INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica

*Fonte: https://www.revistaseguranca.eu/pt/o-transporte-de-mercadorias-perigosas-em-veiculos-cisterna/

Modelo de Gestão Económica do Ciclo de Vida de um Ativo

JORGE MIGUEL MOREIRA DIONÍSIO
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Manutenção

Orientador

Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri

Presidente

Professor Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais

Professor Doutor José Miguel Aragão Celestino Soares
Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Novembro de 2020

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica

Modelo de Gestão Económica do Ciclo de Vida de um Ativo

JORGE MIGUEL MOREIRA DIONÍSIO
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Manutenção

Orientador

Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri

Presidente

Professor Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais

Professor Doutor José Miguel Aragão Celestino Soares
Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Novembro de 2020

Dedico este documento e todo o esforço investido que para a sua realização e em todo o caminho percorrido até ao fim deste aos meus familiares, namorada Ana Marcão, amigos, colegas e clientes da empresa onde trabalho que ajudaram e proporcionaram os meios para a realização deste.

Agradecimentos

Gostaria de expressar o meu reconhecimento ao meu professor e orientador Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu, pela sua disponibilidade, esforço e dedicação ao longo de todo este período de orientação.

Também um especial agradecimento a toda a equipa da empresa Cisterluso pelo apoio que sempre disponibilizaram.

Agradeço também aos meus colegas da empresa onde trabalho a Bureau Veritas, que se mostraram sempre disponíveis para me auxiliar na realização deste trabalho, por se disponibilizarem a ensinar-me o que sabiam sobre os casos de estudo e também por me facultarem sempre documentação para consulta sobre o tema em estudo.

Para terminar, e com muito reconhecimento, a minha família e namorada Ana Marcão que ao longo de todo este tempo se demonstraram incansáveis a todos os níveis para que fosse possível a oportunidade de efetuar um curso superior e terminar o mestrado.

Lista de Siglas

CMS – Cost Management Strategy

CCV – Custo do Ciclo de Vida

FMEA – Failure Modes and Effects Analysis

GNL – Gás Natural Liquefeito

IFE – International Faculty For Executives

ISO – International Organization for Standardization

LCCA – Life Cycle Cost Analysis

LCC – Life Cycle Cost

MOD – Mão de Obra Direta

NPC – Net Present Cost

OECD – Organization for Economic Co- Operation and Development

PDCA – Plan, Do, Check, Act

RCA – Root Cause Analysis

RCM – Reliability Centred Maintenance

RPN – Risk Priority Number

TPM – Total Productive Maintenance

VOC – Voice Of the Costumer

Resumo

O presente documento tem como objetivo apresentar um modelo para avaliação dos custos do ciclo de vida de um equipamento. Para tal primeiro será feita uma introdução a vários temas adjacentes, tais como a manutenção, a temática do ciclo de vida de um equipamento, a gestão de ativos e a relação entre os vários subtemas mencionados resultando assim na gestão de custos do ciclo de vida.

Os objetos de estudo deste documento estão presentes no quinto capítulo, onde com a ajuda dos funcionários da empresa Cisterluso e da empresa Bureau Veritas, foi possível agregar informação por forma a se ter as bases para a construção do modelo. Da empresa Cisterluso foram fornecidas as informações ligadas à manutenção e construção dos veículos cisternas em estudo. Já da empresa Bureau Veritas, que é a empresa onde trabalho, foram fornecidas as informações relativas aos serviços, renovações de documentação técnica e inspeções, necessárias ao período de vida útil dos objetos de estudo.

Com a informação definida e recolhida, foi analisada qual a melhor forma de construir o modelo pretendido, isto é, tendo em conta os métodos de custeio disponíveis optou-se pelo método ABC, pois este é o método que melhor se adequa ao pretendido. Este é o que melhor se enquadra, pois divide a avaliação de custos nas diversas atividades, o que acontece no ciclo de vida em estudo, este é dividido em várias atividades e fases. Com tudo isto conseguiu-se atingir o objetivo de criar um modelo de gestão económica do ciclo de vida de um ativo.

Para terminar conseguiu-se atingir o objetivo de criar um modelo real para a avaliação de custos do ciclo de vida de um ativo e assim conseguir se fazer uma avaliação fundamentada de qual a melhor opção a tomar aquando a aquisição de um ativo para uma empresa, isto é, se o ativo irá ser rentável e se o investimento irá retornar de forma rápida.

.

Palavras Chave: Veículo Cisterna, Vida útil, Ciclo de vida, Manutenção, Custos.

Abstract

The purpose of this document is to present a model for assessing equipment life cycle costs. For this first, an introduction to several adjacent themes will be made, such as maintenance, the theme of an equipment's life cycle, asset management and the relationship between the various sub-themes mentioned, thus resulting in life cycle cost management.

The objects of study in this document are present in the fifth chapter, where with the help of the employees of Cisterluso and Bureau Veritas, it was possible to aggregate information in order to have the bases for the construction of the model. Information about the maintenance and construction of the tanker vehicles under study was provided by the Cisterluso company. As for the company Bureau Veritas, which is the company where I work, the information related to services, renewals of technical documentation and inspections, necessary for the useful life of the objects of study, were provided.

With the information defined and collected, it was analyzed how best to build the desired model, that is, taking into account the available costing methods, the ABC method was chosen, as this is the method that best suits the intended one. This is the one that best fits, as it divides the cost assessment into the various activities, what happens in the life cycle under study, it is divided into several activities and phases. With all this, it was possible to achieve the objective of creating an economic management model for the life cycle of an asset.

In conclusion, it was possible to achieve the objective of creating a real model for assessing the cost of an asset's life cycle and thus achieving a reasoned assessment of what is the best option to take when acquiring an asset for a company, that is, whether the asset will be profitable and whether the investment will return quickly

Keywords: Tanker vehicle, useful life, life cycle, maintenance, and costs.

Índice

Agradecimentos ii

Lista de Siglas iii

Resumo iv

Abstract v

Índice vi

Índice de Figuras viii

Índice de Tabelas ix

Capítulo 1 – Introdução 1

1.1 Enquadramento 1

1.2 Objetivo 3

1.3 Estrutura 3

1.4 Motivação 4

Capítulo 2 – Relação entre Manutenção e Gestão de Custos 5

2.1 Definição de Manutenção 5

2.2 Importância da Manutenção 6

2.3 Objetivos da Manutenção 6

2.4 Evolução da Manutenção 7

2.5 Tipos de Manutenção 10

2.6 Gestão dos Custos da Manutenção 13

Capítulo 3 – Gestão do Custo do Ciclo de Vida de um Ativo 43

3.1 Definição de Custo do Ciclo de Vida 43

3.2 Objetivo 45

3.3 Aplicação do Custo do Ciclo de Vida 47

3.4 Definição de Gestão de Ativos 49

3.5 Gestão de Custos do Ciclo de Vida de um Ativo/Equipamento 60

3.6 Modelo do Custo do Ciclo de Vida de um Ativo 65

Capítulo 4 – Metodologia 69
4.1 Metodologias de Custeio 69
4.2 Método da Norma ISO 15686-5:2017 e o Guia 73:2009 70
4.3 Sistema de Custeio Racional 71
4.4 Sistemas de Custeio por Encomenda 73
4.5 Sistemas de Custeio por Processo 73
4.6 Sistemas de Custeio de Custo-Padrão 74
4.7 Sistemas de Custeio Contemporâneos 75
4.8 Custos Diretos 85
4.9 Custos Indiretos 85
4.10 Sistema de Custeio Variável 85
4.11 Sistema de Custeio Total 87
4.12 Método ABC 89
4.13 Escolha do *"Cost drivers"* 95
4.14 Custeio pelo Ciclo de Vida do Equipamento 96
4.15 Diferenças e semelhanças entre o ABC e os métodos tradicionais 97
Capítulo 5 – Casos de Estudo 99
5.1 Custos associados a uma cisterna de combustível 101
5.2 Cálculo de custos pelo método ABC 108
Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos Futuros 118
6.1 Considerações Finais 118
6.2 Dificuldades Sentidas 118
6.3 Trabalhos Futuros 119
Referências Bibliográficas 120

Índice de Figuras

Figura 1 - Tipos de Manutenção 10
Figura 2 - Modelo original da Curva da Banheira..... 23
Figura 3 - Curva da Banheira após intervenção preventiva 24
Figura 4 - Curva da Banheira do Tipo A..... 24
Figura 5 - Curva da Banheira do Tipo B..... 25
Figura 6 - Curva da Banheira do Tipo C..... 25
Figura 7 – Curva da Banheira do Tipo D..... 26
Figura 8 - Curva da Banheira do Tipo E..... 26
Figura 9 - Curva da Banheira do Tipo F 27
Figura 10 - Exemplo de aplicação do método dos 5 porquês..... 33
Figura 11 - Diagrama de Ishikawa ou Espinha de peixe..... 35
Figura 12 - Exemplo de uma Árvore de Falhas..... 36
Figura 13 - Exemplo de um Diagrama de Pareto..... 39
Figura 14 - Exemplo de um ciclo de vida 48
Figura 15 - Ciclo PDCA..... 62
Figura 16 - Aplicação do Ciclo de vida a um Ativo..... 65
Figura 17 - Determinantes de custos para o método ABC..... 93
Figura 18 - Etapas de atribuição de custos pelo Método ABC..... 95
Figura 19 - Passos para a realização da análise do custo do ciclo de vida (LCC)..... 98
Figura 20 - Estratificação do Ciclo de Vida de um Ativo..... 100

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Os 6 passos da metodoligia RCM 14

Tabela 2 - Critérios de análise de deteção de falhas 15

Tabela 3 - Critérios de Severidade 16

Tabela 4 - Tabela de Ocorrência de Falhas 17

Tabela 5 - Comparação entra RCM e RCA 29

Tabela 6 – Resumo da funcionalidade das ferramentas de Análise de falhas 32

Tabela 7 - Dados parar construção do Diagrama de Pareto 39

Tabela 8 - Exemplo de uma matriz GUT 41

Tabela 9 – Comparação entre *Target Costing* e os métodos tradicionais 80

Tabela 10 - Resumo dos custos iniciais 101

Tabela 11 - Resumos dos processos envolvidos nos custos iniciais 103

Tabela 12 - Resumos dos processos envolvidos nos custos inerentes aos condutores e cisternas . 103

Tabela 13 - Resumos dos processos envolvidos nos custos inerentes aos custos de operação 104

Tabela 14 - Tipos de Inspeções, ensaios e periodicidade 105

Tabela 15 - Exemplos de tipos de custos de manutenção 106

Tabela 16 - Exemplos de tipos de alterações especiais 107

Tabela 17 - Resumo dos Rendimentos Mensais 108

Tabela 18 - Custos diretos cisterna 1 109

Tabela 19 - Custos diretos cisterna 2 110

Tabela 20 - Custos diretos cisterna 3 111

Tabela 21 - Custos administrativos para as três cisternas 112

Tabela 22 - Departamentos e Atividades 112

Tabela 23 - Percentagem de ocupação de cada cisterna 113

Tabela 24 - Custos das atividades 114

Tabela 25 - Atividades e suas necessidades 114

Tabela 26 – Custos das necessidades gerias de cada cisterna 115

Tabela 27 - Custos detalhados por atividade de cada equipamento 115

Tabela 28 - Resultados dos custos..... 116

Tabela 29 – Valores unitários expectáveis para recuperação de capital 116

Capítulo 1 – Introdução

1.1 Enquadramento

Quer as empresas públicas quer as privadas, têm cada vez mais o objetivo de atingir a excelência tornando-se assim imperativo haver uma eficiente gestão de custos. A importância dessa gestão é cada vez maior, não só pelas dimensões que cada empresa pode atingir no mercado, mas também pelo aumento do aparecimento de concorrência, isto é, para uma pequena empresa sobreviver num mercado cada vez mais competitivo tem de criar um motivo para se destacar das restantes. Uma forma de ganhar destaque é otimizar o método de gestão criando mecanismos rápidos e eficientes para satisfazer os clientes e assim vencer no mercado face aos concorrentes.

