hours worked}}$	< 10%
Maintenance Overtime Percentage	$\% = \frac{\text{Total maintenance overtime during period}}{\text{Total regular maintenance hour during period}}$	< 5%
Preventive Maintenance Completion Percentage	$\% = \frac{\text{Preventive maintenance actions completed}}{\text{Preventive maintenance actions scheduled}}$	> 90%
Preventive Maintenance Budget/Cost	$\% = \frac{\text{Preventive maintenance cost}}{\text{Total maintenance cost}}$	15% – 18%
Predictive Maintenance Budget/Cost	$\% = \frac{\text{Preventive maintenance cost}}{\text{Total maintenance cost}}$	10% – 12%

4.1.2. O&M para a gestão de topo

Para gerir com sucesso as atividades de O&M, os gestores deste tipo de programa precisam ser fluentes no ‘idioma’ falado pela administração. Os projetos e as propostas encaminhadas à gestão de topo precisam de ser competitivos com outros pedidos de financiamento. Embora os critérios de avaliação possam ser diferentes, geralmente serão utilizados alguns níveis de critérios económicos. Os gestores de O&M precisam ter um conhecimento útil dos indicadores económicos, tais como:

- *Payback* simples – É a relação do custo total instalado e a poupança no primeiro ano;
- Retorno sobre o investimento (*Return On Investment*) – É o rácio do rendimento ou poupança gerada e o investimento global;
- Valor presente líquido (*Net Present Value*) - Representa o valor atual dos fluxos de caixa futuros menos o custo inicial do projeto;
- Custo do ciclo de vida - Valor presente de todos os custos associados a um projeto.

4.1.3. Implementação do programa

Segundo o autor, desenvolver ou melhorar um programa de O&M requer paciência e persistência. As diretrizes para iniciar um novo projeto de O&M variam de acordo com a situação da atividade e da gestão de topo; no entanto, algumas etapas a serem consideradas são apresentadas abaixo:

- *Start small* - Escolher um projeto que seja gerenciável e possa ser concluído num curto período de tempo, de 6 meses a 1 ano;
- Selecionar equipamentos problemáticos - Escolher um projeto que tenha visibilidade por causa de um histórico problemático;
- Minimizar o risco - Escolher um projeto que proporcione resultados imediatos e positivos. Este projeto precisa de ser bem sucedido e, portanto, o risco de falha deve ser mínimo;
- Mantenha registos precisos - Os registos precisos, são críticos para comparar antes e depois dos resultados;
- Todo o sucesso - Considere desenvolver um "muro de realização" e localizá-lo num sítio bem visível, onde a administração tomará conhecimento do sucesso do desenvolvimento do projeto;
- Desenvolver esse sucesso - Gerar o sucesso, reconhecer os envolvidos, divulgá-lo e solicitar mais dinheiro/tempo/recursos para o próximo projeto.

4.1.4. *Persistência do programa*

Um programa saudável de O&M está continuamente em crescimento, nem sempre em equipa, mas em responsabilidade, capacidade e realização. A gestão de O&M deve estar atenta ao destacar as capacidades e as realizações dos seus funcionários.

Finalmente, para ser sustentável, um programa deste tipo deve ser visível além dos seus gestores. A persistência na facilitação das ligações e relacionamentos OMETA permite uma maior visibilidade do programa O&M noutras organizações.

4.2. Método de Fornecimento de Serviços de Manutenção

Este método proposto por Spira et al (2007) é realizada por um *outsourcing* de manutenção. É utilizada uma abordagem estruturada, processos e procedimentos únicos, soluções individualmente personalizadas, estratégias de manutenção definidas, reduzindo assim a complexidade, adicionando maior foco e melhor desempenho e a um custo reduzido. Como resultado, o desempenho é aumentado. Ao mesmo tempo, os custos são diminuídos, aumentando assim o lucro.

A utilização deste método de manutenção baseada em negócios melhora o desempenho para que a lucro da fábrica seja aumentada entre 10 a 50% e os custos de manutenção sejam reduzidos entre 10 a 30%. O este método poderá ser útil numa variedade de indústrias, incluindo fábricas automóvel, produtos químicos, mineração, serviços postais, papel, aço e tratamento de água.

De acordo com o presente método, o cliente vem junto com o provedor em um alinhamento para avançar em direção a objetivos de negócios através de um contrato baseado em desempenho. Os objetivos comerciais do cliente são considerados, então um pacote exclusivo é desenvolvido para atingir esses objetivos. O desenvolvimento da estratégia cria uma parceria focada em um resultado *Win/Win* para ambas as partes.

Os contratos baseados em desempenho são usados para reforçar o alinhamento entre as partes e garantir que o *Win/Win* aconteça. Os contratos baseados em desempenho fazem parte integrante da parceria. Nesse entendimento, os relatórios para o empreiteiro são medidos por indicadores-chave de desempenho e refletem o sucesso da relação entre as partes. A natureza dos principais indicadores de desempenho dependerá do tipo de contrato e dos objetivos do negócio e são acordados em consulta com o cliente. Num contrato de *outsourcing* para a manutenção integral de uma fábrica, estes indicadores poderão incluir segurança, disponibilidade da fábrica e custos operacionais reduzidos. A ponderação dos componentes individuais depende da sua importância para o negócio do cliente.

O presente método utiliza o que é referido como um plano de *fitness*, conforme mostrado na figura 4.2:

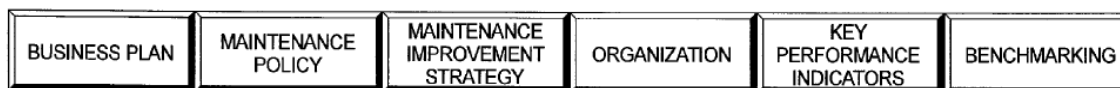


Figura 4.2 - Fluxograma de acordo com o método criado (Fonte: Spira et al., 2007)

Primeiro, desenvolve-se um plano de negócios, que alinha a manutenção aos objetivos de negócios. É desenvolvido a nível executivo e comunicado a todos. Em seguida, uma política de manutenção é desenvolvida, que estabelece as regras para a realização de manutenção. É definido conjuntamente pela produção, engenharia e manutenção. Depois disso, desenvolve-se uma estratégia de melhoria de manutenção, que determina em conjunto as estratégias necessárias para melhorar o desempenho das instalações e reduzir os custos, estabelecendo a organização ideal para atender ao plano, minimizando a sobrecarga. São desenvolvidos indicadores-chave de desempenho que medem o desempenho em relação aos requisitos-chave. Por último, o *Benchmarking* é realizado para medir o desempenho em relação a outros concorrentes. Assim, o presente método proporciona uma abordagem de seis passos para implementar um plano *fitness* para fábricas.

O uso deste método resulta numa mudança na confiabilidade (*reliability*). Em vez de manutenção reativa que entra em operação quando há uma falha, este método adota uma abordagem de confiabilidade pró-ativa, com esquemas preventivos e um alto grau de planejamento e agendamento. A tecnologia e análise de manutenção preditiva são utilizadas em vez de um alto grau de manutenção não programada. Em vez de estratégias de curto prazo de menos de um ano, desenvolvem-se estratégias de melhoria de manutenção a longo prazo,

colocando pessoal bem treinado para os devidos serviços a efetuar. A previsibilidade dos custos aumenta, os sistemas inadequados são substituídos, a análise da causa da falha é realizada, medições detalhadas e relatórios substituem o relatório inadequado e uma forte liderança é implementada. Isso resulta tanto em um aumento da produtividade quanto em um aumento da confiabilidade.

Os resultados reais são entregues, incluindo o aumento da capacidade dos ativos fixos existentes, custos reduzidos tanto para produção quanto para manutenção, melhoramento no tempo de entrega de produtos e *stock* reduzido.

Para ajudar um cliente a determinar onde eles se encontram na escala de manutenção reativa/pró-ativa, uma mudança de operações de manutenção é conduzida, quer após uma visão estratégica ou uma análise aprofundada. O resultado da revisão é usado para determinar como proceder; assim, este método proporciona uma abordagem sistemática.

O plano de negócios, a política de manutenção e os insumos da estratégia de melhoria estão vinculados aos componentes reais da fábrica para produzir o plano de manutenção. O plano constitui a base do sistema de gestão de manutenção e define ações de manutenção, frequências e métodos para cada parte da fábrica.

Conforme ilustrado na figura.4.3, este método permite ao cliente escolher o pacote que melhor se adequa às suas necessidades, desde o *outsourcing* total até os serviços especializados individuais.

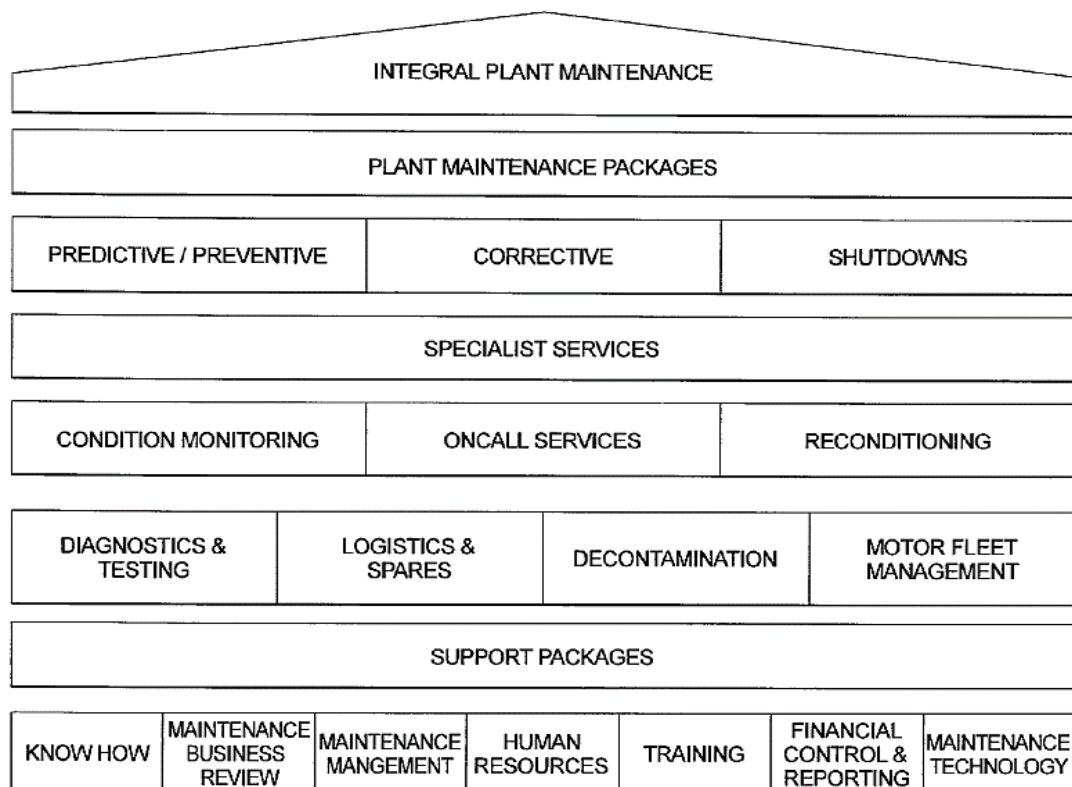


Figura 4.3 - Ilustração esquemática de uma estrutura geral de um plano de manutenção da uma fábrica (Fonte: Spira et al., 2007)

A manutenção integral da fábrica é fornecida por *outsourcing* total, por exemplo, de equipamentos elétricos, equipamentos mecânicos e construção de instalações, incluindo: desenvolvimento e otimização de estratégias, manutenção baseada em condições preditivas, manutenção preventiva, manutenção corretiva, *shutdowns* planejados, gestão de *stocks*, gestão de mão-de-obra, implementação de sistemas de gestão de manutenção e otimização. Todos estes estão alinhados às necessidades dos clientes através de contratos baseados em desempenho. Em relação aos serviços especializados, estes aproveitam a experiência do fornecedor, incluindo: monitoramento de condição, vibração, termografia, ultrassom, análise de óleo, corrente do motor e alinhamento; bem como serviços de chamada para mau funcionamento do equipamento; serviços de recondicionamento para motores, mudanças, transformadores, compressores e outros equipamentos; diagnósticos e testes de alta tensão para circuitos eletrônicos; logística e gestão de *stocks* de peças, que minimizam o capital de investimento. Isto permite ao cliente não só a competir ao mais alto nível por um período prolongado, mas também com confiabilidade do desempenho, exigindo para isso um objetivo claro, um plano de treino com uma estratégia de melhoria para manter a competitividade, juntamente com uma equipa de suporte e indicadores do desempenho do cliente e dos seus concorrentes.