No entanto, nem sempre é fácil implementar um sistema de gestão eficiente, assim a implementação dos processos de gestão de ativos é vista como uma tarefa desafiadora devido a muitas restrições, tais como, a falta de conhecimento e de estratégia, a falta de ferramentas para implementar e executar as estratégias, as restrições financeiras, as questões relacionadas com os recursos humanos, e a falta de um método especialmente concebido que permita medir e comunicar desempenhos, bem como informar as partes interessadas.

Com o objetivo de cumprir todos os requisitos e exigências dos novos regulamentos e as expectativas dos clientes, é necessário criar um quadro que integre uma gestão de ativos no sistema de gestão estratégico de uma organização.

Tendo em conta os desenvolvimentos científico e tecnológico atuais, o investimento na gestão de ativos tem registado um aumento de interesse por parte das empresas. Sendo uma consequência desse interesse o facto de que, para esta gestão ser eficiente é necessária uma correta gestão de custos e, pelo que é importante ter bem definido um plano de manutenção e que este seja eficaz. A manutenção desempenha um papel fundamental na garantia de operacionalidade das máquinas, na disponibilidade destas, na fiabilidade, na qualidade dos produtos e serviços, na redução de risco de funcionamento (segurança, ambiente e operação), resultando assim no aumento da rentabilidade económica, da segurança das pessoas e do ambiente.

O Custo do Ciclo de Vida de um ativo é também um tema cada vez mais importância e destaque, pois para uma gestão eficiente de um ativo, na manutenção, tem de se ter em conta os custos inerentes a esta, isto é, um ativo apenas é atrativo para a gestão de uma empresa se os custos da manutenção não ultrapassarem o valor do lucro obtido com a operação do mesmo.

A implementação do conceito de Custo do Ciclo de Vida numa empresa de comércio de bens permitirá à organização perceber qual o valor que os seus ativos têm na realização dos seus objetivos organizacionais. A constituição do valor dos seus ativos dependerá dos objetivos definidos pela organização, tal como da natureza e da finalidade da mesma, bem como das necessidades e expectativas de seus *stakeholders* (partes interessadas).

A ISO 15686-5:2008 [1] é uma especificação publicada pela ISO (*the International Organization for Standardization*) que fornece orientações e boas práticas, com o objetivo de melhorar a compreensão sobre o tema do Custo do Ciclo de Vida. Também indica quais as ferramentas e métodos de cálculo, ideias para formular a metodologia correta para se fazer uma correta análise de todos os custos inerentes à posse de bens durante toda a sua vida útil. Permitindo assim às organizações terem uma perceção do valor a investir num projeto a longo prazo por forma a não terem derrapagens financeiras. Esta junto com a norma ISO/Guide 73:2009 [2] garantem uma gestão de riscos financeiramente viável sem colocar em causa a segurança ambiental e social.

O LCC é a análise do custo total de aquisição e utilização de um determinado equipamento durante toda a sua vida útil. Este incluí todos os custos desde que é tomada a decisão da compra / construção do equipamento até ao seu desmantelamento, incluindo todos os custos ligados à manutenção e à sua operação durante toda a sua vida útil. Uma comparação matemática que se pode aplicar é a equação LCC = AC + SUC, onde se tem o *LCC – Life Cycle Cost* (Custo do Ciclo de Vida), *AC – Acquisition Cost* (Custo de aquisição) e *SUC – System Utilization Cost* (Custo de utilização do sistema), neste último estão incluídos os custo de operação, manutenção e desmantelamento. A análise de custos do LCC pode-se classificar em vários estágios, onde estão associados os diferentes tipos de custos. No estágio primeiro estágio do LCC está o projeto e desenvolvimento que engloba os custos ligados à aquisição dos materiais, os custos ligados ao trabalho de construção do equipamento, os custos administrativos, os custos fixos e os custos de transporte. No segundo estágio estão os custos de produção, que são aqueles ligados ao fabrico do equipamento. No terceiro estágio estão os custos operacionais, onde estão incluídos os custos ligados às peças sobresselentes, à manutenção do equipamento, ao inventário do armazém, ao equipamento de suporte, à formação do pessoal, à documentação técnica e à logística. Neste terceiro estágio também se incluem os custos ligados às perdas por paragem dos equipamentos para manutenção. No quarto e último estágio estão incluídos os custos ligados ao desmantelamento e descarte do equipamento, no entanto neste ponto é possível existir algum lucro o chamado valor residual que corresponde ao ganho devido à venda de sucata ou do equipamento em si para peças. Destes estágios aquele que representa a maior "fatia" da vida útil de um equipamento é o segundo onde se encontram os custos de operação e manutenção. Estes custos podem ser variáveis consoante as políticas de manutenção de cada empresa. Isto, pois, quando uma empresa emprega uma política de manutenção correta ao panorama operacional da mesma a

tendência desta é trabalhar de forma a aumentar a fiabilidade dos equipamentos. Um equipamento pode ter a sua vida prolongada e com isto a sua fiabilidade aumentada se houver um mínimo de cuidado com a sua manutenção. Com uma correta manutenção e monitorização é possível reduzir os custos de operação e manutenção, pois assim o equipamento opera de acordo com os parâmetros originais não existindo a necessidade de remanufactura, nem as paragens para manutenção são elevadas o que representa uma redução de custos significativa. O que por sua vez representa uma obtenção de lucro e qualidade maiores.[3]

1.2 Objetivo

O presente trabalho visa apresentar de uma forma geral o que é a gestão de ativos e qual a sua importância para as organizações. Aplicando uma ferramenta que permite avaliar o LCC de um ativo e a relação desse custo com a gestão de ativos. Este também será analisado relativamente aos requisitos recentemente apontados em normas internacionais sobre Gestão de Ativos, identificando quais as áreas onde a organização deve melhorar e propondo meios, métodos e metodologias para que a mesma evolua no sentido da excelência.

1.3 Estrutura

O trabalho encontra-se dividido em 6 capítulos no primeiro capítulo pretende-se introduzir o leitor ao conceito de gestão e Custos do Ciclo de Vida de um ativo/equipamento.

O segundo capítulo denominado de “Relação entre Manutenção e Gestão de Custos” aborda a temática da manutenção, os seus objetivos, a sua importância, a sua evolução ao longo da História, os vários tipos de manutenção e a definição de cada uma das suas diferentes políticas. Este capítulo é encerrado com a apresentação da relação entre a manutenção e a gestão de custos, onde também é apresentado o papel da manutenção dentro da gestão de custos, seguindo a definição que já foi apresentada no capítulo anterior sobre a relação da gestão de custos e o ciclo de vida.

O terceiro capítulo, com o título de “Gestão do Custo do Ciclo de Vida de um Ativo”, apresenta a definição do tema “Custo do Ciclo de Vida”, seguido dos objetivos deste. O tema seguinte é denominado “Gestão de ativos”, onde é apresentada a definição deste, e após essa definição são apresentados quais os objetivos do mesmo. Por fim é apresentada a definição de “Gestão do Custo do Ciclo de Vida de um Ativo” e seus objetivos e este último será a união dos dois temas anteriores explorados no mesmo capítulo.

A descrição das metodologias existentes e a escolha da metodologia a usar neste trabalho são expostas no capítulo número quatro. Neste capítulo é efetuada uma abordagem às diferentes metodologias existentes para a análise de Custos do Ciclo de Vida dos equipamentos/ativos, onde é explicada de forma geral o funcionamento de cada metodologia. Após as descrições das mesmas irá ser indicada qual a metodologia escolhida para o desenvolvimento do caso de estudo.

O quinto capítulo é reservado para o caso de estudo, aquele que é considerado o capítulo mais relevante deste trabalho. Este é a aplicação prática da metodologia abordada no capítulo anterior. Neste capítulo é feita a descrição dos casos de estudo, bem como a explicação da forma como foi aplicada a metodologia e por fim, são apresentados os seus resultados.

O sexto e último capítulo deste trabalho apresenta as conclusões obtidas, descrevendo as oportunidades de melhoria e conclusões das análises efetuadas, tecendo-se algumas considerações relativamente a trabalhos futuros.

1.4 Motivação

A motivação pessoal para a realização deste trabalho final de mestrado teve como origem o interesse pela área de gestão de ativos na área da Manutenção. Tomei contacto com a gestão de ativos numa altura ainda precoce da licenciatura, não tendo muito bem noção da sua importância. Após começar a trabalhar na área da inspeção e certificação industrial e ao mesmo tempo a frequentar o mestrado desenvolvi ainda mais o gosto pela gestão ligada à manutenção.

Capítulo 2 – Relação entre Manutenção e Gestão de Custos

2.1 Definição de Manutenção

Segundo as normas em vigor e alguns estudiosos do tema "Manutenção" apresentam-se algumas definições abaixo indicadas.

Segundo a Norma BSI 13306 (2007) [4]– Manutenção é *"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 Francesa NF X 60-010 [5] a Manutenção é definida como *"O conjunto de ações que permitem manter ou repor um bem num estado especificado ou em condições de assegurar um serviço determinado"*. No entanto, devido ao rigor técnico pretendido, a norma acima descrita não considera um fator com enorme peso na indústria, o aspeto económico, como tal foi criada uma outra norma, AFNOR X 60 – 000 [6], que refere *"Boa manutenção é assegurar essas operações a um custo global otimizado"*.

Pinto [7] define manutenção como *"um conjunto integrado de atividades que se desenvolve em todo o ciclo de vida de um equipamento, sistema ou instalação e que visa manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, com total segurança"*. Farinha [8], embora referindo a inexistência de uma definição normalizada na altura de publicação do seu trabalho, aponta como uma possível definição de manutenção a *"combinação de ações de gestão, técnicas e económicas, aplicadas aos bens, para otimização dos seus ciclos de vida".*

Cabral [9] faz um apanhado das definições e define manutenção de uma forma mais abrangente como *"o conjunto das ações destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas e das instalações, garantindo que elas são intervencionadas nas oportunidades e com o alcance certos, de maneira a evitar que avariem ou baixem de rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam repostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, tudo a um custo global otimizado"*.

Convém relembrar que, devido às especificidades de cada época e à consequente evolução das máquinas ditada pelas revoluções industriais, o conceito de manutenção foi evoluindo ao longo do

tempo, fazendo assim com que existam, no fundo, várias definições para a função manutenção. Apesar das várias definições de manutenção descritas por diversos autores, assume-se no presente trabalho a definição que consta na Norma BSI 13306 [4].

2.2 Importância da Manutenção

Após um longo período [9] em que a manutenção foi considerada um "mal necessário" da função produtiva, confirma-se que a mesma é, agora, uma área muito importante e ativa na atividade industrial através do contributo para o bom desempenho produtivo da organização. Este reconhecimento é reforçado pelas crescentes exigências das Normas de Qualidade, referente à manutenção dos equipamentos produtivos. A manutenção está diretamente ligada à rentabilidade do processo produtivo, com uma influência na qualidade, custo e volume da produção. Como tal, os objetivos da manutenção têm de estar virados e interligados com os objetivos globais da organização. O segredo está em encontrar o ponto de equilíbrio entre o benefício e o custo que maximize o contributo positivo da manutenção para a rentabilidade da empresa.

Pinto [7] justifica a importância da Manutenção, analisando três aspetos fundamentais: económicos, legais e sociais. A perspetiva económica aponta para uma maximização do rendimento dos investimentos efetuados nas instalações e equipamentos, o prolongamento da sua vida útil e o aumento das taxas de operacionalidade. Estes resultados são alcançados através da redução dos desperdícios, rejeições e reclamações sobre os produtos ou serviços, evitando atrasos ou interrupções da produção, na redução dos consumos e melhor aproveitamento dos recursos humanos. A vertente legal dá importância a posições de prevenção como a poluição (emissões gasosas, descargas líquidas e resíduos), a insegurança ou riscos de acidente e o incómodo (ruído, fumos ou odores). Na parte social é considerado um conjunto de medidas que, não sendo imposições legais, podem contribuir para a preservação ou melhoria da imagem da empresa.