Uma vez que cada estrutura precisa de uma base sólida, a manutenção não é exceção. A base, conforme mostra a figura 4.3 constitui pacotes de suporte que proporcionam benefícios ao cliente. Os pacotes de suporte incluem gestão de manutenção que fornece desenvolvimento e otimização de estratégias, desenvolvimento de políticas e sistemas. Uma revisão da atividade de manutenção é um pacote de suporte adicional através do qual uma marca de *Benchmark* da organização atual é realizada e utilizada para construir um plano de melhoria. O *Know-how* é um pacote de suporte que garante que as melhores práticas e a experiência sejam compartilhadas.

Todos os aspetos do trabalho de manutenção são suportados de acordo com este método. A manutenção de uma instalação industrial requer uma combinação de habilidades e recursos para atender às diferentes necessidades do negócio. Por exemplo, a manutenção de primeira linha do dia-a-dia, incluindo o trabalho corretivo de emergência, limpeza, ajuste e monitoramento da saúde das instalações é fornecido. A manutenção de rotina planeada numa base corretiva, preventiva, preditiva e de confiabilidade também é fornecida, bem como interrupções importantes para a revisão ou modificação da instalação. Assim, este método fornece soluções personalizadas para atender às necessidades do cliente. Isso inclui o uso do pessoal operacional do próprio cliente para realizar a totalidade ou parte da primeira linha, incluindo inspeções, lubrificação e outras atividades.

Este método pode ser usado no fabrico de automóveis, produção química, processamento de gás e coleta, mineração, pesquisa nuclear, indústrias de petróleo e gás, mineração de carvão aberto, fabrico de papel, telecomunicações, centrais térmicas e tratamento de água e esgoto, entre outras indústrias. É versátil, pois fornece serviços de manutenção integrada personalizados que abrangem todos os tipos de instalações e equipamentos, independentemente do fabricante e tecnologia envolvidos. De acordo com o presente método, é assumida a responsabilidade total

pela manutenção de tudo ou apenas parte das instalações, serviços de emergência são fornecidos para compensar a escassez de mão-de-obra e avarias, e é fornecida consultoria e otimização de manutenção.

A solução de negócios fornecida pela organização é adaptada às necessidades do cliente e pode utilizar os recursos do fornecedor ou integrar os recursos deste com a força de trabalho existente, numa nova estrutura; o fornecedor dos serviços de manutenção vê a manutenção como um negócio principal, fornecendo uma competência básica no campo que produz uma implementação mais rápida.

Os contratos individualmente personalizados podem definir a extensão dos serviços a serem prestados, a transferência de pessoal, o bônus relacionados ao desempenho, definir a responsabilidade pelas operações das instalações, entre outros. A distribuição de peças de *stock* e o serviço pós-venda também estão disponíveis numa rede de distribuição internacional de peças de reposição que estão disponíveis em caso de necessidade urgentes em caso de avaria.

4.3. Modelo Abrangente e Integrado de Gestão de Ativos Industriais

A fim de elaborar um modelo de aplicação de gestão de ativos com base nas Normas ISO 55000 para conceber uma metodologia que possa ser aplicada em casos específicos da empresa prestadora de serviços, abordou-se o Modelo Abrangente e Integrado de Gestão de Ativos Industriais (MAIGAI) criado por Martins (2015). Segundo este, 'a importância da existência de um modelo com estas características, surgiu devido ao facto do mesmo poder vir a contribuir para uma melhor compreensão do papel da engenharia, e da sua envolvente, no contexto da gestão de ativos de uma organização industrial.'

Com este tipo de modelo pretende-se a integração funcional entre as áreas com papel de maior relevância numa unidade industrial, onde se inclui e centraliza o papel da engenharia, permitindo com o modelo gráfico uma interpretação visual dos seus elementos, criando uma ideia de quem visualiza a imagem. O MAIGAI é uma imagem pouco abstrata, permitindo uma melhor compreensão, considerando-se o processo de comunicação visual como um modo de formação que disponibiliza informação, através dos seus elementos gráficos e dados relevantes da sua envolvente, como se pode ver pela figura 4.4.

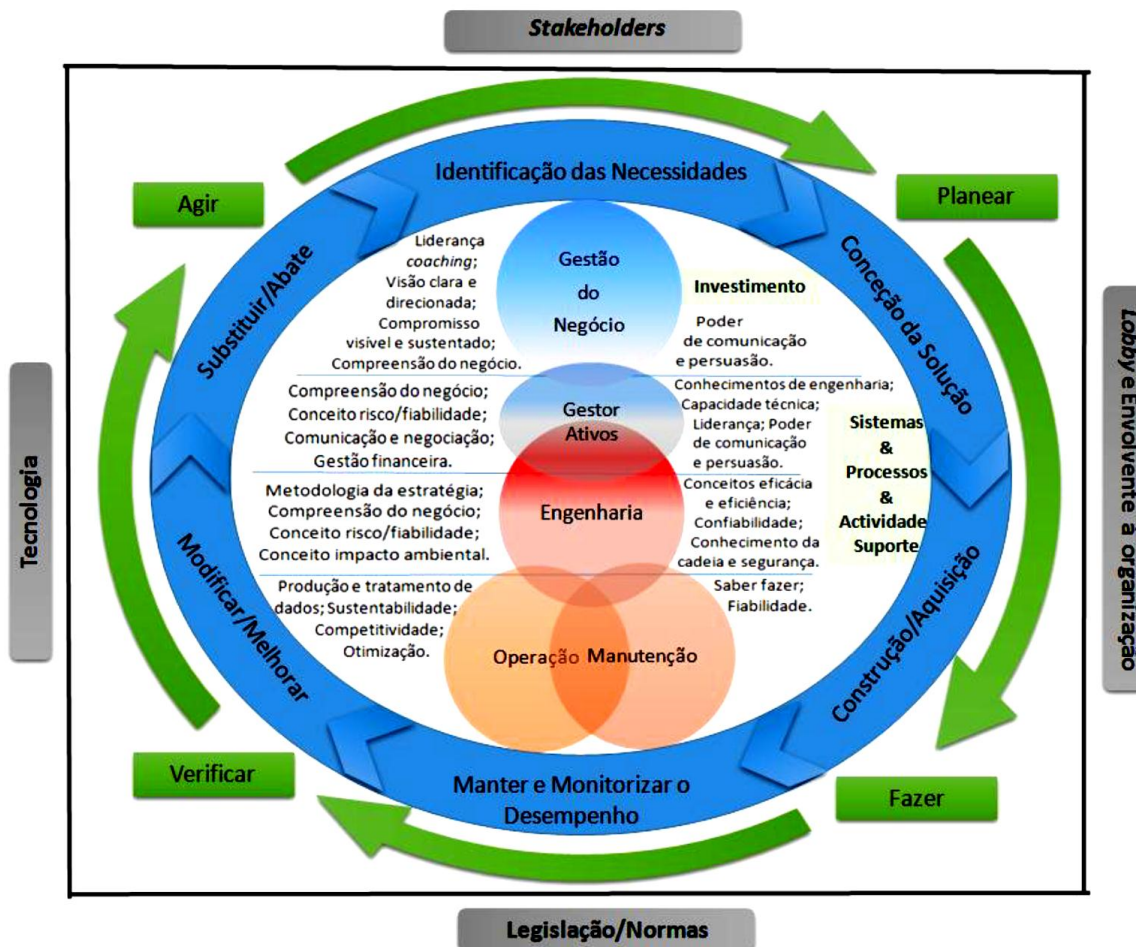


Figura 4.4 – MAIGAI (Fonte: Martins, 2015)

Neste modelo, Martins (2015) considerou os seguintes níveis principais para um modelo de uma organização industrial:

- Gestão do Negócio;
- Engenharia;
- Operação e Manutenção;
- O papel, fundamental, do Gestor de Ativos.

A estes 4 níveis, foram considerados também o Ciclo de *Deming*, também conhecido por PDCA, e os 4 apoios para a gestão de ativos na envolvente externa, sendo eles:

- *Stakeholders*;
- Tecnologia;
- Legislação/ Normas;
- *Lobby* e Envolvente à organização.

4.3.1. O papel do gestor de negócios

Para Martins (2015), existem quatro características de elevada importância no papel do gestor de negócios, sendo elas:

- Visão direcionada, clara e estilo;
- Liderança;
- Compromisso visível e sustentado;
- Boa capacidade de comunicação.

Para além destas características, o mesmo autor considera também os seguintes atributos:

- Integração dos esforços ambientais, em todos os aspetos da organização, que pode ser cumprida através de uma elevada prioridade por parte da gestão;
- Comunicação interna adequada;
- Envolvimento de todos os sectores e funções da empresa;
- Coordenação de grupo, com outros projetos e outras iniciativas da organização;
- Participação ativa da gestão, estabelecendo estratégias e objetivos;
- Responsabilidade na gestão pelas medidas ambientais e a sua coordenação, baseadas no ciclo de vida, bem como de outras iniciativas e prioridades na organização;
- Ser fonte de inspiração para assegurar a motivação e a disponibilidade de ferramentas simples; Motivar e dar a conhecer, tornando visíveis os resultados das medidas ambientais;
- Ser o embaixador da empresa, com vista à divulgação das medidas ambientais, junto dos parceiros da cadeia do produto;
- Processamento dos dados durante a avaliação ambiental ou a avaliação do ciclo de vida;
- Capacidade de delegação e ser entusiasta.

4.3.2. O papel do gestor de ativos

Para o autor desta metodologia, existem sete atividades em que os gestores de ativos estão envolvidos, sendo elas:

- Política de desenvolvimento;
- Estratégia de desenvolvimento;
- Planeamento da gestão de ativos;

- Concretização dos planos;
- Desenvolvimento de competências;
- Gestão de risco;
- Gestão de informações sobre recursos.

As características mais importantes que um gestor de ativos deve de incluir são:

- Compreensão do negócio;
- Compreensão do conceito risco/fiabilidade;
- Comunicação e negociação;
- Conhecimentos sólidos de gestão financeira.

O autor refere ainda que é de elevada importância ter vantagens competitivas tais como:

- Liderança;
- Conhecimentos de engenharia;
- Poder de Comunicação e Persuasão;
- Capacidade técnica.

O gestor de ativos deve de fazer uma análise dos dados, pois uma sólida análise de dados auxilia a otimização da disponibilidade, confiabilidade e facilidade de manutenção dos ativos, em que tem-se os seguintes exemplos (Martins, 2015):

- Tarefas PM – *Planned Maintenance* concluídas para programar;
- Tarefas reativas concluídas dentro de tempos de resposta e de retificação;
- Falhas recorrentes;
- Ativos sem viabilidade económica - eliminar ou restaurar;
- Análise do relatório de avaliação do estado do ativo;
- Tempo médio entre falhas significativa;
- Tempo médio significativo para reparar;
- Análise preditiva com tendência de falha;
- Confirmação ou ajuste da previsão do ciclo de vida;
- Avaliação da adesão ao caderno de encargos de serviços de manutenção

subcontratada.

Ainda de acordo com Martins (2015), o gestor de ativos terá como responsabilidades a supervisão do desempenho e/ou condição dos ativos, pesquisas com clientes e reuniões de gestão do contrato. A monitorização e a medição da gestão de ativos pressupõe controlar os seguintes aspetos:

- As medidas pró-ativas de desempenho, que supervisionem o cumprimento, legislação aplicável, exigências regulamentares, estatutárias e outras;
- As medidas reativas de desempenho que supervisionem as deteriorações relativas ao imobilizado, falhas, incidentes, não-conformidades e outras evidências históricas de desempenho de ativos;
- A gravação de dados e resultados de monitorização e medição, suficiente para facilitar a subsequente ação preventiva e corretiva.

O gestor de ativos tem ainda como responsabilidades:

- Verificar se o sistema de gestão de ativos está a funcionar como pretendido;
- Apurar se os ativos e/ou sistemas de ativos estão a funcionar conforme o necessário, por exemplo, saída, confiabilidade, disponibilidade, condições, etc.;
- Se estão a ser cumpridos os planos de gestão de ativos e legislação aplicável, regulamentar, legal, e outros requisitos.

4.3.3. O papel da Engenharia

Segundo Martins (2015), a engenharia tem um papel fundamental na sua metodologia, e tem como principais características:

- Metodologia da estratégia;
- Conceito risco/fiabilidade;
- Conceito impacto ambiental;
- Compreensão do negócio.

Outras vantagens competitivas para este departamento serão:

- Conceitos eficácia e eficiência;
- Confiabilidade;

- Conhecimento da cadeia;
- Impacto de segurança.

4.3.4. O papel da operação e manutenção

De acordo com Martins (2015), a importância da Operação e Manutenção surge como fator do aumento da produtividade e competitividade das empresas, em que há a necessidade do conhecimento sobre a implementação das tecnologias, métodos e técnicas de manutenção que permitam assegurar a correta operacionalidade dos ativos físicos, com vista a obter o máximo rendimento do investimento, ao prolongar a sua vida útil e ao mantê-los em operação o máximo tempo possível. O mesmo autor considera as seguintes características como qualidades para a operação e manutenção:

- Atenção aos detalhes;
- Melhoria contínua;
- Trabalho de equipa;
- Fiabilidade.

4.4. Contratos de Manutenção

Para auxiliar os contratos de manutenção entre prestadores de serviços e os contratantes existem as Normas NP EN 13269 – *‘Instruções para a preparação de contratos de manutenção’*, em que apresenta orientações para a preparação de contratos para serviços de manutenção. Esta Norma tem como objetivo (NP EN 13269 (2007)):

- Promover o relacionamento entre o contratante e o fornecedor de serviços e estabelecer entre ambos um quadro de referência para os serviços de manutenção;
- Melhorar a qualidade dos contratos de manutenção para que os conflitos e alterações sejam minimizados;
- Determinar o âmbito dos serviços de manutenção e identificar as opções para o seu fornecimento;
- Assistir e aconselhar na esquematização, organização e negociação de contratos de manutenção e na definição de regras em caso de conflito;
- Identificar tipos de contratos de manutenção e recomendar a atribuição de direitos e deveres entre as partes do contrato incluindo riscos;
- Simplificar comparações entre contratos de manutenção.

E pode ser aplicada a (NP EN 13269 (2007)):

- Relações entre contratantes e fornecedores de serviços de manutenção nacionais ou estrangeiros;
- Toda a gama de serviços de manutenção incluindo o planeamento, a gestão e o controlo;
- Todo o tipo de equipamento com exceção de programas informáticos, a menos que este seja sujeito a manutenção como parte integrante e em conjunto com o equipamento técnico.

4.4.1. Atividades de manutenção e fases do contrato de manutenção

Estas atividades poder divididas entre aquelas que são necessárias executar antes e depois da assinatura do contrato. Como tal, no caso das atividades do pré-contrato, estas podem incluir:

- Identificação do serviço requerido;
- Definição de uma política de manutenção e uma estratégia para a sua implementação;
- Decisão se um serviço de manutenção será executado internamente ou se será contratado externamente;
- Decisão sobre o tipo de contrato de manutenção apropriado e a preparação das especificações necessárias;
- Identificação dos fornecedores de serviços que têm capacidade para executar as tarefas requeridas;
- Preparação do contrato;
- Lançamento do concurso e/ou a negociação de um preço;
- Análise das propostas recebidas e seleção do fornecedor de serviços vencedor.

No caso das atividade contrato, estas consistem nas ações a executar, quer pelo fornecedor de serviços, quer pelo contratante, após assinatura do contrato. Entre as ações do fornecedor de serviços, poderão estar incluídos os seguintes pontos:

- Fornecimento de recursos humanos, materiais e equipamentos para executar o serviço adjudicado por contrato, podendo incluir a subdivisão dos trabalhos em tarefas discriminadas;
- Preparação de um plano de trabalhos e a sua execução de acordo com esse plano e com os requisitos do contrato;

- Apresentação de justificativos para pagamento;
- Gestão das possíveis alterações ao contrato.

As ações do contratante poderão incluir:

- O controlo orçamental do contrato e validação dos justificativos apresentados pelo fornecedor de serviços para pagamento;
- A autorização de trabalhos extraordinários que poderão ser necessários ou de outras alterações ao contrato;
- O pagamento;
- Entre outras.

4.4.2. Proposta de estrutura e conteúdo do contrato

Esta Norma apresenta um quadro com a listagem dos elementos importantes num contrato de serviços de manutenção e o seu conteúdo.

Capítulo 5

Caso de Estudo

Este Capítulo contém o caso de estudo efetuado tendo em conta o objetivo do trabalho, onde se faz uma breve abordagem a assuntos fundamentais para o desenvolvimento deste capítulo, tais como os reservatórios sob pressão e seus constituintes, seus modos de falha, os Códigos *ASME*, bem como *Key Performance Indicators* que poderão ser utilizados na metodologia em questão.

5.1. Equipamentos sob pressão

Com base na Seção VIII do Código ASME, os equipamentos sob pressão (ESP) são recipientes para armazenamento ou processamento de fluidos em condições de contenção de pressão, interna ou externa - figura 5.1. Esta pressão pode ser obtida a partir de uma fonte externa, ou pela aplicação de calor a partir de uma fonte direta ou indireta, ou qualquer combinação dos casos anteriores. A gama de utilização deste tipo de equipamentos é ampla, especialmente na indústria química, petrolífera e energética. Estes equipamentos armazenam principalmente líquidos ou gases a alta pressão e temperatura e, muitas vezes, materiais perigosos. Por esse motivo, o *design* e manutenção deste tipo de equipamentos é regulado por especificações rigorosas (Solticzky, 2017).



Figura 5.1 - Exemplo de um reservatório de pressão (Fonte: inspection-for-industry.com/pressure-vessel-inspections.html)

Segundo Pereira (1985), tanques, depósitos, cisternas, reservatórios, etc, são equipamentos que se destinam à armazenagem de fluidos, mas em casos excepcionais poderão ser utilizados para armazenar sólidos. Segundo o mesmo autor, é difícil apresentar uma classificação sistemática dos tanques porque podem-se distinguir quanto à forma, pressão, etc. No entanto, o mesmo adianta que de uma maneira geral, os tanques para líquidos viscosos são cilíndricos e os tanques para fluidos que, à temperatura e pressão normais são gasosos, são esféricos ou no caso de serem cilíndricos, apresentam fundos copados. Neste último caso são colocados normalmente na horizontal exceto nos casos em que há falta de espaço ou outras limitações em relação à instalação. De uma forma geral, pode-se classificar os tipos de tanques e reservatórios da seguinte forma, como mostra a figura 5.2.

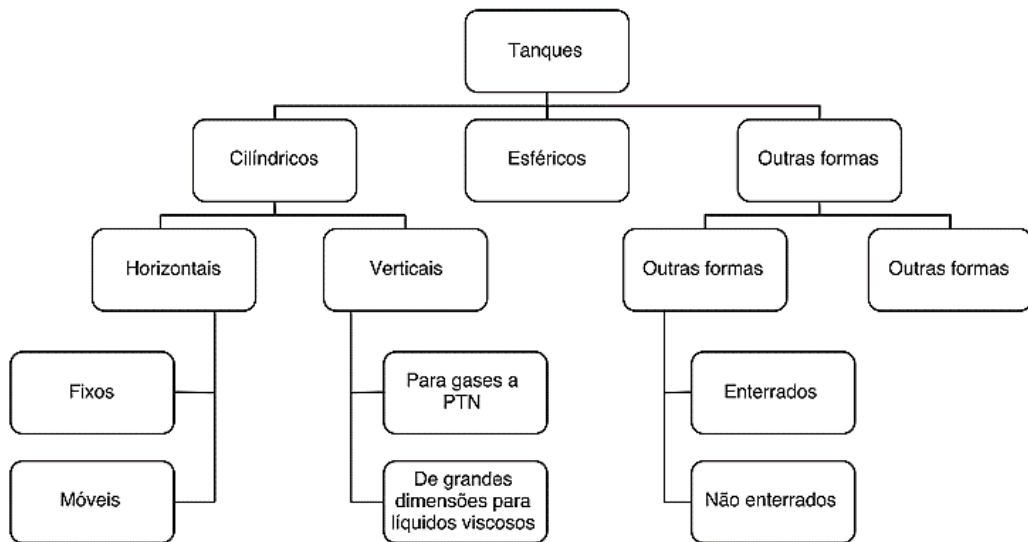


Figura 5.2 - Tipos de reservatórios sob pressão (Fonte: Pereira, 1985)

Outra distinção importante em relação a este tipo de equipamentos é a sua pressão de funcionamento, em que esta dita a espessura das paredes, que pode ser simples ou dupla. Neste último caso pode existir entre as duas paredes uma serpentina para aquecimento ou arrefecimento (Pereira, 1985).

Este tipo de equipamento é utilizado em quase todas as indústrias e com quase todos os fluidos. Existem tanques para os mais variados produtos químicos, mas os mais conhecidos são os que se destinam à armazenagem de produtos derivados do petróleo. Os tanques são aplicados na indústria do papel, têxtil, em sistemas de ar comprimido, armazenagem de água para diversos fins (combate a incêndios, abastecimento de indústrias, abastecimento de água tratada para caldeiras, etc.), também são utilizados para armazenagem de combustíveis nos postos de abastecimento em que estão enterrados, por razões de espaço e segurança (Pereira, 1985).

Todos estes tipos de tanques e reservatórios estão equipados com diversos acessórios, em que os principais são:

- Válvulas;
- Tubagens;
- Instrumentos:
 - Indicadores de temperatura e pressão;
 - Controladores de caudal;
 - Medidores de caudal.