2.3 Objetivos da Manutenção

Para que as empresas consigam sobreviver, as partes integrantes da mesma devem estar inevitavelmente em sintonia com os objetivos gerais e os objetivos das políticas de manutenção não podem constituir exceção. O principal objetivo da manutenção passa por garantir altos níveis de produção dos bens. Farinha [8] considera que o objetivo primário de qualquer sector de manutenção é garantir que os equipamentos sob a sua responsabilidade cumpram a função para a qual foram postos ao serviço dos utilizadores, elegendo a maximização da disponibilidade como objetivo

essencial. Contudo, deve-se ter em atenção os fatores que estão associados aos objetivos da organização e que poderão, de algum modo, criar situações divergentes. Como tal, fatores como a qualidade, a segurança, disponibilidade e custo de reparação devem ser alvos de uma importante análise.

Ao fazer uma pequena análise aos fatores, vemos que na área da qualidade, o objetivo passa por obter o maior rendimento possível dos equipamentos, com o mínimo de defeitos e o máximo respeito pelas condições de higiene, segurança e pelo meio ambiente. A segurança é considerada um fator inegociável, pois tem um impacto em todos os elementos intervenientes no processo (pessoas, equipamentos e ambiente). Na parte do custo, considera-se que qualquer intervenção de manutenção deve verificar o mínimo custo global, resultante da análise dos custos da operação, dos custos originados pela manutenção ou sua ausência. Por fim, o parâmetro da disponibilidade, onde se visa garantir uma maior operacionalidade dos equipamentos, ajustando as imobilizações programadas e minimizando as paragens por avaria, por forma a contribuir para a regularidade da produção e cumprimento dos prazos. Condicionalismos de várias ordens limitam a combinação dos aspetos anteriormente mencionados, que por si só são difíceis de alcançar por aparente contradição entre eles. Este é o desafio permanente a que estão sujeitos os profissionais da manutenção.

2.4 Evolução da Manutenção

É seguro dizer que a manutenção tem a idade do Homem. A substituição de uma ponta de seta, por quebra ou desgaste, realizada no período da pré-história, pode ser considerada uma ação de manutenção.

A prática da manutenção industrial [10] iniciou-se com a invenção das primeiras máquinas têxteis a vapor no século XVI, onde quem reparava era a mesma pessoa que operava, sendo treinada pelo próprio fabricante. Os conceitos de manutenção bem como as suas finalidades evoluíram em paralelo com o desenvolvimento industrial a nível mundial. Por volta do século XIX, com o advento da Revolução Industrial surgem novos desafios e é introduzido o conceito de mecanização da produção em oposição ao artesanal, único até então. Esta mecanização, ainda com uma base construtiva bastante simples, fez sobressair a necessidade de reparar regularmente as máquinas. Estas intervenções eram então deixadas a cargo dos próprios operadores. Desde essa altura até ao início do século XX a manutenção limitava-se apenas a reparar as avarias ou mudar peças partidas/danificadas quando estas surgiam, não dando importância às paragens na produção consequentes dessas avarias. Assim sendo, esse tipo de manutenção foi designado por reativa. Nesses tempos existia um enorme excesso de mão-de-obra em relação às necessidades correntes e a mesma era barata. Este fator aliado

ao facto de haver uma capacidade geral para produzir todos os bens que o mercado pretendia era o suficiente para satisfazer a Indústria.

Ainda dentro da situação, os problemas causados por uma paragem da produção eram diagnosticados e resolvidos caso a caso, sendo que a produção era retomada assim que os problemas fossem resolvidos. As paragens na produção apenas significavam que os produtos seriam entregues aos clientes mais tarde, o que na altura não era considerado problemático, pelo que não havia necessidade de evitar tais paragens. A manutenção preventiva, naquela altura, limitava-se praticamente à lubrificação. Por outro lado, os equipamentos eram construídos com uma grande robustez, tentando-se assim, desse modo, minimizar a frequência das avarias. Já no século XX, a produção em massa levou a uma descida progressiva do preço dos produtos. Este tipo de estratégia que surgia na indústria foi liderada por Henry Ford, nome que ficaria para sempre ligado à indústria automóvel, imitado depois por outros tipos de indústria. O conceito referente a estratégia passava por pensar que quanto maior fosse a produção, mais baixo seria o custo e consequentemente o preço de venda, o que permitia um maior sucesso comercial face à concorrência. A eficiência era um aspeto que começava a ser importante nas indústrias, mas de um modo que o que importava era proporcionar condições para que todos operários pudessem trabalhar mais.

Durante as Grandes Guerras Mundiais, o anterior excesso de mão-de-obra transformou-se numa considerável falta de trabalhadores devido à enorme quantidade de pessoas que foram levadas para a frente de combate. Após a I Guerra Mundial, quando a indústria foi pressionada a atingir padrões mais significativos de produção, assistiu-se a uma mudança de atitude relativamente às reparações. A importância das paragens de produção aumentou, evidenciando a falta de eficácia da manutenção reativa então existente. A este facto juntou-se a crescente complexidade das máquinas utilizadas, que precisavam de técnicos de manutenção cada vez mais especializados. A massificação da produção que se verificou a partir daquela altura, e a necessidade de se obterem elevados níveis de disponibilidade dos equipamentos durante a II Guerra Mundial, introduziram outra posição relativamente às avarias. As empresas começaram então a preocupar-se, não só em corrigir as falhas, mas também em evitar o seu aparecimento, alargando-se o âmbito da manutenção, que passou também a atuar na prevenção das anomalias através de substituições/ reparações sistemáticas, assumindo uma atitude proactiva. Tudo isto fez surgir uma nova abordagem da questão que se designou por Manutenção Preventiva. Após as duas grandes guerras, o objetivo por parte das empresas em obter lucro torna-se uma tarefa cada vez mais difícil. Por essa altura, com a emergente competitividade dos mercados, tornou-se necessário diminuir ainda mais os preços dos produtos, aumentar a eficiência dos processos produtivos e reduzir os desperdícios, dando assim uma maior importância à Qualidade.

Começou a ganhar forma uma nova área, a Engenharia da Manutenção, que se baseava na aplicação de modelos matemáticos e estatísticos de análise e controlo da fiabilidade, só possível com o aparecimento dos computadores por volta da década de sessenta. Desta forma, verificou-se então uma aplicação intensiva das técnicas de planeamento, anteriormente quase exclusivas da indústria militar, e na criação de processos científicos em manutenção, nomeadamente quanto ao comportamento dos materiais. A Engenharia de Manutenção passou a desenvolver critérios mais sofisticados e rigorosos de manutenção baseada na condição e criaram-se sistemas automatizados de planeamento e controlo, reduzindo assim os serviços burocráticos das equipas de manutenção. Ainda nas décadas de sessenta e setenta do século XX, nasceram duas novas filosofias de manutenção com objetivos diferentes. Uma, a *Total Productive Maintenance* (TPM) tem como principal objetivo a qualidade do produto com o menor custo de manutenção e a outra, a *Reliability Centered Maintenance* (RCM), centra-se nas falhas funcionais dos componentes e dos sistemas, focando-se na manutenção dos elementos vitais.

No início dos anos setenta, considerou-se o envolvimento dos custos no processo de gestão da manutenção, designando-se por Terotecnologia. Esta técnica tinha com objetivo reduzir o custo do ciclo de vida de equipamentos, aplicando um conjunto de práticas de engenharia, de gestão financeira e de logística. A partir dos anos oitenta, com os avanços tecnológicos, passou-se a medir os parâmetros de funcionamento, a avaliar a sua variação e a extrapolar o momento da falha, levando ao diagnóstico prematuro de avarias. Mantendo como objetivo evitar a avaria, parte dos elementos eram substituídos atendendo ao seu estado de condição, proporcionando custos de exploração inferiores.

No final da década de oitenta, com as exigências do aumento da qualidade dos produtos e serviços pelos consumidores, a manutenção passou a ser um elemento importante no desempenho dos equipamentos, devido ao impacto direto no custo do produto final. Com isto, a ISO (*International Organization for Standardization*), revê a norma da série 9000 de modo a incluir a função Manutenção no processo de certificação dando, portanto, o reconhecimento desta função no incremento da qualidade, aumento da fiabilidade operacional, redução de custos, prazos de produção e entrega, garantia da segurança do trabalho e da preservação do meio ambiente.

É de entendimento geral que as exigências futuras continuarão a acentuar-se sobre a melhoria do desempenho, particularmente maior disponibilidade, fiabilidade e duração da vida útil dos equipamentos.

2.5 Tipos de Manutenção

Segundo a Norma BSI 13306 [4], os tipos de manutenção existentes podem ser divididos em dois grandes grupos: a manutenção preventiva e a manutenção corretiva. No caso da corretiva, as intervenções efetuadas são sempre executadas depois da avaria ocorrer e sem qualquer tipo de planeamento prévio. Relativamente à manutenção preventiva as intervenções têm lugar antes da avaria ocorrer. Neste tipo de manutenção é comum considerar-se mais uma subdivisão, existindo assim dois tipos de manutenção diferentes: a condicionada e a sistemática.

A primeira, a manutenção condicionada, é caracterizada por intervenções especificadas à priori, mas só são postas em prática quando existe alguma condição que a despolete. Por exemplo, a troca de uma correia quando esta apresenta um ruído fora do normal. Diz-se condicionada porque esta intervenção está sujeita à existência de uma condição de qualquer tipo que sirva de aviso para se proceder à execução da intervenção (ruído, vibração, etc.), pois não existe ainda um histórico de informações suficientemente grande que permita outro tipo de manutenção.

O segundo tipo de preventiva é a manutenção sistemática que, quando está num ponto de funcionamento ideal, significa que já foi elaborado um histórico de avarias a partir do qual se pode prever, com algum grau de confiança, quando as avarias deverão ou poderão ocorrer. Estes dados permitem que as intervenções possam ser devidamente planeadas para serem efetuadas na altura ideal, tanto para a manutenção como para a produção. Em teoria, quem pratica este tipo de manutenção num nível avançado, já só está sujeito a um ou outro tipo de avaria de carácter extraordinário que possa surgir e em relação à qual não haja ainda dados que levem a uma rápida resolução do problema por falta de preparação prévia.

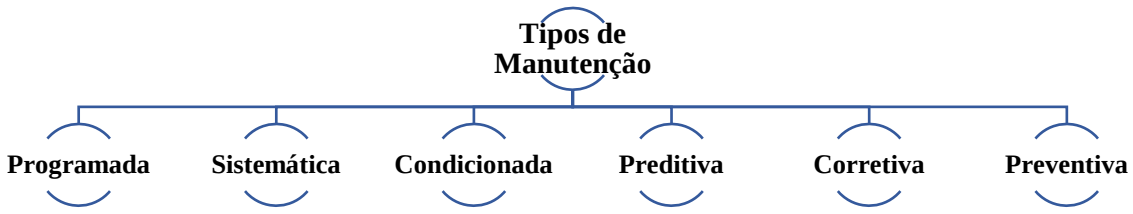

Figura 1 - Tipos de Manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 1 mostra os diversos tipos de manutenção que atrás foram caracterizados e sua estrutura de relações.

Manutenção Programada

Manutenção realizada de acordo com uma calendarização pré-definida[11].

Manutenção Preditiva

Manutenção realizada de acordo com previsões extrapoladas da análise dos indicadores usados para caracterizar um determinado equipamento[11].

Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é posta em prática quando as avarias surgem de forma súbita e imprevisível, ou quando deliberadamente se deixa o bem funcionar até à falha, sendo aplicada quando existe paragem do equipamento. Segundo BSI 13306 [4] a manutenção corretiva é "*Manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria e destinada a repor um bem num estado em que pode realizar a função requerida*". Quando se trata de manutenção corretiva, deve-se sempre compreender que estas ações são curativas/corretivas. As ações curativas são executadas apenas depois de surgir o problema e tem como objetivo repor o equipamento ao estado original, fazendo com que o equipamento volte a ter as condições necessárias para funcionar como antes da anomalia.