5.1.1. Válvulas

As válvulas são dispositivos destinados a estabelecer, regular ou interromper a circulação de um fluido numa tubagem, em que podem ser roscadas, flangeadas, para soldar (topo a topo ou por encaixe) ou para intercalar entre flanges. São constituídas pelo corpo e pelo castelo, que se mantêm solidários através de uma ligação aparafusada ou roscada; no entanto, para diâmetros inferiores a 2", existem válvulas em que o corpo e o castelo são uma peça única. Os componentes sensíveis das válvulas são a sede (postiça ou integral com o corpo), o obturador e a haste (Marques, 1985).

Existem vários tipos de válvulas, podendo agrupar-se os vários tipos em cinco classes (Marques, 1985):

- Válvulas de isolamento – Destinam-se apenas a estabelecer ou interromper a circulação do fluido de modo que só devem de funcionar totalmente abertas ou fechadas. Caso contrário, não só introduzem uma elevada perda de carga, como também poderão dar origem a cavitação e/ou erosão que pode levar à destruição do obturador e da tubagem próxima. Exs: válvula de cunha, comporta e guilhotina; válvula de macho esférico ou cónico; válvula de borboleta.
- Válvulas de regulação – Servem para regular o caudal de fluido que as atravessa podendo para isso o obturador ser colocado em qualquer posição. Exs: válvulas de globo e agulha; válvula de diafragma.
- Válvulas de retenção – Apenas permitem a passagem de fluido num sentido, fechando-se automaticamente sempre que haja tendência para a circulação no sentido oposto.
- Válvulas limitadoras de pressão a montante – Abrem automaticamente sempre que a pressão a montante atinge um determinado valor. Exs: Válvula de segurança; válvula de alívio.
- Válvulas reguladores de pressão a jusante – Abrem e fecham automaticamente de modo a manter a pressão a jusante tanto quanto possível dentro de um determinado valor.

Em relação às formas de operação deste tipo de equipamentos, existem três formas, sendo elas:

- Manual;
- Motorizada;
- Automática.

As válvulas de regulação e isolamento são geralmente de operação manual. No entanto, no caso de válvulas de grandes dimensões, em locais inacessíveis ou comandadas por instrumentos, podem ter comando automático de um dos três tipos seguintes:

- Hidráulico;

- Pneumático;
- Elétrico.

No último caso, ainda se pode distinguir duas situações:

- Atuação por motor elétrico que aciona a haste da válvula através de um redutor;
- Atuação por solenoide, em que um campo magnético atrai a haste abrindo ou fechando a válvula.

As válvulas de retenção, de segurança e alívio, e as reguladoras são de operação automática, pois funcionam sem qualquer intervenção exterior. Passemos agora para a análise de alguns tipos de válvulas mais utilizadas:

- Válvula de cunha – O obturador destas válvulas tem a forma de uma cunha (maciça ou formada por duas peças que se encaixam entre si e se ajustam livremente na sede), vedando em duas superfícies. Mesmo assim, não se consegue garantir uma perfeita estanquicidade nestas válvulas, existindo geralmente uma pequena fuga. Só devem ser empregues com fluidos limpos, pois de outro modo os sedimentos ou as partículas em suspensão depositam-se na sede o que piora a vedação. Estas válvulas são de fecho lento, sendo esta uma vantagem quando se pretende evitar golpes de aríete.
- Válvulas de comporta ou guilhotina – É semelhante a uma válvula de cunha, mas o obturador tem faces paralelas. Um caso particular são as válvulas de conduta, em que o obturador é uma placa circular com um orifício do diâmetro da conduta.
- Válvula de macho cónico – Trata-se de uma válvula de fecho rápido porque este ocorre apenas em $\frac{1}{4}$ de volta do macho – tronco de cone que possui um orifício perpendicular ao eixo. Existem dois tipos:
 - Com lubrificação – Injeta-se massa lubrificante através da parte superior da haste;
 - Sem lubrificação – A sede é constituída por um material macio (borracha ou PTFE – Politetrafluoretileno, mais conhecido por *teflon*), o que proporciona uma boa vedação.
- Válvula de macho esférico – É semelhante ao anterior, só que neste caso o obturador é uma esfera. O orifício pode ter um diâmetro igual ou inferior ao da tubagem; estas válvulas são bastante utilizadas para diâmetros inferiores a 2” em virtude do menor custo, peso e volume que estas ocupam quando comparadas com as restantes válvulas de isolamento.
- Válvula de globo – O obturador destas válvulas tem a forma de um disco ou de um cone bastante achatado vedando numa única sede; podem trabalhar em qualquer posição do obturador, mas causam sempre uma forte perda de carga devido à mudança de direção que o fluido exerce quando as atravessa. Devem de ser instaladas de modo a que o

fluido passe pelo obturador de baixo para cima, o que reduz a pressão sobre o empanque e permite que este seja substituído com a válvula fechada.

- Válvula de agulha – Semelhante à anterior, mas em que o obturador tem a forma de um cone alongado o que permite regular com maior precisão o caudal de fluido.
- Válvula de purga de caldeira – É uma válvula muito robusta e com sede dupla ou tripla, pois está sujeita à pressão reinante no interior do barrilete. Destina-se a regular a quantidade de água que tem de ser drenada do interior daquele vaso para arrastar os sais dissolvidos, que dariam origem a corrosão das linhas de vapor.
- Válvula de borboleta – O obturador tem a forma de um disco que roda em torno de um eixo perpendicular à direção do escoamento. A vedação é boa, especialmente nas válvulas que possuem uma sede postiça num material macio.
- Válvula de diafragma – Estas válvulas tem uma vedação bastante boa e são utilizadas essencialmente para água e para fluidos tóxicos e corrosivos, dado que as suas partes móveis nunca estão em contato com o fluido. O obturador é constituído por um diafragma de um material resistente, estando preso ao castelo e é apertado de encontro à sede.

Segundo Pereira (1985), todos os tanques e reservatórios de pressão devem estar equipados com válvulas de segurança e de descarga que assegurem as condições de funcionamento normais. Nos casos em que o produto armazenado tenha efeitos corrosivos sobre as válvulas ou em que haja o perigo de fuga de gases tóxicos, deve usar-se discos de ruptura. As válvulas de segurança devem de estar calibradas para a pressão de trabalho máxima do depósito e a capacidade de descarga deve de ser regulada de modo a evitar uma subida de pressão superior a 10% acima dessa pressão de trabalho máxima. As restantes válvulas servem essencialmente para controlo dos caudais de entrada e saída do fluido.

É de maior importância a seleção da válvula indicada para cada uso e para cada fluido e respetivas condições de serviço (pressão e temperatura). Há muitos casos em que os fluidos são armazenados a pressões superiores àquelas a que vão ser utilizadas. Há por isso necessidade de instalar válvulas que reduzam e controlem a pressão do fluido. O controlo de pressão é feito através de diafragma que está, de um dos lados, sujeito à pressão que se pretende, e do outro está ligado a uma mola que comanda a válvula propriamente dita (Pereira, 1985).

Nas válvulas em que o castelo é independente do corpo, é necessária a existência de uma junta para garantir a vedação entre ambos. O tipo de junta depende, essencialmente, da pressão e do fluido, surgindo juntas de cartão, espirometálicas ou de anel. No entanto, em válvulas de alta pressão, encontra-se frequentemente um outro tipo de junta denominado autovedante, que quanto maior for a pressão, maior é a força que aperta a junta.

5.1.2. Tubagens

Os elementos de tubagem mais importantes são as juntas e as flanges. As juntas deverão ser flangeadas ou soldadas, em que deve de ser mantido um número mínimo possível de juntas e em casos especiais poderão usar-se mangueiras ou tubos flexíveis (Pereira, 1985).

Segundo o mesmo autor, uma tubagem ligada a um tanque cujo ponto de ligação esteja abaixo do nível do líquido no reservatório deve ter uma válvula de bloqueio junto ao bocal de ligação. Se a ligação estiver acima do nível do líquido, esta válvula não é necessária podendo instalar-se em seu lugar uma válvula de retenção. Independentemente da posição de entrada do tanque devem colocar-se sempre válvulas de bloqueio nos bocais das tubagens de vapor de lavagem ou outros de serviço eventual.

As tubagens ligadas aos respiros e drenos dos tanques têm sempre válvulas de bloqueio junto aos bocais. Nunca devem ser colocadas válvulas de bloqueio nos bocais das tubagens de saída de gases no topo, tubagens de escoamentos circulantes e tubagens ligadas a válvulas de segurança ou alívio.

Pereira (1985) defende ainda que, as tubagens devem ficar suficientemente afastadas dos instrumentos de medição e controlo de nível de modo a diminuir a perturbação causada nesses instrumentos pelo turbilhão de entrada. A entrada e saída dos vasos são colocadas afastadas uma da outra para evitar “curto-circuito” dentro dos mesmos. Para as tubagens de torres e outros vasos verticais devem ter, sempre que possível, só trechos verticais facilmente suportáveis pelo próprio tanque. Neste caso deve ter-se em atenção as dilatações do vaso e do tubo.

5.1.3. Instalações de válvulas e tubagens

As válvulas devem ser sempre instaladas de modo a permitir acesso fácil em caso de avaria. No caso de tanques suportados por saias nunca devem ser colocadas válvulas dentro destas. As válvulas devem de ser colocadas alinhadas com as tubagens e o eixo vertical das válvulas deve ser, sempre que possível, perpendicular ao eixo da tubagem. Quando isto não é possível, deve procurar-se a posição que melhor sirva uma boa operação (Marques, 1985).

5.1.4. Modos de falha

As principais anomalias verificadas neste tipo de equipamento são a corrosão interna, corrosão externa e a fissuração. Os principais acidentes são devidos ao sobreaquecimento, à sobrepressão e a erros na condução da tubagem.

A corrosão interna e externa devem ser periodicamente analisadas, pelo que deverão efetuar-se inspeções periódicas que levem á medição de espessuras e à eliminação dos pontos de corrosão. Em relação às fissuras, podem existir junto às soldaduras ou fora delas. Se existirem fora das zonas de soldadura, a principal ação a fazer é a retificação destas zonas fissuradas. A

maior parte das fissuras deverá assim desaparecer antes de se cair na espessura mínima de trabalho. Nas zonas de soldadura haverá, para além disso, que proceder a um posterior enchimento (Pereira, 1985).

5.2. Os Códigos ASME

Para o tipo de equipamentos como os que são aqui abordados, existem os Códigos *ASME* secção VIII que regulamentam a conceção, fabrico, inspeção e testes de tanques e reservatórios pressurizados. Estes códigos foram criados pela Associação Americana de Engenheiros Mecânicos – *American Society of Mechanical Engineers (ASME)* – no início do séc. XX, depois de ocorridos vários acidentes com equipamentos deste género nos Estados Unidos, por forma a padronizar todo o processo envolvido no fabrico e manutenção destes equipamentos a fim de evitar acidentes.

Esta secção do Código aborda os requisitos obrigatórios, proibições específicas e orientação não obrigatória para os materiais de reservatórios e tanques pressurizados, projeto, fabrico, inspeção, teste e certificação e está dividida em 3 partes, sendo elas:

- **Divisão 1** - fornece requisitos aplicáveis ao projeto, fabrico, inspeção, teste e certificação de recipientes sob pressão que funcionam em pressões internas ou externas superiores a 15 PSIG. Os requisitos específicos aplicam-se a várias classes de materiais utilizados na construção de recipientes sobre pressão, e também a métodos de fabrico, como soldadura, forjamento e brasagem. A Divisão 1 contém anexos obrigatórios e não obrigatórios que detalham critérios de projeto suplementares, testes não destrutivos e padrões de aceitação de inspeção. As regras relativas ao uso da marca de certificação *ASME* com os designadores U, UM e UV também estão incluídas.
- **Divisão 2** - os requisitos sobre materiais, conceção e testes não destrutivos são mais rigorosos do que na Divisão 1; no entanto, são permitidos maiores valores de intensidade de *stress* na conceção. As regras relativas ao uso da marca de certificação *ASME* com os designadores U2 e UV também estão incluídas.
- **Divisão 3** - estes requisitos são aplicáveis aos recipientes sob pressão que operam em pressões internas ou externas geralmente acima de 10000 psi. Também estão incluídas regras relativas ao uso da marca de certificação *ASME* com o designador U3, UV3 e UD3.

5.2.1. Inspeção

Os equipamentos sob pressão representam uma das categorias de componentes de maior importância na indústria de processo (petróleo, refinarias, petroquímicas, indústria química, etc.), trabalhando submetidos a condições operacionais rigorosas de forma ininterrupta durante largos

períodos de tempo sem paragens para inspeção e/ou manutenção. Como consequência de uma paragem programada por falta de manutenção ou inspeção, existem grandes perdas económicas e de produção e a ocorrência de falhas, por sua vez, podem conduzir a acidentes de proporções elevadas, danos materiais, ambientais. Assim, a inspeção e manutenção são atividades importantes no aumento de disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos e diminuição de custos de não produtividade. Os profissionais de manutenção e inspeção envolvidos na operação destes equipamentos utilizam todas as técnicas e recursos disponíveis para mantê-los em condições de segurança e de serviço previsto, prolongando a sua vida útil e minimizando a possibilidade de ocorrência de falhas (Silva et al, 2011). O mesmo autor diz-nos que são utilizadas diversas técnicas e métodos na inspeção e monitorização destes equipamentos e a escolha da técnica mais adequada deve ser realizada em função dos mecanismos de degradação presentes, dos tipos e dimensão de defeitos que se pretende detetar e dos materiais, (base e de soldadura), utilizados no fabrico dos equipamentos.

Segundo Kohan (1998), equipamentos como caldeiras e reservatórios pressurizados são fabricados com recurso a ligas de ferro e à exceção de alguns destes equipamentos que são fabricados com materiais como o ferro fundido, todos eles contêm partes em aço que são ligadas por soldadura. Ultimamente tem existido uma crescente exigência por pressões de serviço mais altas nestes equipamentos, o que requer melhores materiais bem como tecnologias de fabricação, sendo isto alcançado com novos tipos de liga, desgaseificação a vácuo nos processos de fabricação de aço, tratamento térmico, extensivos testes não destrutivos, elevados padrões de qualidade, entre outros. Desta forma, o controle de qualidade do processo de soldadura utilizado, por exemplo, e o controle da operação de soldadura foram significativamente melhorados dando uma maior ênfase em exigências mais rigorosas, inspeção e requisitos de documentação.

Segundo o mesmo autor, certos procedimentos têm que ser seguidos pelo fabricante ou reparador, de modo a assegurar que apenas materiais abrangidos pelos Códigos *ASME* são utilizados na construção de reservatórios pressurizados, sendo da responsabilidade do inspetor ajudar na implementação de um procedimento de controlo de qualidade a fim de assegurar que o código do material é o correto. Para isso, há extensivos requisitos de materiais, testes e marcações detalhadas na Secção II do Código *ASME* de Caldeiras e Recipientes Pressurizados, intitulado “Especificações de Materiais”, em que existem quatro partes nesta secção:

- Parte A: Materiais Ferrosos;
- Parte B: Materiais Não Ferrosos;
- Parte C: Varas de soldadura, elétrodos e metal de enchimento;
- Parte D: Tabelas de tensões admissíveis.

Os controlos podem incluir os seguintes pontos (Kohan, 1998):

- O material a ser utilizado no reservatório pressurizado deve ser especificado na secção do Código sob o qual o reservatório é construído. Por exemplo, no caso de uma caldeira de alta pressão, o material a ser utilizado tem que estar listado como material permitido na Secção I (Caldeiras – *Power Boilers*), ou dados sobre o material têm que ser apresentados de modo a mostrar que tem as mesmas propriedades físicas e químicas do material listado no Código.
- O fabricante do reservatório pressurizado geralmente encomenda das siderurgias o material permitido no Código, sendo as siderurgias responsáveis por fazerem os testes necessários para as especificações da Secção II do Código *ASME* para os reservatórios pressurizados.
- Os requisitos da Secção II para os testes que o fabricante do material tem de realizar, incluem o seguinte:
 - Análise química do aço para determinar se está dentro dos limites do Código para a especificação;
 - Testes para determinar se a estrutura do grão metalúrgico está dentro dos limites especificados pelo Código;
 - Inspeção da chapa, ou tubo para verificar se defeitos como buracos, escória, laminações, e qualquer outro tipo de imperfeições possam estar presentes e se estão dentro dos parâmetros permitidos pelo Código;
 - Testes de tensão e de dobra (*bend tests*) como estipulados no Código;
 - Testes de *Notch toughness* para verificar a resistência à fadiga;
 - Relatório por parte do fabricante do material de forma a assegurar que o material cumpre as especificações do Código; tem que ser certificado pela pessoa responsável pelo laboratório de testes.

À medida que o equipamento se torna mais antigo, métodos de previsão de vida são empregues para tentar prever a vida futura dos equipamentos, caso as peças desgastadas forem substituídas. Operadores, inspetores e pessoal da manutenção têm interesse neste ponto, pois pode haver alterações futuras no serviço dos equipamentos; existem muitas causas para a falha do material, entre as quais (Kohan, 1998):

- Distorção devido ao desgaste ou sobreaquecimento;
- Fraturas dúcteis e frágeis iniciadas por '*cracking*';
- Fissuras nas soldaduras;
- Fissuras causadas por fadiga;
- Corrosão;
- Abaulamento causado pelo aquecimento do material.

As principais responsabilidades do inspetor são (Waghare, 2011):

- Realizar todas as inspeções especificadas pelas regras da Divisão;
- Monitorizar o controlo de qualidade e os testes feitos pelo fabricante;
- Realizar outras inspeções que julgar necessárias para permitir que ele certifique que o equipamento foi projetado e construído de acordo com os requisitos;
- Verificar se os cálculos aplicáveis foram feitos e estão disponíveis no arquivo do fabricante;
- Qualquer questão levantada pelo inspetor relativa aos cálculos deve de ser resolvida.

Na inspeção e no ensaio o fabricante deve assegurar os seguintes pontos:

- Analisar todos os materiais antes do fabrico para garantir que eles tenham a espessura necessária, para detetar defeitos, para garantir que os materiais são permitidos pela Divisão e que a rastreabilidade para a identificação do material foi mantida;
- Identificar todo o material utilizado no fabrico dos equipamentos sob pressão, ou parte dele, se for caso disso;
- Documentação de testes de impacto quando tais testes são necessários;
- Exame das secções do corpo e cabeças para confirmar que foram devidamente concebidas nas formas especificadas dentro das tolerâncias permitidas.

Em Portugal existe o Decreto-Lei n.º 90/2010, que aprova o Regulamento de instalação, de funcionamento, de reparação e de alteração de equipamentos sob pressão em que se preveem os seguintes ensaios:

- **Ensaio de pressão** - O ensaio de pressão deve ser hidráulico e efetuado de acordo com o indicado no código ou norma de construção;
- **Ensaio de estanquicidade** – Este ensaio destina -se a verificar a existência de fugas nas ligações nos órgãos de acesso ao interior do ESP e nas válvulas;
- **A verificação e o ensaio dos órgãos de segurança e controlo** - Faz -se tendo em conta a sua importância, fiabilidade e eficácia, não só do ESP, mas do processo em que está inserido. A verificação dos órgãos de segurança e controlo destina -se a evitar que não sejam atingidos os estados limites de utilização para que o ESP foi concebido;

- **Os ensaios não destrutivos (END)** - Aplicam -se na deteção de defeitos e na caracterização dos materiais destacando-se as seguintes técnicas:
 - Os ultra-sons;
 - As partículas magnéticas;
 - Os líquidos penetrantes;
 - Os campos elétricos;
 - A radiografia;
 - A emissão acústica.

5.2.2. Certificação

A Marca de Certificação *ASME* é utilizada para indicar que os equipamentos estão de acordo com os requisitos da última edição dos Códigos *ASME* para reservatórios de pressão Secções I, IV, VIII Divisão 1, VIII Divisão 2, VIII Divisão 3, X ou XII, conforme aplicável. A Marca de Certificação *ASME* só pode ser usada por uma empresa que possua um Certificado de Autorização válido para usar a Marca de Certificação. O requisito de posse de uma Marca de Certificação oficial tem por objetivo salvaguardar o uso da Marca de Certificação quando o requerente certificar que o equipamento é construído de acordo com os requisitos do Código *ASME*. Não é intenção da *ASME* restringir indevidamente o uso da Marca de Certificação, mas sim prevenir o uso não autorizado em todas as circunstâncias (*ASME*, 2017). Segundo a mesma fonte, todos os candidatos são obrigados a completar e retornar à *ASME* o Acordo de Certificação/Certificação *ASME* completo. Os Certificados de Autorização para usar a Marca de Certificação *ASME* são emitidos por um período de três anos, exceto pelos Certificados H (ferro fundido e/ou alumínio fundido) da Seção IV e do Certificado de UM (*Miniature pressure vessels*) da Seção VIII, Divisão 1, que são válidos por um ano.

5.3. Indicadores de desempenho de manutenção – *KPI's*

A Norma NP EN 15341 descreve um sistema de gestão de indicadores (*KPI*) para medir o desempenho da manutenção, sob influência de diversos fatores tais como: económicos, técnicos e organizacionais, de forma a servirem para a avaliação e melhoria da eficiência e eficácia de forma a se atingir a excelência da manutenção dos bens imobilizados. A maioria destes indicadores aplica-se a todas as instalações industriais e serviços (edifícios, infra-estruturas, redes, etc). Estes indicadores deverão ser utilizados para (NP EN 15341 (2009)):

- Medir o estado;
- Estabelecer comparações (*benchmarking* interno e externo);
- Diagnosticar (análise de pontos fortes e fracos);

- Identificar objetivos e definir metas a alcançar;
- Planear ações e melhoria;
- Medir continuamente os resultados das modificações ao longo do tempo.

5.3.1. Sistema de indicadores

A Norma NP EN 15341 estrutura o sistema de indicadores em três grupos:

- Indicadores económicos;
- Indicadores técnicos;
- Indicadores organizacionais.

Estes indicadores são avaliados como a razão entre fatores, medindo atividades, recursos ou eventos, de acordo com uma fórmula específica, sendo estes indicadores utilizados para medir qualquer aspeto quantitativo ou característica, e podem auxiliar a gestão a:

- Definir objetivos;
- Planear estratégias e ações;
- Partilhar resultados a fim de informar e motivar as pessoas.

Estes indicadores podem ser influenciados por fatores que podem ser internos ou externos à organização, sendo que os fatores internos referem-se ao grupo, empresa, fábrica e instalações sob o controlo de gestão da empresa, mas fora do controlo da gestão da manutenção, enquanto que os fatores externos são as condições variáveis fora do controlo da gestão da empresa.