Manutenção Preventiva

Aquando adotada, a manutenção preventiva é preparada e estruturada com antecedência, como tal é necessário criar e desenvolver planos de manutenção previamente delineados de modo a que possam ser postos em prática no momento mais oportuno. Este planeamento envolve uma preparação e programação da ação com base em dados anteriormente obtidos.

Segundo a AFNOR, através da sua Norma X 60-010 [5], manutenção preventiva é "*Manutenção efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de um bem ou a degradação de um serviço prestado"*. Este tipo de manutenção permite assegurar uma maior continuidade do trabalho. Tecnicamente falando, o ideal seria que um serviço de manutenção trabalhasse totalmente de forma preventiva [12]. A norma BSI 13306 [4] define manutenção preventiva como "*Manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem*".

Ramalho [13] define manutenção preventiva como, compreendendo todas as ações de manutenção que são realizadas antes da ocorrência de uma previsível falha. Trata-se, pois, de intervenções que são sempre programadas. Quanto aos dois tipos de manutenção preventiva, estas são baseadas no tempo ou baseadas na condição. São baseadas no tempo quando as atividades para manter as

capacidades funcionais dos equipamentos ou sistemas forem planeadas para serem realizadas em pontos específicos do funcionamento do bem (Ex. tempo, número de ciclos, quilómetros, quantidade de peças produzidas, entre outros, a unidades dependem do tipo de bem a ser mantido), sendo neste caso uma manutenção preventiva sistemática. São baseadas na condição, quando as tarefas são programadas devido a anormalidades detetadas em equipamentos durante o funcionamento.

Existe uma série de técnicas [9] de controlo de condição das máquinas e equipamentos das quais se destacam:

- Inspeção visual;
- Análise de vibração;
- Medições recorrendo a ultrassons;
- Verificação por partículas magnéticas;
- Análise de lubrificantes em serviço;
- Termografia;
- Análise aos parâmetros de rendimento.

Manutenção Sistemática

Inserem-se neste tipo de manutenção as intervenções preventivas de carácter cíclico que ocorram em intervalos regulares. Este tipo de manutenção implica o conhecimento do padrão típico da evolução da falha, seja por análise estatística da informação recolhida por registos anteriores, ou por informação fornecida pelo fabricante do equipamento. São exemplo de manutenção sistemática dos automóveis, as mudanças de óleo ou filtros, feitas a intervalos de quilometragem regulares [13].

Manutenção Condicionada

Compreende as ações de manutenção que são desencadeadas quando se atingem valores críticos de parâmetros associados ao funcionamento do equipamento e que refletem o seu estado. Esta forma de manutenção requer uma vigilância periódica ou permanente dos equipamentos, através de sensores adequados, cuja informação é confrontada com valores de alarme predefinidos. Quando se alcançam os valores de alarme é programada a intervenção de manutenção. Exemplos simples deste tipo de manutenção são a substituição das pastilhas de travão ou o controlo de nível de óleo, quando avisadores luminosos informam que se está a atingir o limite de utilização das pastilhas ou que se atingiu o nível mínimo de óleo.

Segundo GIAGI [14] – "*Para que uma instalação assegure a função para que foi concebida, é necessário que os seus equipamentos e máquinas sejam mantidos em boas condições de funcionamento. Isto requer que sejam efetuadas reparações, inspeções, rotinas preventivas, substituição de componentes ou peças, mudanças de óleo, limpezas, correção de defeitos, fabricação de componentes, pinturas, etc., para que se possa repor os níveis de operacionalidade. Este conjunto de ações forma o leque de atividades da Função Manutenção"*.

Só através de um plano de gestão de manutenção eficaz é que uma empresa transportadora pode cumprir a sua responsabilidade para com os clientes, a legislação e ambiente.

2.6 Gestão dos Custos da Manutenção

Após ter sido definido o que é a manutenção e a importância desta na indústria é preciso relacionar a gestão de custos com esta. Para tal é necessário primeiro saber como identificar os tipos de falhas que podem existir, a sua periodicidade e o modo como se identificam para se fazer uma correta gestão de custos. Havendo assim a necessidade de recorrer a técnicas de análise de falhas e com isto é necessário fazer referência à RCM e à FMEA.

A *RCM – Reliability Centred Maintenance* ou Manutenção Centrada na Fiabilidade

A RCM surgiu nos anos 70, nos vários tipos de indústria, no entanto um dos setores mais importantes onde esta política de manutenção tem maior importância é no setor da aviação. Neste setor, dois executivos da United Airlines, F. Stanley Nowlan e Howard Heap[15], chegaram à conclusão de que as falhas nos aviões simplesmente não eram aceitáveis, pois uma falha nestes equipamentos poderiam significar a perda de centenas de vidas. Como tal acharam importante ter uma atitude pró-ativa relativamente à manutenção destes aparelhos e arranjar uma forma de eliminar ou tentar reduzir a probabilidade da ocorrência de falhas. A partir deste momento surgiu o conceito da RCM que é na sua origem uma ferramenta pró-ativa na procura de soluções de manutenção. Com o evoluir da tecnologia a RCM evoluiu e adaptou-se aos diferentes campos da indústria e manutenção.

A Manutenção Centrada na Fiabilidade, ou RCM é uma ferramenta de análise de falhas como mencionado anteriormente. Esta tem como objetivos a segurança e a fiabilidade, ela usa a relação entre a causa-efeito para identificar possíveis falhas de componentes. Além desta componente de análise a RCM dá auxílio à criação de processos estruturados para auxiliar a tomada de decisões relativamente à escolha das diferentes estratégias de manutenção. Essas estratégias devem garantir o funcionamento dos equipamentos e dos processos agregados em segurança e também a fiabilidade dos mesmos.

Esta primeira técnica baseia-se na manutenção tendo em consideração a fiabilidade dos equipamentos. Ao se ter em conta a fiabilidade para se aplicar a manutenção é necessário ter em consideração os indicadores de fiabilidade associados a cada Modo de Falha. A fiabilidade de um equipamento é definida como sendo "a probabilidade de este desempenhar, de forma adequada, a função para o qual foi concebido, nas condições previstas e nos intervalos de tempo em que tal é exigido"[16]. Para tal ser aplicado é necessário quantificar e definir indicadores e embora sejam valores que exprimem probabilidades, estes revelam informação bastante útil sobre a ocorrência de avarias, tempos médios de reparação e disponibilidade de equipamentos. Estes indicadores são bastante uteis para o cálculo da periocidade de uma técnica de manutenção a ser aplicada um determinado equipamento. Para o cálculo destes indicadores é necessário ter um registo histórico detalhado do equipamento. Esta técnica tem como objetivo verificar se um determinado equipamento está a funcionar corretamente. Para tal, esta técnica visa verificar se o equipamento tem alguma falha não evidente. Com esta técnica consegue-se que haja um aumento de fiabilidade de um determinado equipamento, visto que se consegue evitar a ocorrência de falhas múltiplas e por sua vez diminuir a probabilidade de ocorrência destas falhas.

A Segunda técnica referida é a análise FMEA e esta analisa os diferentes modos de falha e os seus efeitos e esta está englobada na RCM. A metodologia RCM assenta em 6 passos, onde um dos 6 passos é a análise baseada nos efeitos e modos de falha (FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis*) [17] como indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Os 6 passos da metodoligia RCM

Metodologia RCM	**Definição**	1 – Preparação para a análise.
		2 – Delimitação do sistema (Seleção do equipamento a ser analisado).
		3 – Identificação das funções.
	Análise	4 – FMEA (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos)
		5 – Definição das políticas de manutenção.
	Ação	6 – Plano de Manutenção.

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a análise FMEA, primeiro é definido a prioridade de análise tendo em conta o risco (*RPN – Risk Priority Number).* Este número é definido através de três índices o O, o S e o D, Ocorrência *(Occurrence)*, Severidade *(Severity)* e Deteção *(Detection)*, respetivamente. Estes pontos são importantes para definir os parâmetros da análise das causas raiz *"root cause"* e dos efeitos finais *"end-effects"*. Este método é aplicado normalmente por equipas multidisciplinares que nas suas

diferentes áreas reúnem a informação em tabelas onde estas têm por base informação recolhida junto dos clientes *(VOC – Voice Of the Costumers)* e através de pontos chave para a construção destas.

Os pontos chave são, a função do objeto, o potencial modo de falha, as causas da falha, a raiz da falha, os efeitos da falha, a probabilidade de ocorrência, a severidade da falha, as dificuldades de deteção, a prioridade de análise *(RPN)* e as ações a tomar em caso de falha. O potencial modo de falha divide-se em quatro categorias que são, o não funcionamento completo, ou seja, a falha completa do sistema; a falha parcial, isto é, o sistema apenas perde parte do seu funcionamento; o funcionamento intermitente e o comportamento errático, isto é, a função desempenhada pelo sistema não é aquela que foi projetada. A probabilidade de falha é o resultado do produto entre a Ocorrência, a Severidade e a Deteção. Uma desvantagem que esta análise apresenta é no ponto da Deteção, pois, muitas vezes a falha só é detetada quando já se propagou para outros componentes comprometendo assim o funcionamento correto do ativo. Em muitos casos a falha só é detetada quando é catastrófica e, no entanto, a falha começou num equipamento mais pequeno e reparável. Para este ponto existem tabelas com critérios pré-definidos para atribuir níveis de risco à deteção de falhas. Como por exemplo a Tabela 2.

Tabela 2 - Critérios de análise de deteção de falhas

Dificuldade de deteção	Critérios	Avaliação
Impossível	Sem técnicas conhecidas	10
Remota	Apenas técnicas pouco fiáveis ou sem provas dadas	9
Muito ligeira	Testes de longa duração comprovados em componentes do sistema	8
Ligeira	Testes em protótipos com componentes do sistema instalados	7
Baixa	Testes em componentes idênticos ao do sistema	6
Média	Testes em componentes pré-fabricados do sistema	5
Moderada	Testes em protótipos anteriores dos elementos do sistema	4
Boa	Simulação e modelação	3
Elevada probabilidade	Programação computacional comprovada na fase de projeto	2
Certa	Métodos comprovados para deteção na fase do fabrico	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Além da Deteção tem-se como já referido a Severidade e esta é defenida através de critérios pré defenidos como os presentes na Tabela 3 onde se é dada uma classificação ou índice de severidade e este está agregado a um efeito.

Tabela 3 - Critérios de Severidade

Efeito	Critério (Severidade do efeito)	Índice de Severidade
Perigoso sem aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do produto e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental sem aviso prévio.	10
Perigoso com aviso prévio	Índice de severidade muito alto quando o modo de falha potencial afeta a segurança na operação do produto e/ou envolve não conformidade com a legislação governamental com aviso prévio.	9
Muito alto	Produto/Item inoperável, com perda das funções primárias.	8
Alto	Produto/Item operável, mas com nível de desempenho reduzido. Cliente insatisfeito.	7
Moderado	Produto/Item operável, mas com nível de conforto/ conveniência baixo. Cliente sente desconforto.	6
Baixo	Produto/Item operável, mas com nível de conforto/ conveniência e desempenho reduzido. O cliente sente alguma insatisfação.	5
Muito baixo	Itens: Forma e acabamento não conforme. Defeito notado pela maioria dos clientes.	4
Menor	Itens: Forma e acabamento não conforme. Defeito notado por alguns clientes.	3
Muito menor	Itens: Forma e acabamento não conforme. Defeito notado por clientes acurados.	2
Nenhum	Sem efeito	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo em conta as Tabelas anteriores existe também outro critério que pode ser apresentado por via de uma Tabela que faz parte do conjunto O, S e D da análise FMEA. Essa é a Tabela de ocorrência de falhas, onde se tem o efeito da falha, a taxa de falhas possíveis, o Índice de capaciade do processo (Cpk), que representa a probabilidade do acontecimento e o Índice O em si avaliado de 1 a 10. Um resumo disto é a Tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de Ocorrência de Falhas

Efeito	Taxa de Falhas possíveis (número de horas)	Cpk	Índice (O)
Muito alta: A falha é quase inevitável	≥ 1em 2	≥ 0,33	10
	≥ 1 em 3		9
Alta: Geralmente associada a processos similares aos anteriores que apresentaram falhas frequentes	1 em 8	≥ 0,51	8
	1 em 20	≥ 0,67	7
Moderada: Geralmente associada a processos similares aos anteriores que apresentaram falhas ocasionais, mas não em maiores proporções	1 em 80	≥ 0,83	6
	1 em 400	≥ 1,00	5
	1 em 2000	≥ 1,17	4
Baixa: Associada a processos similares que apresentaram poucas falhas	1 em 15000	≥ 1,33	3
Muito baixa: Associada a processos quase idênticos que apresentaram apenas falhas isoladas	1 em 150000	≥ 1,50	2
Improvável: Falha é improvável. Processos quase idênticos nunca apresentaram falhas	≤ 1 em 1500000	≥ 1,67	1

Fonte: Elaborado pelo autor

Após a análise FMEA concluída segue-se para a realização de uma lista de ações a tomar para prevenir futuras falhas. Existem cinco pontos essenciais que se aplicam à maioria dos casos de falhas e esses são:

- Criar sistemas redundantes e instruções à prova de erro para a instalação e uso,
- Melhorar as condições de desempenho por forma a reduzir o impacto no sistema e no utilizador em caso de falha;
- Desenvolver meios de deteção de erros durante o fabrico, isto é, recorrendo à inspeção, aos ensaios em fábrica e testar erros já conhecidos para o sistema em causa;
- Realizar vários e deversos testes por forma a enviar informações corretas para a base de dados existente de probabilidades e severidade da tipologia de erros já existente;
- Importância de fornecer durante todo o processo de fabrico e ensaios, informação sobre potenciais falhas para aquele produto.