5.3.2. Indicadores

Nesta Norma os indicadores estão estruturados em níveis que representam a sua estrutura arborescente, sendo que os indicadores abaixo do nível 1 (nível 2 e 3) são descrições detalhadas de indicadores de nível mais elevado, e são numerados assim como forma de identificação e não para indicar a sua importância. De seguida, apresenta-se alguns exemplos deste tipo de indicadores:

Indicadores Económicos

- **Nível 1**

$$\frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Valor de substituição dos bens imobilizados}} \times 100 \quad (3)$$

$$\frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Valor acrescentado mais custos externos de manutenção}} \times 100 \quad (4)$$

$$\frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Custos de transformação da produção}} \times 100 \quad (5)$$

$$\frac{\text{Disponibilidade imputada à manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \quad (6)$$

- **Nível 2**

$$\frac{\text{Valor médio do inventário dos materiais de manutenção}}{\text{Valor de substituição dos bens imobilizados}} \times 100 \quad (7)$$

$$\frac{\text{Custo total com o pessoal interno (ou externo) da manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100 \quad (8)$$

$$\frac{\text{Custo total dos contratos}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100 \quad (9)$$

$$\frac{\text{Custo total da manutenção}}{\text{Total da energia utilizada}} \quad (10)$$

- **Nível 3**

$$\frac{\text{Custo da manutenção corretiva (preventiva, condicionada ou sistemática)}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100 \quad (11)$$

$$\frac{\text{Custo das ações de melhoria}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100 \quad (12)$$

$$\frac{\text{Custo das paragens programadas de manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100 \quad (13)$$

$$\frac{\text{Custo de formação da manutenção}}{\text{Efetivo do pessoal de manutenção}} \quad (14)$$

$$\frac{\text{Custo total da manutenção mecânica (elétrica ou instrumentação) contratada}}{\text{Custo total dos contratos da manutenção}} \quad (15)$$

Indicadores Técnicos

- **Nível 1**

$$\frac{\text{Tempo total de funcionamento (TTF)}}{\text{TTF} + \text{Tempo de indisponibilidade devido à manutenção}} \times 100 \quad (16)$$

$$\frac{\text{Tempo de disponibilidade durante o tempo requerido}}{\text{Tempo requerido}} \times 100 \quad (17)$$

$$\frac{\text{Número de avarias devidas à manutenção que causam danos ambientais}}{\text{Tempo de calendário}} \quad (18)$$

$$\frac{\text{Número de acidentes pessoais devidos à manutenção}}{\text{Tempo de trabalho}} \quad (19)$$

- **Nível 2**

$$\frac{\text{TTF}}{\text{Tempo total operação (TTO)} + \text{Tempo de indisponibilidade devido a avarias}} \times 100 \quad (20)$$

$$\frac{\text{TTF}}{\text{TTO} + \text{Tempo de indisponibilidade devido a manutenções programadas}} \times 100 \quad (21)$$

- **Nível 3**

$$\frac{\text{Tempo indisponibilidade por manutenção preventiva/sistemática/condicionada}}{\text{Tempo total de indisponibilidade devido a manutenção}} \times 100 \quad (22)$$

$$\frac{\text{Número de avarias que provocam acidentes pessoais}}{\text{Número total de avarias}} \times 100 \quad (23)$$

$$\frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{\text{Número de ordens de trabalho de manutenção que causaram indisponibilidade}} \quad (24)$$

Indicadores Organizacionais

• Nível 1

$$\frac{\text{Efetivo do pessoal interno de manutenção}}{\text{Efetivo interno total}} \times 100 \quad (25)$$

$$\frac{\text{Efetivo do pessoal de manutenção indirecta}}{\text{Efetivo do pessoal interno de manutenção}} \times 100 \quad (26)$$

$$\frac{\text{Efetivo do pessoal de manutenção indirecta}}{\text{Efetivo do pessoal de manutenção directa}} \times 100 \quad (27)$$

$$\frac{\text{Efetivo do pessoal de manutenção indirecta}}{\text{Efetivo do pessoal de manutenção directa}} \times 100 \quad (28)$$

$$\frac{\text{Horas de mão – de – obra para manutenção planeada e programada}}{\text{Total de horas de mão – de – obra disponível}} \times 100 \quad (29)$$

• Nível 2

$$\frac{\text{Horas mão – de – obra manutenção realizada por operadores produção}}{\text{Total de horas de mão – de – obra dos operadores de produção}} \times 100 \quad (30)$$

$$\frac{\text{Pessoal de manutenção directa trabalhando em turno}}{\text{Efetivo do pessoal de manutenção directa}} \times 100 \quad (31)$$

• Nível 3

$$\frac{\text{Tempo dispendido em manutenção correctiva de urgência}}{\text{Tempo total de indisponibilidade devido à manutenção}} \times 100 \quad (32)$$

$$\frac{\text{Horas de formação do pessoal interno de manutenção}}{\text{Total de horas de mão – de – obra utilizadas na manutenção interna}} \times 100 \quad (33)$$

$$\frac{\text{Nº peças de reserva fornecidas pelo armazém conforme especificação}}{\text{Número total de peças de reserva requisitadas pela manutenção}} \times 100 \quad (34)$$

A seleção dos indicadores relevantes provem dos objetivos a alcançar para a área da manutenção, em que estes podem estar relacionados com fatores particulares de desempenho, tais como:

- Melhoria da disponibilidade;
- Melhoria da rentabilidade da manutenção;
- Controlo dos serviços contratados;

- Preservação da saúde, da segurança e do ambiente.

Ao nível do equipamento, poderá ser desejável um melhor controlo dos seguintes pontos:

- Fiabilidade;
- Custos;
- Manutibilidade;
- Logística de manutenção.

No caso de estudo apresentado, poderão ser utilizados os indicadores aqui referidos, ou outros que não foram aqui apresentados mas que se encontram na mesma Norma. Por exemplo, o indicador (3) poderá ser útil para a decisão se deve ou não avançar para a substituição de um recipiente pressurizado, bem como o indicador (6), pois este mede o tempo de aptidão de um bem para cumprir a serviço requerida num dado intervalo de tempo em função do custo total de manutenção. Com estes indicadores é possível ter uma ideia se o custo total da manutenção se irá sobrepor ou não ao valor de substituição do ativo, e/ou se o tempo que o ativo estará a operar em condições compensará em relação ao custo total de manutenção.

Os indicadores (8) e (9) também poderão ser utilizados, pois com estes indicadores poderá ser possível ter uma noção dos custos com pessoal externo, caso seja necessário a contratação por exemplo de técnicos especializados em algum tipo de serviço, bem como dos contratos realizados em relação ao custo total da manutenção. Ao utilizarmos o indicador (11) (neste caso são quatro indicadores sintetizados na mesma fórmula), pode-se ter uma ideia dos custos de cada tipo de manutenção em relação ao custo total de manutenção, o que poderá ser uma mais-valia na avaliação da gestão do ativo, que juntamente com o indicador (12) onde se poderá avaliar os custos para melhorar a disponibilidade do ativo sem alterar a função requerida. Os indicadores (14) e (15) também serão uma boa ajuda para uma empresa de prestação de serviços, pois elucidam os gastos a ter com a formação de pessoal para a manutenção, bem como os custos caso tenham que subcontratar serviços de manutenção mecânica, elétrica ou de instrumentação. Outro indicador que poderá ser útil neste caso de estudo será o indicador (17), pois este dará uma noção do tempo durante o qual o ativo está em estado de disponibilidade, em relação ao tempo que a organização exige que o ativo esteja disponível.

Por fim, dois últimos indicadores muito utilizados na manutenção e que poderão ser aqui aplicados são MTBF – “*Mean Time Between Failures*” ou “Tempo Médio entre Falhas” - e MTTR - “*Mean Time to Repair*” ou “Tempo Médio de Reparação”. O primeiro é um valor calculado para um determinado equipamento que pode ser utilizado para calcular diretamente a respetiva fiabilidade. Este valor indica ao fim de quanto tempo é previsível que possa ocorrer uma falha nesse equipamento. Quanto maior for o MTBF, maior será a fiabilidade do equipamento e, consequentemente, a manutenção poderá ser avaliada em termos de eficiência. Quando

constante, o MTBF é o inverso da taxa de avarias.

$$MTBF = \frac{N^{\circ} \text{ horas em operação} - N^{\circ} \text{ horas de falhas}}{N^{\circ} \text{ de falhas}} \quad (35)$$

Na Norma NP EN 15341, este indicador é apresentado da seguinte forma:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{N^{\circ} \text{ total de avarias}} \quad (36)$$

Relativamente ao MTTR, é representado pelo tempo médio necessário para substituir ou reparar um componente defeituoso ou para que o sistema volte a funcionar. É considerado um forte indicador de manutenção e prenuncia a quantidade média de tempo necessário para que o sistema voltar a trabalhar no caso de ocorrência de uma falha, podendo ser calculado da seguinte forma:

$$MTTR = \frac{N^{\circ} \text{ horas de falhas}}{N^{\circ} \text{ de falhas}} \quad (37)$$

Na Norma NP EN 15341, este indicador é apresentado da seguinte forma:

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total das reparações}}{N^{\circ} \text{ total de avarias}} \quad (38)$$

Com os resultados destes dois indicadores, é possível calcular-se um outro indicador, a disponibilidade, que representa a relação entre o tempo em que o equipamento, sistema ou instalação está disponível para operar ou em condições de produzir e o tempo total, e expressa-se da seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \quad (39)$$

Além destes aqui indicados, existem muitos outros na Norma NP 15341 que poderão ser uma mais-valia na gestão de ativos, e neste caso em particular, onde serão um auxílio para a decisão de se optar por certificar um reservatório de pressão por mais um período, ou se será mais viável a sua substituição.

5.4. Metodologia proposta

A metodologia proposta para a inspeção e certificação de reservatórios pressurizados foi baseada no Modelo Abrangente e Integrado de Gestão de Ativos Industriais (MAIGAI), em que se baseia nas Normas ISO 55000, proposta por Martins (2015). Este modelo pretende a integração funcional entre as áreas com papel de maior relevância numa unidade industrial, onde se inclui e centraliza o papel da engenharia, permitindo com o modelo gráfico uma interpretação visual dos seus elementos., considerando os seguintes níveis principais para uma metodologia de gestão de ativos:

- Gestão do Negócio;
- Engenharia;
- Operação e Manutenção;
- O papel, fundamental, do Gestor de Ativos.

No caso da metodologia proposta para a gestão de vida dos reservatórios pressurizados, temos então os seguintes níveis principais:

- Definição de requisitos;
- Inspeção;
- Testes;
- Métodos de previsão de vida;
- Monitorização;
- Certificação.

Representando e fazendo uma analogia com o Ciclo de Deming, obtemos um esquema conforme mostra a figura 5.3.

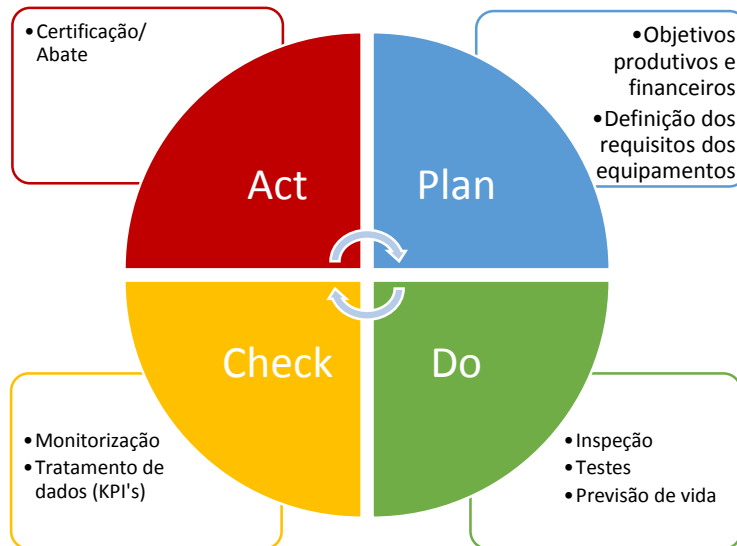


Figura 5.3 - Representação da metodologia com base no Ciclo PDCA

Com base na metodologia PDCA – *Plan, Do, Check, Act* - e nos processos estabelecidos de melhoria, estes vão ajudar a melhorar continuamente a prestação de serviços na gestão de ativos (ISO 55002, 2014). Desta forma permite:

- Refletir mudanças nas necessidades de negócio do cliente ou estratégias;
- Beneficiar de avanços tecnológicos aplicáveis;
- Manter a competitividade das empresas.

Integrando então o método anterior com o método MAIGAI (Martins, 2015), foi possível criar a figura 5.4, que representa a metodologia de Gestão de Ativos para ESP.



Figura 5.4 - Metodologia de Gestão de Ativos para ESP

De acordo com a figura anterior, a metodologia pode ser descrita nos seguintes passos:

- A gestão de negócios e de ativos definem os objetivos produtivos e financeiros que pretende;
- A operação define, dadas as condições anteriores, os requisitos dos equipamentos;
- Em face dos requisitos, a manutenção em conjunto com a operação irão otimizar a gestão do ativo ao longo do seu tempo de vida;
- Esse processo é conseguido através de manutenção preventiva condicionada (inspeções), testes, modelos de fiabilidade (previsão de vida);
- Os procedimentos anteriores também vão determinar as ações a realizar, caso se pretenda prolongar a vida do ativo;
- Por fim, no prolongamento de vida, ou caso seja um equipamento a ser instalado pela primeira vez, há que obedecer a um processo de certificação obrigatório, processo esse que será baseado no conhecimento da condição do equipamento. Caso o equipamento não esteja em condições, este será abatido e substituído.

Como já referido anteriormente, a elaboração da metodologia a aplicar em reservatórios sob pressão foi baseada no método MAIGAI pois esta responde à inexistência de um modelo com estas características, ou seja, a importância do papel relevante da engenharia neste contexto e integra a gestão de ativos como uma base importante nas organizações industriais.

Para uma melhor compreensão do contexto que cada um dos pontos/áreas intervenientes em todo o processo têm e a sua relação com a ISO 55001, concebeu-se a figura 5.5 com os pontos mais importantes da referida Norma.

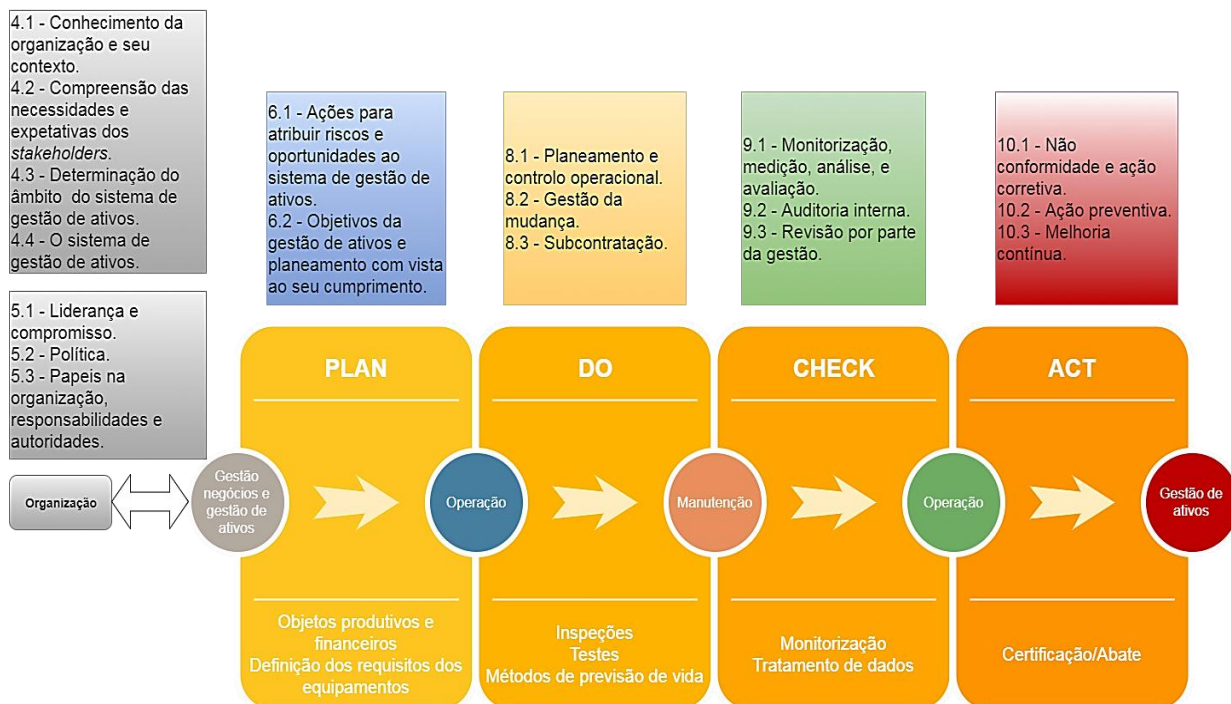


Figura 5.5 - Metodologia de Gestão de Ativos para ESP com os pontos da Norma ISO 55001

Seguidamente, na figura 5.6, é apresentado em fluxograma o procedimento geral básico que resulta da metodologia utilizada, na parte respeitante à execução de trabalhos necessários para que a certificação possa ter lugar.

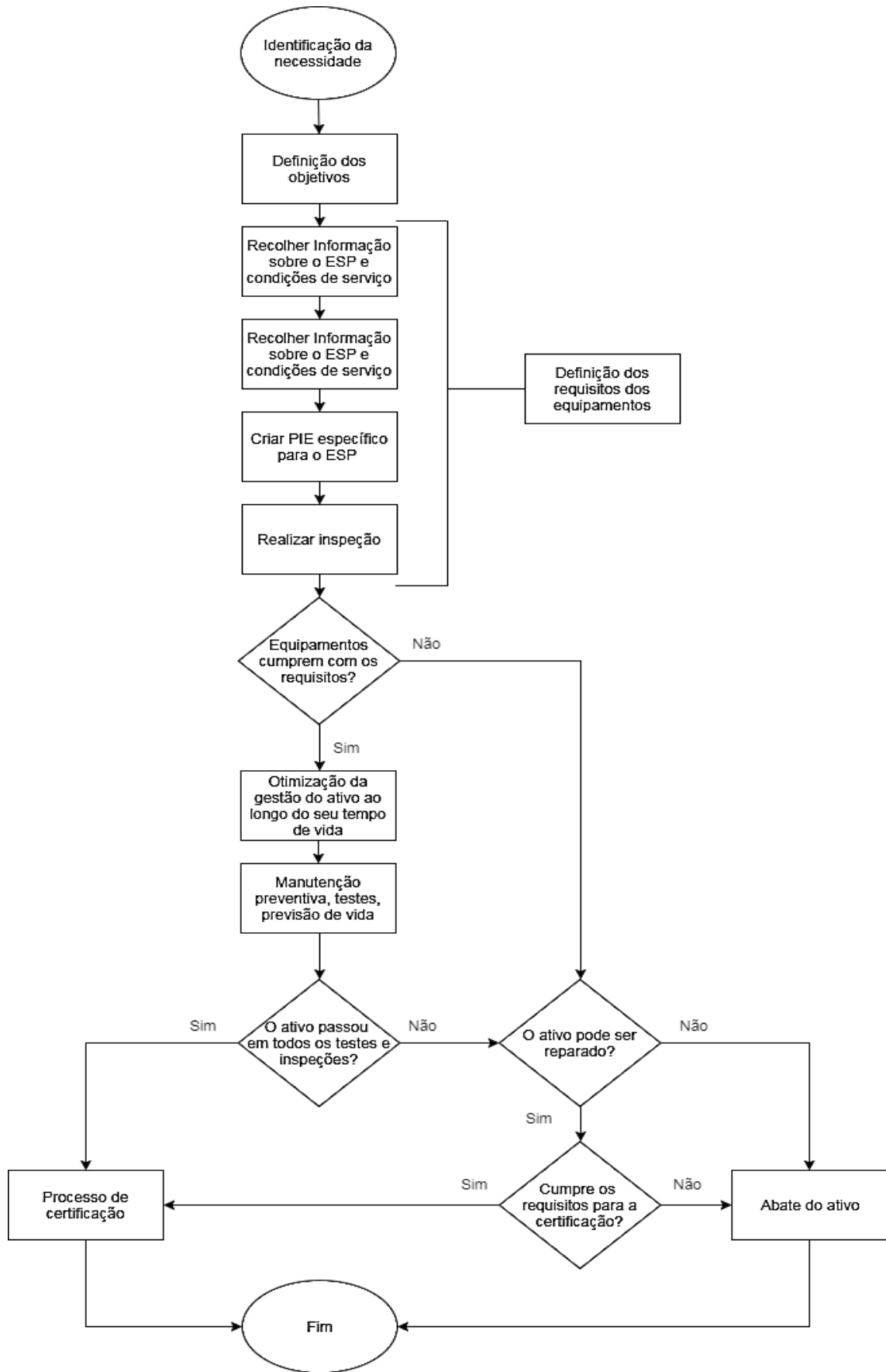


Figura 5.6 - Fluxograma do procedimento geral

Sendo este fluxograma uma forma básica de representar este processo, no caso de se querer especificar para um dado reservatório de pressão, há que inserir no fluxograma para as ações de inspeção e execução de trabalhos inerentes a essas especificações adicionais. Assim, no Apêndice I apresenta-se uma situação que explicita os procedimentos específicos no caso de anomalia, necessários à certificação relativa a um caso de ESP.

Capítulo 6

Conclusões

As ISO 55000 (2014) são as primeiras normas que integram os aspetos essenciais aplicáveis para a gestão de qualquer tipo de ativo. Os benefícios que resultam da aplicação destas normas, a nível prático, começam agora a ser conhecidas devido ao maior emprego por parte da indústria. É de salientar que o valor de uma organização não passa apenas pelo valor dos seus ativos físicos, mas também pelo valor dos seus ativos intangíveis, como por exemplo os recursos humanos. Estas Normas não substituem a estratégia de manutenção, pelo que as organizações devem de se basear numa visão holística de manutenção de forma a auxiliar as estratégias de melhoria que afetam o desempenho e as funções de manutenção numa organização. No entanto, alguns ativos apresentam um maior grau de risco para atingir os objetivos de uma dada organização, pelo que as organizações podem implementar as Normas ISO 55000 no seu ativo crítico de forma a reduzir custos.

É necessário que todos os processos estejam documentados, bem como procedimentos, avaliações e outros registos que permitam a evidência de conformidade. É necessário colaborar com outras áreas dentro da organização, tais como financeira, recursos humanos e gestão de topo. Além das questões de engenharia, os gestores de ativos precisam de compreender a estratégia de negócio, e serem capazes de comunicar as suas ideias e planos, dando a conhecer casos de negócios com detalhes financeiros e técnicos e saber avaliar da melhor forma possível o risco, de forma a identificar quais os ativos críticos, ou seja, quais os ativos que podem afetar significativamente a sua atividade.