Como já referido os indicadores da RCM são alguns e dão indicações temporais e probabilísticas. Sendo o primeiro a enumerar o *FFI – Failure Finding Interval*, ou seja, a periodicidade a aplicar às técnicas de deteção de falhas. Este método pode ser dado através de duas expressões. A primeira é dada pela equação 1[18].

- $FFI = U \times MTBF \leftrightarrow FFI = (100\% - A) \times MTBF\ [anos]$ (1)

Onde:

FFI é a periodicidade das técnicas de deteção de falhas [anos].
A é a disponibilidade desejada para o equipamento [%]
U é a indisponibilidade do equipamento [%]
MTBF é o tempo médio entre falhas do equipamento [anos].

Nesta primeira expressão apenas é relacionado o MTBF do equipamento com a sua indisponibilidade, não tendo em consideração quando existem múltiplas falhas. Para tal deve-se recorrer à segunda expressão que determina o FFI através do tempo médio entre falhas múltiplas ($MTBF_{FM}$), o valor do tempo médio entre falhas para a primeira falha do equipamento ($MTBF_1$) e o tempo médio entre falhas para uma segunda falha ($MTBF_2$). A segunda forma de cálculo do FFI é dada pela expressão 2.

- $FFI = 2 \times \frac{MTBF_1 \times MTBF_2}{MTBF_{FM}}\ [anos]$ (2)

Onde:

FFI é a periodicidade das técnicas de deteção de falhas [anos].
$MTBF_1$ é o tempo médio entre falhas para a primeira falha do equipamento [anos].
$MTBF_2$ é o tempo médio entre falhas para a segunda falha [anos].
$MTBF_{FM}$ é o tempo médio entre falhas múltiplas [anos].

Componentes Reparáveis Vs Componentes Não Reparáveis

Um componente reparável é todo o componente que pode ser reposto ao serviço após ser sujeito a operações de manutenção realizadas com o intuito de eliminar qualquer irregularidade detetada, ao contrário dos componentes não reparáveis, que após a primeira falha são substituídos por outros iguais, ou seja, a manutenção não é capaz de repor as funções a desempenhar [19].

De forma a ser possível determinar a disponibilidade e a indisponibilidade de um equipamento reparável é necessário determinar três tempos médios e são eles:

- Tempo Médio Entre Falhas, designado por *Mean Time Between Failures* (MTBF);
- Tempo Médio Para Reparação, designado por *Mean Time To Repare* (MTTR);
- Tempo Médio Até Avariar, designado por *Mean Time To Failure* (MTTF).

O MTTF é utilizado quando se trata de componentes não reparáveis, visto nestes apenas ser considerado o tempo até avariarem pela primeira vez como já referido. Este indicador é de elevada importância em componentes críticos dentro do grupo dos não reparáveis, pois fornece uma estimativa da fiabilidade destes componentes e assim fornece também uma indicação estimada de quanto tempo o componente ou outros similares irão estar em funcionamento pleno. Sendo assim estimar os tempos até uma intervenção para substituição destes.

Como referido anteriormente o indicador MTTF representa o tempo médio em que o sistema se encontra em funcionamento até avariar. Dito de outra forma é o tempo que decorre, em média, entre avarias consecutivas. O MTTF pode ser calculado da seguinte forma[16], [20]:

- $MTTF = \frac{1}{N_f}\sum_{I=1}^{N_f} t_i^F \ [anos]$ (3)

Em que:

N_f é o número de períodos de funcionamento
t_i^F é a duração do período de funcionamento

Por exemplo se se tiver um MTTF = 2, significa que o equipamento tem uma avaria, em média, de 2 em dois anos. No entanto este tempo médio não indica um calendário de manutenção completo e para tal é necessário determinar a taxa de avarias (λ), que indica o número de avarias por ano. A expressão da taxa de avarias é dada por:

- $\lambda = \frac{1}{MTTF} \ [avarias/ano]$ (4)

O MTTR é um indicador da sustentabilidade de um determinado equipamento, em última análise, é um indicador da eficiência com que uma empresa consegue resolver uma falha. Este indicador depois de conhecido pode ser utilizado como meio para se otimizar um processo produtivo, pois torna possível o conhecimento de quais os equipamentos que levam mais tempo a ser reparados e permite saber qual a melhor forma de reduzir esse tempo de paragem para melhorar a eficiência do

equipamento. Um equipamento torna-se mais eficiente quanto menor for o tempo de paragem para reparações, ou seja, quanto menor o MTTR mais eficiente é o equipamento.

Como já mencionado o MTTR representa o tempo (em anos) necessário para a reparação de um equipamento onde se verificou uma falha. Este tempo inclui o tempo médio de diagnóstico da avaria, o tempo da deslocação das equipas ao local e o tempo até que o aparelho seja reposto em funcionamento. O MTTR pode ser calculado da seguinte forma[16], [20]:

- $MTTR = \frac{1}{N_A} \sum_{i=1}^{N_A} t_i^A \ [horas]$ (5)

Em que:

N_A é o número de períodos em que o equipamento se encontra avariado

t_i^A é o tempo em que o equipamento permanece avariado

Determinado o MTTR é possível calcular a taxa de reparação (μ) do equipamento, que resulta fazendo o inverso do valor obtido no cálculo do MTTR:

- $\mu = \frac{1}{MTTR} \ [horas^{-1}]$ (6)

O MTBF é o período médio entre falhas, isto é, é um valor atribuído a um determinado equipamento que, juntamente com os restantes indicadores já mencionados, descreve a fiabilidade de um equipamento. Este valor indica aproximadamente quando poderá ocorrer uma falha no equipamento. Quanto maior for o valor deste indicador, maior será a fiabilidade do equipamento.

Geralmente o valor deste indicador é fornecido pelo fabricante do equipamento ou das peças nas respetivas fichas técnicas e indica, de acordo com os ensaios realizados após o fabrico, qual será o tempo médio entre falhas expectável daquele equipamento. Este tempo normalmente é fornecido em horas, no entanto não é uma previsão fixa de quando o equipamento irá falhar, trata se sim de uma estimativa de quando provavelmente o equipamento irá falhar. Nos equipamentos reparáveis, já referidos, este indicador além da utilizado após o fabrico destes, é também utilizado durante o seu ciclo de vida entre as diversas intervenções que o equipamento terá de sofrer. Nesta situação como já referido é preferível que estas sejam reduzidas aumentando assim o valor do MTBF e consequentemente aumente a fiabilidade dos equipamentos.

Tendo em conta as equações anteriores e que o MTBF indica o tempo médio que decorre entre duas avarias consecutivas, o que corresponde ao tempo médio de um ciclo de funcionamento-avaria. É possível fazer o cálculo do MTBF tendo em conta os parâmetros anteriores calculados, isto é, o MTBF pode ser determinado através da soma dos tempos médios já apresentados (MTTF e MTTR):

- $MTBF = MTTF + MTTR$ (7)

Esta relação é habitual em sistemas de potência, uma vez que os tempos de funcionamento são bastante elevados face aos tempos de reparação. Após a determinação destes três tempos médios, é possível calcular a probabilidade de um equipamento se encontrar no estado de avaria. Essa probabilidade é definida como sendo a indisponibilidade do equipamento (U) e é calculada da seguinte forma[20]:

- $U = \frac{MTTR}{MTBF}$ [%] (8)

De uma forma análoga é também possível determinar a disponibilidade (A) do sistema, que se define como sendo a probabilidade do equipamento se encontrar em funcionamento. O seu cálculo é efetuado a partir da seguinte fórmula:

- $A = \frac{MTTF}{MTBF}$ [%] (9)

Um dos principais objetivos da manutenção é aumentar ao máximo a disponibilidade do equipamento, e com se pode ver na expressão, isso consegue-se reduzindo o tempo de reparação e aumentando o tempo médio entre falhas.

Relação entre o LCC, a RCM e a FMEA

A ligação entre o LCC, a RCM e a FMEA é a avaliação dos custos inerentes às falhas e a análise das mesmas. Isto é, a análise da FMEA que se baseia na análise da probabilidade de falha e seus efeitos vai influenciar a análise da RCM que entra com a fiabilidade dos equipamentos e estas falhas e seus efeitos representam para a manutenção intervenções para correção ou apenas para prevenir o aparecimento destas falhas. Ainda na RCM esta relação também representa uma parte ligada à operação dos equipamentos, isto é, necessário realizar planos de operacionalidade por forma a se ter uma noção de quais os tempos uteis de funcionamento como será referidos mais adiante, como parte integrante da RCM. Em suma é possível afirmar que a FMEA analisa a possibilidade de ocurrência de falhas e a sua severidade, o que influência a RCM, visto a FMEA fazer parte de um dos parâmetros

de análise desta e por fim estas análises estão ligadas a custos que vão influênciar a análise de custos do LCC.

Além da FMEA outras ferramentas dentro dos diferentes tipos de manutenção são utilizadas tais como a curva da banheira que é utilizada aquando se pratica a manutenção preventiva sistemática. Esta é realizada com base num plano calendarizado. É assumido que as falhas ocorrem de um modo aproximadamente previsível, sendo que os trabalhos são planeados com uma periocidade que permita realizar as ações de manutenção antes da ocorrência de uma falha. A manutenção é realizada em intervalos de tempo pré-estabelecidos com base nas previsões de ocorrência das falhas. As previsões de falhas derivam de um modelo de degradação dos equipamentos ao longo da sua vida útil, denominado de "curva da banheira". Esta apresenta vários modelos os quais variam de produto para produto e também com o tempo. Isto é, para alguns bem, os reparáveis por exemplo aplicam se os modelos relacionados com a idade. Para os produtos não reparáveis ou consumíveis são aplicados modelos onde o tempo não influência a evolução da taxa de avarias. A curva da banheira apresenta 3 estágios, a mortalidade infantil, a vida útil e a taxa de desgaste. No primeiro estão as falhas que ocorrem logo após a entrada em funcionamento do equipamento, são as falhas prematuras. O segundo estágio, o da vida útil a taxa de avarias é constante, isto é, a probabilidade de aparecimento de uma falha é uniforme. O terceiro e último estágio é quando o equipamento está próximo do seu fim de vida e aí a taxa de avarias é crescente logo existe uma maior probabilidade de falhas.

A curva da banheira tem vários modelos consoante o caso em estudo. De seguida irão ser apresentados alguns exemplos de modelos.

Curva da Banheira – Modelo Tradicional

A curva da banheira (Figura 2) mostra a taxa de falhas ao longo do tempo de vida de um equipamento. Esta apresenta três estágios, O primeiro estágio chamado de mortalidade infantil, mostra a probabilidade do aparecimento de falhas nos primeiros estágios da "vida" do equipamento em estudo, que normalmente apresenta um decréscimo até se atingir um segundo estado mais constante. O segundo estágio é chamado de vida útil, e é onde a taxa de avarias é constante e a probabilidade de falhas ocorrerem é menor que no estágio anterior. O terceiro e último estágio é denominado por desgaste e é onde a taxa de avarias volta a aumentar, pois é onde o equipamento se encontra no seu fim de vida. Neste último a duração do mesmo pode ser alterada e a taxa de avarias pode ser levada novamente para próximo dos valores constantes do segundo estado. Isto é possível com uma política de manutenção adequada, onde o equipamento é intervencionado prolongando assim a sua vida útil.

Com o histórico de registos de manutenção normalmente é indicado que um equipamento tem, no início de sua vida útil, uma taxa elevada de falhas, devido a problemas de fabrico, instalação inadequada, componentes defeituosos ou montagem incorreta. Com o passar do tempo, estas falhas são corrigidas, e o equipamento entra num patamar de estabilidade, com uma taxa de falhas constante (vida útil) neste estado as falhas, quando ocorrem são aleatórias. Depois de algum tempo de laboração, que pode ser variável consoante as condições de uso e agressividade do ambiente em que o equipamento se encontra, a taxa de falhas começa a aumentar, devido ao desgaste dos componentes. A representação gráfica deste comportamento é a chamada curva da banheira.

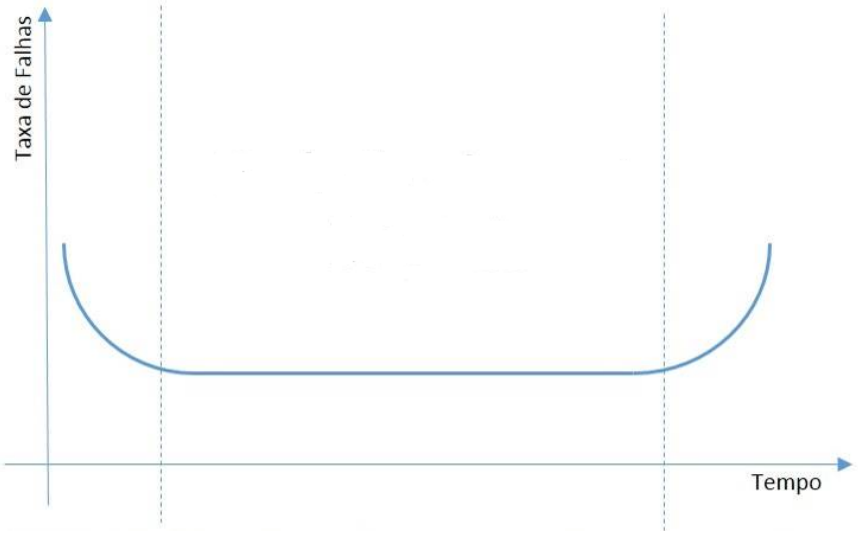

Figura 2 - Modelo original da Curva da Banheira

Fonte: Elaborado pelo autor

É necessário ter em consideração alguns fatores no que toca à manutenção e a análise auxiliada por este tipo de curva, é boa no sentido em que permite dar uma ferramenta ao gestor da manutenção de qual o tipo de intervenção que deverá ser feita e uma aproximação de quando um equipamento deverá ser intervencionado. É necessário ter em consideração que todas as peças de uma máquina têm a sua curva da banheira e se o gestor decidir arbitrariamente quando mudar um ou mais componentes aplicando uma manutenção preventiva, pode estar a introduzir um aumento na taxa de falhas devido ao período de mortalidade infantil das novas peças e assim reduzir o tempo de vida útil de todo o equipamento. Para evitar tal erro antes de se optar por uma intervenção é necessário planear e estimar com o menor erro possível o tempo até á próxima intervenção. Com isto deixa-se de se estar no campo da manutenção preventiva, entrando assim na manutenção preditiva, onde se prevê os

períodos de intervenção. Como mostra a Figura 3 quando é realizada uma intervenção preventiva por exemplo, a curva da banheira volta ao seu estado inicial e volta se a contabilizar o tempo do início.

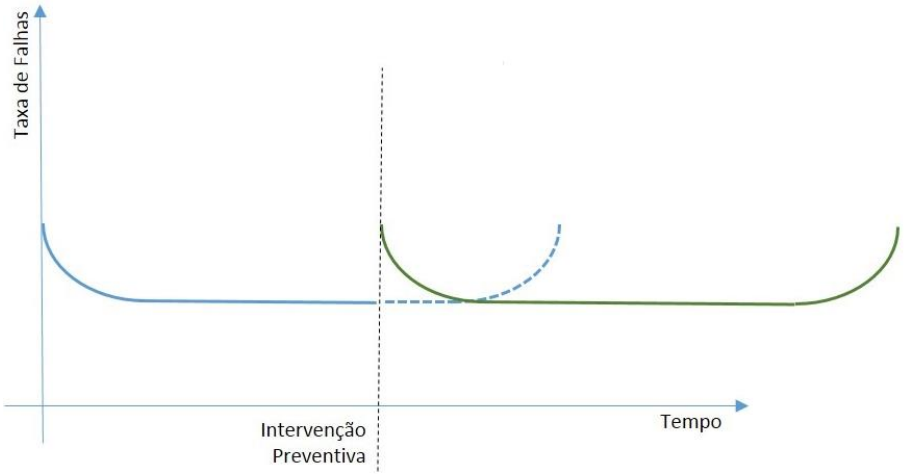

Figura 3 - Curva da Banheira após intervenção preventiva

Fonte: Elaborado pelo autor

Outros modelos

John Moubray [21], teórico da Manutenção Centrada na fiabilidade, realizou um estudo estatístico, na Indústria Aeronáutica, e verificou existirem diferentes tipos de Curva da Banheira, dos quais temos os modelos A, B, C, D, E e F.

O modelo A (Figura 4) representa falhas relacionadas com a idade das quais 4% das mesmas seguem este modelo, o modelo B (Figura 5) representa também falhas relacionadas com a idade, no entanto este modelo é para equipamentos que se considera que não apresentam mortalidade infantil e apenas 2% das falhas conhecidas seguem este modelo.

Figura 4 - Curva da Banheira do Tipo A

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 5 - Curva da Banheira do Tipo B

Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo C (Figura 6) representa as falhas relacionadas com a idade, no entanto não caracteriza a zona de desgaste e apresenta uma taxa de desgaste crescente ao longo do tempo, apenas 5% das falhas seguem este modelo. O modelo D (Figura 7) apresenta as falhas que não estão relacionadas com a idade, onde quando o equipamento é novo apresenta uma taxa de falhas baixa que vai crescendo até atingir um patamar constante ao longo da vida do equipamento. Apenas 7% das falhas seguem este modelo.

Figura 6 - Curva da Banheira do Tipo C

Fonte: Elaborado pelo autor

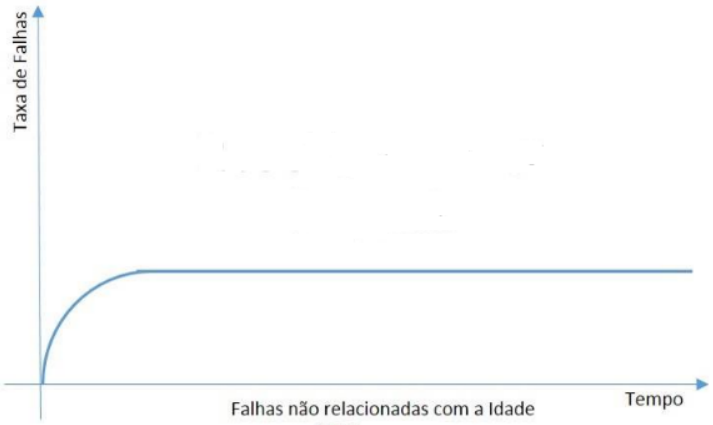

Figura 7 – Curva da Banheira do Tipo D

Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo E (Figura 8) apresenta as falhas não relacionadas com a idade que apresentam uma taxa de avarias constante ao longo da vida do equipamento. Cerca de 14% das falhas seguem este modelo. O modelo F (Figura 9) representa falhas não relacionadas com a idade e apresenta falhas que no seu início de vida têm uma redução rápida na taxa de falhas que a certo ponto estabilizam num patamar constante até ao fim da vida do equipamento. Cerca de 68% das falhas seguem este modelo. É importante ter em conta que em todos os patamares constantes de todos os modelos as falhas são aleatórias ao longo do tempo.

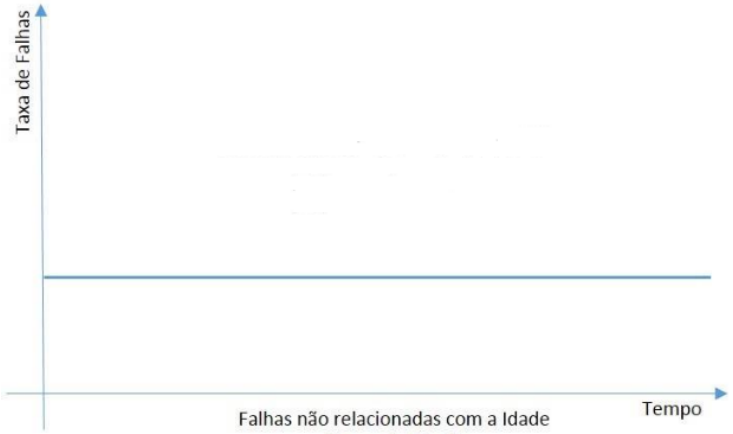

Figura 8 - Curva da Banheira do Tipo E

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 9 - Curva da Banheira do Tipo F

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com a pesquisa feita por Moubray, apenas 11% (curvas do tipo, A, B e C) dos equipamentos possuem desgaste com o tempo. Nos demais casos (curvas D, E e F) os equipamentos não são afetados pelo desgaste ao longo do tempo.

Pode -se confirmar estas premissas tendo como exemplo os equipamentos eletrónicos. Por exemplo nos telemóveis, quando estes falham, normalmente não se considera um aumento da taxa de falhas, pois estes simplesmente falham e é necessário mudar os componentes.

Este tipo de análise pode ser aplicado em vários casos como por exemplo, o que se irá mencionar no caso de estudo mais a diante. Assumindo um projeto, uma construção e uma instalação apropriadas, o volume total de combustível em ambas as fases (líquido e gasoso) retido dentro desta, é de esperar que seja igual ao volume total para o qual esta foi desenhada não existindo assim nenhuma fuga. No entanto, avarias nas válvulas, montagem errada das mesmas, falhas nas soldaduras ou até mesmo material de fraca qualidade podem conduzir a uma falha precoce.

Obviamente que todos os bens com partes móveis acabam por se desgastar e eventualmente necessitam de ser trocados. Assim o dono da cisterna e a empresa transportadora devem reconhecer esta necessidade e para tal devem criar ou desenvolver um plano para fazer face ao inevitável desgaste dos equipamentos.

Para uma empresa transportadora o essencial do seu negócio é o transporte de mercadorias, onde para o caso, entra o transporte de combustíveis. Para este negócio ter sucesso são necessárias várias cisternas. Como tal o investimento neles torna-se essencial e por sua vez é vital estarem o máximo tempo possível na estrada.

Além da curva da banheira para analisar a taxa de falhas ao longo do período de utilização dos equipamentos existe também a denominada Análise de falhas. Dentro da análise de falhas existe a Análise da Causa Raiz (*RCA – Root Cause Analysis)*.

Manutenção Centrada na Fiabilidade e Análise da Causa Raiz

A RCM [18] e a RCA [22] são ferramentas diferentes, no entanto, elas complementam-se, pois, ambas procuram a resposta à pergunta "Qual a causa da falha?". A diferença entre elas está no fator temporal, isto é, a RCM procura respostas sobre o que poderá acontecer no futuro e a RCA analisa o que já ocorreu. Assim sendo uma pode complementar a outra.