No âmbito desta dissertação foi proposto o desenvolvimento de uma metodologia de gestão de ativos com base nas Normas ISO 55000 a aplicar em ESP, que foi apoiada nos critérios dos Códigos *ASME*, tendo sido realizada uma pesquisa sobre este tipo de equipamentos de forma a perceber quais os seus modos de falha e quais as suas formas de inspeção e manutenção preventiva. Com a metodologia concebida, foi possível então criar alguns fluxogramas mais particularizados dos procedimentos num caso deste tipo. De salientar que a inspeção e certificação de ESP são processos complexos, que envolvem estudo aprofundado sobre o tema, bem como conhecimento e experiência nesta área, pelo que é difícil desenvolver todos os processos envolvidos num caso de gestão de ativos como o que foi aqui abordado. Considera-se no entanto que os objetivos propostos no início deste trabalho foram atingidos e que o desenvolvimento deste trabalho permitiu adquirir e aprofundar conhecimentos sobre a gestão de ativos, estando já hoje em dia disponíveis várias Normas que poderão auxiliar não só a gestão de ativos como a gestão de manutenção de qualquer bem.

Metodologias deste tipo poderão ser adotadas num sem número de outras situações. Podem ser um auxiliar precioso na Preparação e Métodos da manutenção, permitindo obter uma linha de ação na execução das peças necessárias para a parte técnica dos cadernos de encargos que necessariamente integrarão o processo de consulta.

Este trabalho interessa tanto aos prestadores de serviços (entidades inspetoras e certificadoras e empresas executantes potenciais adjudicatárias em caso de *outsourcing*) como às organizações (empresas industriais ou de serviços ou outras entidades) cujo objetivo de negócio não é a manutenção, mas que possuem entre os seus serviços um que esteja dedicado à Gestão da Manutenção.

Como trabalhos a realizar futuramente, propõem-se as melhorias nesta metodologia, um período de validação mais alargado, com extensão a casos deste tipo mas também a outros, e o aperfeiçoamento, com base nos casos de validação, da determinação do conjunto de inspeções e testes a realizar em cada situação (a prever na preparação dos trabalhos).

Bibliografia

Algabroun, H., Iftikhar, M. U., Al-Najjar, B., Weyns, D. (2017), “*Maintenance 4.0 Framework using Self-Adaptive Software Architecture*”. Proceedings of 2nd International Conference on Maintenance Engineering, IncoME-II 2017, The University of Manchester, UK

Almatani, M. K. A. (2017), “*Challenges and Opportunities in Engineering Asset Management in Relation to Industry 4.0*” Proceedings of 2nd International Conference on Maintenance Engineering, IncoME-II 2017, The University of Manchester, UK

Alseiari, A., Farrell, P. (2017), “*How the Role of Reliability Centred Maintenance (RCM) Supports Successful Implementation of Total Productive Maintenance in the Power Industry*”. Proceedings of 2nd International Conference on Maintenance Engineering, IncoME-II 2017, The University of Manchester, UK

Alves, C. A. (2009), Revista, “*Gestão de Resíduos*”

Amaral, F. D. (2016), “*Gestão da Manutenção na Indústria*” 1ª ed. Lisboa: Lidel, 2016, 401p.

ASME (2017), “*Boiler and pressure vessel certificates of authorization and the certification mark for sections I, IV, VIII Div.1, VIII Div.2, VIII Div.3, X and XII – Informational Handbook*”. Disponível em:

www.asme.org/wwwasmeorg/media/ResourceFiles/Shop/Certification%20%26%20Accreditation/BPV-Certification/BPV-Certification-Form_New_and_Renewal.pdf. Consultado em: 14 outubro de 2017

Assis, R. (2010), “*Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Ativos Físicos*”, Lidel Edições Técnicas, Lda, Lisboa

Ben-Daya, M., (2000), ‘*You may need RCM to enhance TPM implementation*’, Journal of Quality in Maintenance Engineering. 6 (2000), pp. 82-85.

British Standard BS 3811 (1993)

Cabrita, C. P., Matias, J. C., Santos, F. B., Fernandes, C. A. (2015), “*Generalização dos conceitos de manutibilidade e disponibilidade 1ª Parte - Manutibilidade*”, Revista Manutenção 117

Cabrita, C. P., Matias, J. C., Santos, F. B., Fernandes, C. A. (2015), “*Generalização dos conceitos de manutibilidade e disponibilidade 2ª Parte - Disponibilidade*”, Revista Manutenção 118-119

Cabrita, C. P., Matias, J. C., Santos, F. B., Fernandes, C. A. (2015), “*Estados e tempos de manutenção de um bem*”, Revista Manutenção 124

Cabrita, C. P., Cardoso, A. J. M. (2015), “*Conceitos e definições de falha e avaria nas normas portuguesas de manutenção NP EN 13306:2007 e NP EN 15341:2009*”, Revista Manutenção 125, 2º trimestre de 2015

Cahyo, W. N., El-Akruti, K., Dwight, R. & Zhang, T. (2015), “*Managing maintenance resources for*

better asset utilisation”, Australian Journal of Multi-Disciplinary Engineering, Vol. 11, No. 2, pp. 123-134.

Coelho, R. (2015), “*Aplicação do conceito de Gestão de Ativos Físicos numa Estação Elevatória de Águas*”. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Collins, A.W. (1964), “*The measurement of Naval facilities maintenance effectiveness.*” Naval Postgraduate School, Monterey CA.

Cunha, A.C. (2016), Jornadas da Manutenção 2016

Davis, R. (s.d.), “*An Introduction to Asset Management, IAM*” Blah d blah design ltd. Disponível em: http://www.hvds.co.nz/files/docs/10695_iam_beginners_guide_low_9.pdf, consultado em 18/09/2016.

Faccio, M., Persona, A., Sgarbossa, F., Zanin, G. (2014), “*Industrial maintenance policy development: A quantitative framework*”, International Journal of Production Economics Vol. 147, Part A, January 2014, pp. 85–93.

Ferreira, L.A. (2013), *Conferência – “Gestão de Ativos Físicos”*, Ordem dos Engenheiros.

Ibifuro, I., Baglee, D. (2017), “*ISO 55000 Standard as a Driver for Effective Maintenance Budgeting.*” Proceedings of 2nd International Conference on Maintenance Engineering, IncoME-II 2017, The University of Manchester, UK

ISO 55000. (2014), International Organization for Standardization, “*Asset management - Overview, principles and terminology*”.

ISO 55001. (2014), International Organization for Standardization, “*Asset management - Management systems – Requirements*”.

ISO 55002. (2014), International Organization for Standardization, “*Asset management - Management systems” - Guidelines for the application of ISO 55001.*

Kans, M. Campos, J., Salonen, A., Bengtsson, M. (2017), “*The Thinking Industry – An Approach for Gaining Highest Advantage of Digitalisation within Maintenance.*” Proceedings of 2nd International Conference on Maintenance Engineering, IncoME-II 2017, The University of Manchester, UK

Kidd, M. (2017), “*Maintenance Strategies for Industry 4.0*” Proceedings of 2nd International Conference on Maintenance Engineering, IncoME-II 2017, The University of Manchester, UK

Kohan, A. L. (1998), “*Boiler operator’s guide*” 4th ed. McGraw-Hill, New York

Lee Cooke, F., (2000), “*Implementing TPM in plant maintenance: some organisational barriers.*” - International Journal of Quality and Reliability Management. 17 (2000), pp. 1003-1016.

Martins, J.C. (2015), “*O papel da engenharia na gestão de ativos de uma unidade industrial*”. Tese de Mestrado em Engenharia de Manutenção. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

- Marques, J.J.O. (1985), *“Elementos Técnicos para preparadores de trabalho mecânico”*, Quimigal EP
- Moubray, J. (1997), *“Reliability-centred maintenance”*. Butterworth-Heinemann, UK, 2nd Edition.
- Nakajima, S. (1988), *“Introduction to TPM. Productivity Press”*, Cambridge.
- NASA (2000), *“Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment.”* National Aeronautics and Space Administration, Washington, D.C. February 2000.
- Norma Portuguesa NP 4483:2009 (2009), *“Guia para a implementação do sistema de gestão de manutenção”* – Instituto Português da Qualidade.
- Norma Portuguesa NP 4492:2010 (2010), *“Requisitos para a prestação de serviços de manutenção”* – Instituto Português da Qualidade.
- Norma Portuguesa NP EN 50126:2010 (2010), *“Aplicações ferroviárias. Especificação e demonstração de Fiabilidade, Disponibilidade, Manutibilidade e Segurança (RAMS)”*.- Instituto Português da Qualidade.
- Norma Portuguesa NP EN 13269:2007 (2007), *“Manutenção. Instruções para a preparação de contratos de manutenção”* – Instituto Português da Qualidade.
- Norma Portuguesa NP EN 13306:2007 (2007), *“Terminologia da Manutenção”* – Instituto Português da Qualidade.
- Norma Portuguesa NP EN 13460:2009 (2009), *“Manutenção. Documentação para a manutenção”* – Instituto Português da Qualidade.
- Norma Portuguesa NP EN 15341:2009 (2009), *“Manutenção. Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)”* – Instituto Português da Qualidade.
- Peters, R. W., (2015), *“Define Your Physical Asset Management Strategy with the Scoreboard for Maintenance Excellence and Go Beyond ISO 55000”*, Reliable Maintenance Planning, Estimating and Scheduling, Pp. 39-65.
- Pereira, F. (1985), *“Elementos Técnicos para preparadores de trabalho mecânico, Reservatórios e Tanques”*, Quimigal EP
- Pereira, F. J. D., Sena, F. M. V. (2012), *“Fiabilidade e sua aplicação à manutenção”*, Publindústria
- Pereira, F. J. D. (2017), *“Manutenção para o Futuro”* – Apresentação *Business Talks*, Primavera, Casa da Música Porto.
- Santos, J. L. (2014), *“Avaliação do Desempenho da Função Manutenção.”* Artigo técnico – Revista Manutenção.
- Silva, P., Miranda, R. M., Quintino, L. (2011), *“Proposed methodology to evaluate welding defects during maintenance of equipments under pressure.”* Artigo Técnico, Soldagem&Inspeção vol.16 no.2 São Paulo
- Solticzky, J., Szabó, Z., Szuchy, P. (2017), *“Comparing analysis of a specified pressure vessel’s*

design methods” ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering Tome XV – Fascicule 2 May

Spira, M.C., Niedermayr, E., Menden, G., Klemme-Wolff, H., Sommer, B., Cavanagh, P. M., Pfeifer, K. J., Williams, D. L., Wilcox, M., Zancolich, G., Goly, K., Stübiger, J., Tautrim, J., Taylor, M. (2007), “*Method of Providing Maintenance Services*”, United States Patent

Sullivan, G.P., Pugh, R., Melendez, A.P., Hunt, W.D. (2010), “*Operations & Maintenance – A Guide to Achieving Operational Efficiency*”, Pacific Northwest National Laboratory for the Federal Energy Management Program, U.S. Department of Energy

Tavares, H. D. F. (2012), “*Aplicação de Metodologias RCM nos Planos de Manutenção de Sistemas de Proteção, Comando e controlo*” Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Visser, J.K. & Botha, T.A. (2015), “*Evaluation of the importance of the 39 subjects defined by the global forum for maintenance and asset management*”, South African Journal of Industrial Engineering May 2015 Vol 26(1), pp 44-58

Waeyenbergh, G., Pintelon, L. (2002), “*A framework for maintenance concept development*”. International Journal of Production Economics. 77 (2002), pp. 299-313

Waghare, M. (2011), “*Taking pressure vessels from cradle to grave seminar – Inspection of pressure vessels to ASME Section VIII Div.1*”. ABSG Consulting Inc., Singapore

Wang, L., Chu, J., Wu, J. (2007), “*Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process*”. International Journal of Production Economics 107, 151–163 2007

Apêndice I

Fluxograma de procedimentos específicos