Tendo por base o já referido pode-se afirmar que a RCA e a RCM são diferentes, mas complementares. Tanto a RCM como a RCA têm várias metodologias diferentes de análise e cada uma tem as suas próprias etapas. É importante saber distinguir cada uma delas e não confundir uma com a outra. Como já mencionado a RCM identifica todas as maneiras diferentes pelas quais um equipamento ou processo pode falhar no futuro, enquanto a RCA identifica todas as causas responsáveis pela falha, dando a resposta de qual a razão do aparecimento da falha. Por outras palavras a RCM apresenta a questão "O que pode causar o problema?". Enquanto a RCA analisa a falha respondendo à pergunta "Qual foi a causa do problema?". Essas duas perguntas auxiliam a diferenciar os dois métodos, mas também ajudam a perceber quais os pontos comuns entre eles. Ambos exigem que que haja um conhecimento sobre qual função do equipamento, qual o seu histórico operacional e de manutenção, quais os modos de falhas mais comuns para o tipo de equipamento e quais as razões mais comuns para estes surgirem. O conhecimento sobre estas duas ferramentas ajuda a melhorar a manutenção e a fiabilidade dos equipamentos.

A RCA faz três perguntas, cada uma focada na falha que já ocorreu:

- Qual era o problema?
- Quais foram as causas do problema?
- Que ação deve ser tomada para impedir que o problema ocorra novamente?

A RCM, por outro lado, faz sete perguntas que se concentram em falhas que podem ocorrer no futuro:

- Quais são as funções do equipamento ou processo?
- No desempenho da sua função quais os possíveis modos de falha?
- Qual o motivo da falha?
- Quais são os efeitos de cada falha?

- Qual o efeito final de cada falha?
- Que ações devem ser tomadas para prever e impedir cada falha?
- Que ações devem ser tomadas se uma falha não puder ser prevista?

É necessário ter em conta que esta ferramenta é trabalhosa e pode não apresentar efeitos a longo prazo, no entanto cabe a cada empresa empregar esta ferramenta da melhor forma possível para se obter resultados, isto é, é necessário saber em concreto onde aplicar, pois esta ferramenta se aplicada sem um objetivo final os resultados tardam a aparecer. Uma forma rápida de aplicar eficazmente esta ferramenta é recorrendo a software de gestão da manutenção.

É habitual existir o pensamento "Se a RCM é pró-ativa na resolução de falhas, por que motivo é necessário existir e aplicar a análise de falhas (RCA)?". Embora a RCM ser pró-ativa esta não consegue prever todas as falhas possíveis de um equipamento, apenas consegue identificar a maioria e como não é possível identificar a 100% todas as falhas é necessário existir uma análise para a minoria das falhas que não é identificada e aí entra a RCA que analisa quais as causas para aquela falha que não estava prevista. Com isto a RCA complementa a RCM, pois ela identifica as falhas que a primeira não consegue prever e estas falhas passam a fazer parte do histórico do equipamento e por sua vez da RCM, minimizando assim a manutenção reativa.

Tabela 5 - Comparação entra RCM e RCA

Manutenção Centrada na Fiabilidade	Análise da Causa Raiz
Pró-ativa	Reativa
Inicio tendo em vista a Fiabilidade	Início após a falha
Feita antes da operação da máquina	Feita após a falha
Analisa possibilidades	Analisa causas

Fonte: Elaborado pelo autor

Análise de Causa Raiz

A Análise de Falhas consiste em analisar a ocorrência de um determinado problema, sua severidade e encontrar a sua causa raiz. Ou seja, o que levou ao aparecimento da falha. [22]

Há uma variedade de métodos de resolução dos problemas provenientes da análise de falhas. Os diferentes métodos são descritos e comparados para que os profissionais de manutenção possam selecionar a ferramenta correta e propor uma solução com maior eficiência e menor custo.

O objetivo desta análise é identificar a verdadeira causa raiz das falhas e com isso tomar decisões e ações que evitem ou minimizem o reaparecimento das falhas identificadas. O processo investiga três

tipos típicos de causas de falhas, são elas, falhas dos componentes, erros humanos e as falhas na formação.

Após a análise, é emitido um relatório sobre as causas e efeitos da falha, além de um plano abrangente de ações para evitar que elas voltem a ocorrer.

A RCA [22] é uma parte importante dos contratos de soluções de manutenção integrada e manutenção de fiabilidade proativa. É também uma motivação para a melhoria contínua.

Estes conceitos surgem da necessidade de garantir a qualidade e o controlo dos diferentes processos de obtenção de produtos de qualidade e fiáveis. Para tal surge um novo tipo de gestão a Gestão da Qualidade. Com isso em vista foram criadas uma série de ferramentas e métodos para assegurar que o fabrico dos produtos se mantivesse dentro dos parâmetros de qualidade exigido pelo mercado.

A evolução dessas ferramentas fez com que cada vez mais estas deixassem de ser utilizadas apenas em fábricas, sendo cada vez mais aplicadas e adaptadas aos serviços ligados à produção e a outros tipos de serviços.

A abordagem prática e orientada para a resolução de problemas permitiu que a adoção destas metodologias trouxesse um grande benefício para a gestão, especialmente devido à objetividade e facilidade de acompanhamento, principalmente quando combinadas com ferramentas de tomada de decisão.

Em suma, o processo de Análise da Causa Raiz pode ser definido como uma análise capaz de definir um problema, de identificar as possíveis causas, permitir analisar a verdadeira causa da falha, possibilita a proposta de uma solução e respetiva implementação e no fim permite a análise dos resultados por forma a verificar a sua efetividade.

No âmbito da gestão, as análises de causas e efeitos são geralmente aplicadas aos desvios das metas pré-definidas e para a identificação dos principais fatores que levam ao insucesso verificado no período em análise.

Desta forma, ao resolver ou minimizar o que provoca o desvio dos parâmetros estabelecidos é possível atuar e tentar manter os resultados dentro ou próximo dos valores a serem atingidos e assim manter a produção ou serviços dentro dos objetivos ambicionados.

Dentro das ferramentas existentes é necessário ter em conta que cada uma tem as suas particularidades e objetivos e cada organização deve pegar nas ferramentas existentes e verificar qual ou quais se melhor aplicam à situação da empresa visando os objetivos a atingir.

Algumas das mais utilizadas estão enunciadas abaixo e também serão apresentadas algumas vantagens e desvantagem. São elas [22]:

1. Método dos 5 porquês;
2. Diagrama de Ishikawa;
3. Método da Árvore de falhas;
4. Diagrama de Pareto;
5. Matriz GUT.

Cada ferramenta será mais eficiente consoante o tipo de falha. Portanto, o profissional responsável pela análise de falhas deve saber como selecionar essas ferramentas e como combiná-las para chegar a uma conclusão satisfatória e a partir daí, tomar uma ação.

As ações corretivas e preventivas tomadas com base na Análise de Falhas devem responder a três perguntas:

1. Vai a ação corrigir o efeito (consequência) da falha em questão?
2. Vai a ação eliminar a causa que está na origem da falha em questão?
3. Vai essa ação facilitar a deteção dessa falha numa situação similar no futuro?

Assim sendo, apenas a escolha correta das ferramentas para análise proporcionará respostas assertivas para tais perguntas.

Após referência a algumas ferramentas utilizadas, irão ser agora detalhadas as mesmas, acompanhadas das respetivas explicações de funcionamento de cada uma.

Ferramentas da Análise de Falhas [22]

Tabela 6 – Resumo da funcionalidade das ferramentas de Análise de falhas

Ferramenta	O que avalia?	Forma de avaliação	Tipo de análise
Cinco Porquês	Possíveis causas de um problema	Questiona sucessivamente até haver solução	Qualitativa
Diagrama de Ishikawa	Possíveis causas e riscos de um problema	Organiza por categorias as deferentes causas em análise	Qualitativa
Método da Árvore de Falhas	Possíveis causas de falhas	Organiza de forma estratificada os possíveis modos de falhas e suas causas para identificação da causa do problema	Qualitativa
Diagrama de Pareto	Quais as principais origens dos problemas	Organiza percentualmente os problemas da maior para a menor frequência	Quantitativa
Matriz GUT	A prioridade das tarefas	Atribui uma classificação por forma a ser possível organizar a ordem de intervenção nos problemas	Quantitativa

Fonte: Elaborado pelo autor

Cinco Porquês [22]

Esta ferramenta foi criada por Taiichi Ohno, nos anos 50, ele como funcionário da Toyota, verificou a necessidade de melhorar a qualidade dos produtos da empresa para atender às necessidades dos clientes. Após as 5 perguntas, Ohno acreditava que já se teria chegado à verdadeira causa raiz do problema, podendo assim tomar as devidas providências para a eliminar e assim criar um processo que garantisse a qualidade das entregas. Daí surgir o nome da análise "Análise dos 5 porquês".

A ferramenta da qualidade "5 porquês" é a mais simples das apresentadas, no entanto a sua simplicidade não implica ineficiência. Este método parte do princípio do aprofundamento em torno de uma questão. Estas perguntas procuram respostas concretas e estas encaminham para as perguntas seguintes e assim sucessivamente até se chegar a uma conclusão de qual foi a causa que esteve na origem de todos os problemas e de todos os sintomas. É muito usada quando se quer melhorar a qualidade das entregas e se quer proceder à melhoria contínua dos processos.

A metodologia desta ferramenta tem por base a aplicação da questão porquê, de forma consecutiva, em várias etapas da análise do problema, isto é, faz-se a primeira questão e depois de se ter a resposta questiona-se essa resposta e assim sucessivamente até se chegar a uma conclusão onde não existam mais dúvidas. Normalmente ao fim das 5 primeiras questões já se tem uma resposta concreta ao

problema inicial. No entanto, se à quinta pergunta não se obtiver nenhuma conclusão este método não impede que se continue com as perguntas até se encontrar o problema inicial. O importante neste método é questionar sempre até que se chegue a uma resposta plausível para a origem do problema. A Figura 10 mostra um exemplo de aplicação deste método.

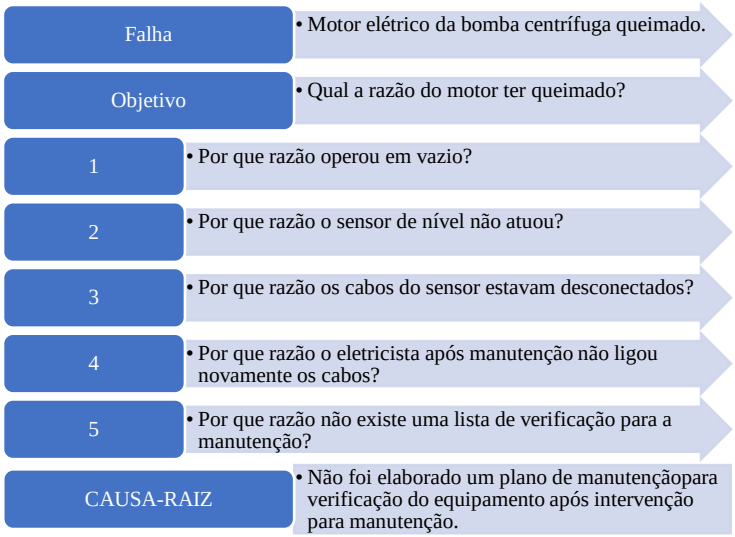

Figura 10 - Exemplo de aplicação do método dos 5 porquês.

Fonte: Elaborado pelo autor

Vantagens

Não é necessária uma equipa de grandes dimensões basta por exemplo uma equipa de três a quatro pessoas para executar a análise. Isto quando se trata de equipamentos simples como rolamentos, retentores, componentes elétricos, entre outros, esta ferramenta é uma ótima opção. O fato de os parâmetros de construção, manutenção e operação dos componentes estarem bem definidos pelo fabricante facilitam o processo de análise.

Por outro lado, a ferramenta não funciona tão bem para a análise de falhas com causas de origem humana e das organizações, nestes casos além da análise de falhas é necessário recorrer a ferramentas de análise do erro humano. O método é flexível e sem regras complexas, o que torna possível explorar melhor a elaboração das perguntas e obtenção das respostas. O sucesso da aplicação da ferramenta dependerá diretamente do conhecimento técnico dos envolvidos e também da persistência e dedicação em encontrar a causa da falha.

Limitações

Esse método é baseado no conceito de que cada falha tem uma causa única. Se várias causas resultarem na mesma falha ou se uma combinação de causas originarem a falha, algumas destas podem ser negligenciadas. E quando se trata de máquinas e equipamentos complexos, é raro que exista uma única causa para uma falha.

Quando múltiplos caminhos dos cinco porquês são utilizados, pode haver mais do que uma resposta para alguns dos porquês e a análise acaba por se tornar complexa. Uma maneira de resolver este problema é, na mesma análise, combinar esta ferramenta com outras que se apliquem.

A aplicação desta ferramenta da qualidade é especialmente indicada para problemas de poucas variáveis. Quando os problemas se tornam mais complexos, é necessário ter em conta diversos outros fatores e este método acaba por se tornar ineficaz.

Diagrama de Ishikawa [22]

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa-Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe, é uma ferramenta gráfica utilizada para mapear as possíveis causas do problema a analisar.

Devido a sua forma em hierarquia, ela permite agrupar e visualizar várias causas que são consideradas como possíveis origens de um problema ou de uma oportunidade de melhoria que se deseja alcançar, além de seus efeitos sobre o problema ou resultado.

Na sua estrutura de análise de causa e efeito para identificar causa raiz do problema, a construção do Diagrama de Ishikawa segue as seguintes etapas:

1. Determinar o problema a ser analisado;
2. Reunir informações referentes ao problema;
3. Realizar, junto da equipa, um *brainstorming* do problema, identificando possíveis causas, tanto primárias como secundárias;
4. Identificar as causas mais pertinentes ao problema e agrupá-los de acordo com os 6M's;
5. Propor soluções para as causas levantadas, dando a responsabilidade a uma pessoa ou um grupo de pessoas para implementarem a solução.

Um diagrama de espinha de peixe completo inclui uma espinha central e ramos que se assemelham ao esqueleto de um peixe. As ramificações são usadas para categorizar as causas, seja por sequência ou função do processo. Em cada categoria, as potenciais causas são enumeradas e validadas usando evidências ou outras ferramentas analíticas. As categorias definidas são seis e estão definidas por origem, como indicado os 6M's:

1. Máquina;
2. Mão de Obra;
3. Medidas e Dados Quantitativos;
4. Meio-Ambiente e Condições de Operação;
5. Método;
6. Material.

Quando todo o diagrama estiver preenchido, é possível verificar claramente o que é ou não, uma possível causa do problema. O preenchimento do Diagrama de Ishikawa começa sempre da direita para esquerda, onde é apontado qual o efeito da falha e em seguida, as suas possíveis causas de acordo com a respetiva categoria/origem. Para uma melhor visualização do indicado seguidamente encontra-se um exemplo de um diagrama.

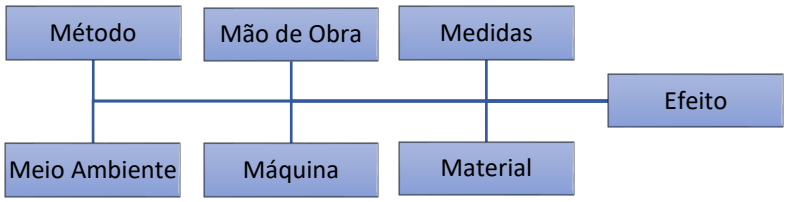

Figura 11 - Diagrama de Ishikawa ou Espinha de peixe

Fonte: Elaborado pelo autor

Vantagens

Este diagrama é útil na medida em que mostra as relações entre as potenciais causas e os seus efeitos, sendo uma boa maneira de envolver as pessoas na resolução de problemas. A ferramenta mostra-se eficiente em processos de análise de falhas que envolvem poucas pessoas. É possível usá-la para procurar causas para falhas simples.

Limitações

Envolver várias pessoas na realização deste diagrama pode limitar sua eficácia, porque incentiva uma abordagem divergente, onde existe uma forte tentação de identificar e solucionar tudo o que pode ser considerado acessório que não leva diretamente ao problema em causa, deixando assim para trás a procura de uma solução para o problema principal. Para que um diagrama de espinha de peixe seja

eficaz, é necessário saber diferenciar quais as causas que não são importantes das que são realmente importantes e influenciam o problema em estudo.

Árvore de Falhas [22]

A árvore de falhas é um processo para descobrir as raízes físicas e humanas de uma falha. Começa com uma identificação do problema descrevendo a falha. A descrição precisa das falhas funcionais é fundamental para o sucesso da construção da árvore de falhas. As falhas funcionais são aquelas em que o equipamento deixa de desempenhar a sua função no processo de produção. Por exemplo: Uma bomba hidráulica deixou de bombear fluído hidráulico com um caudal definido no projeto. Com as falhas funcionais identificadas deve-se construir um esquema de acordo com os acontecimentos relacionados com as falhas.

A segunda etapa a realizar é uma lista dos modos de falha possíveis para aquela falha logo abaixo da descrição desta. Um erro comum é identificar todos os possíveis modos de falha se se tem em atenção qual foi a falha em si. É muito importante saber fazer uma triagem dos modos de falhas importantes e relevantes para o problema em causa. Após se ter uma hipótese para cada modo de falha é realizada uma verificação de quais são as soluções que melhor se encaixam na resolução do problema. Para tal aplica-se as diferentes soluções encontradas e as que não funcionarem são descartadas. Este processo é repetido até que se chegue a uma conclusão de qual é principal causa do problema inicial. Este processo é um processo iterativo e é necessário ter em conta as várias origens das causas, que podem ser da máquina, do homem, das condições de operação ou das condições ambientais onde a máquina está inserida. O esquema seguinte exemplifica o que foi descrito.

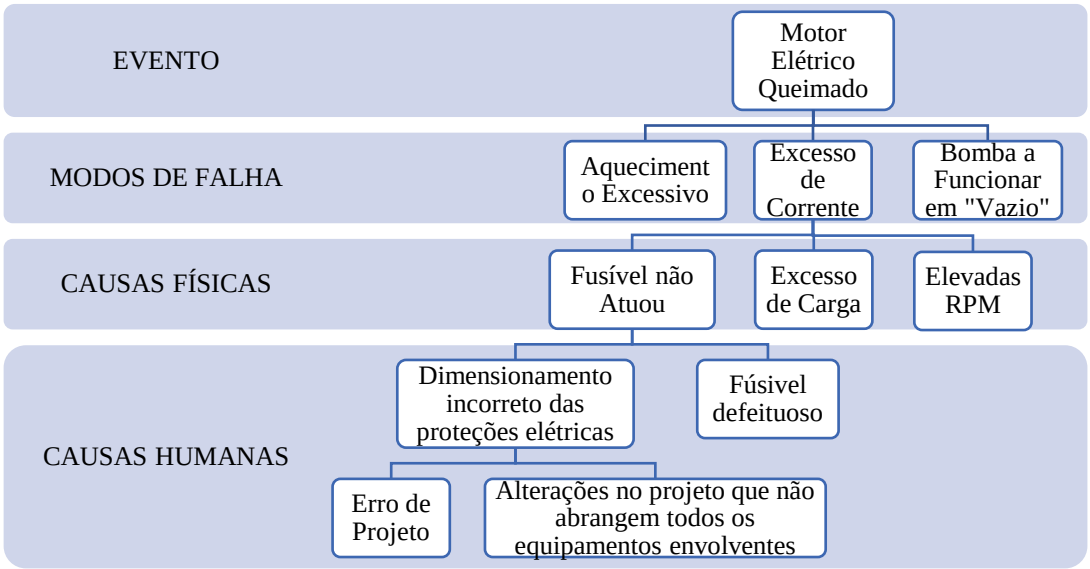

Figura 12 - Exemplo de uma Árvore de Falhas

Fonte: Elaborado pelo autor

Vantagens

A análise da árvore de falhas é boa a mostrar como um sistema é resistente às falhas simples ou múltiplas. Esta pode começar numa falha num ponto de funcionamento de uma máquina, isto é, por exemplo uma guilhotina não faz um movimento descendente completo e como tal corta uma chapa de forma deficiente ou então a partir da falha num componente específico que provoca um funcionamento defeituoso ou mesmo a paragem de uma máquina.

Este tipo de análise é também considerado um método aceitável para análise de risco para a avaliação de segurança em processos industriais.

Limitações

As árvores de falhas exigem uma definição cuidadosa do problema. Dependendo da definição deste, nem sempre se encontram todas as falhas possíveis. Se o âmbito do problema for muito abrangente, o processo fica atolado na análise de elementos não relevantes, e esta torna -se numa abordagem muito dispersa.

Um exemplo de como esta análise pode ser morosa e divergente é por exemplo uma bomba de água que parou de bombear. A desmontagem da bomba revelou que o eixo desta estava fraturado. A fratura por fadiga que causou a falha da bomba começou por ter origem num ponto de concentração de tensões. Desta forma chegou-se à causa que deu origem à paragem da bomba. No entanto não é esta a origem do problema. Com esta conclusão a investigação é levada mais adiante e com isso verifica-se o desenho técnico da bomba, mais especificamente o do eixo. Com esta verificação chegou-se à conclusão de que o desenho não apresentava as cotas críticas para o diâmetro do veio. Esta falha leva ao erro no fabrico dos eixos. A inexistência das cotas referentes ao eixo fez com que no fabrico as dimensões do diâmetro deste ficassem abaixo do projetado para suportar a fadiga a que este será sujeito em serviço. Com esta conclusão é necessário averiguar qual o motivo de as cotas não estarem presentes no projeto. Com essa averiguação chegou-se à conclusão que foi uma opção da gestão que quis cortar nos custos e assim decidiu diminuir o diâmetro dos eixos para estes serem feitos a partir de um material mais barato. Só após esta análise extensa é que se chega a uma conclusão efetiva de qual foi a origem do problema. Com isto, verificou-se que o problema teve origem primeiro num erro da gestão da empresa, onde se optou pela diminuição dos custos em detrimento da segurança e operacionalidade, seguido de um erro humano onde não foram feitos desenhos técnicos conformes.

Diagrama de Pareto [22]

O Diagrama de Pareto é uma metodologia usada para quantificar as causas de uma falha com o seu respetivo efeito. Este diagrama é usado na manutenção para interligar as causas das falhas com o

número de paragens de um equipamento. Ou seja, é possível verificar quais são as causas que mais impacto têm na disponibilidade e fiabilidade de um equipamento.

O diagrama é uma representação gráfica das falhas do processo classificando-as da mais frequente para a menos frequente, isto é, da falha que aparece mais vezes para a falha que apresenta menos percentagem de incidência.

Usando a análise de Pareto, é possível determinar qual a falha que necessita de mais atenção e é possível fazer uma escala de prioridades para correção das falhas.

Sendo assim, para criar o Diagrama de Pareto deve-se seguir os seguintes passos:

1. Identificar um objetivo que não foi atingido num determinado período;
2. Fazer o levantamento dos possíveis problemas que provocaram o desvio;
3. Atribuir a frequência com que aparecem os problemas;
4. Ordenar os dados de maneira decrescente de acordo com a frequência/importância;
5. Calcular a percentagem referente a cada item e calcular a percentagem acumulada dos problemas;
6. Criar um gráfico onde as colunas representam a frequência relativa do problema e a linha é referente a percentagem acumulada;
7. Selecionar os problemas tendo em conta as percentagens acumuladas que somadas representam 80% dos fatores.

Tabela 7 - Dados parar construção do Diagrama de Pareto

Causas das falhas	Nº de Ocorrências	% acumulada	%
Falta de lubrificação	985	40,12%	40,12%
Lubrificação em excesso	458	58,78%	18,66%
Falta de limpeza	358	73,36%	14,58%
Lubrificante incorreto	221	82,36%	9,00%
Sobrecarga	122	87,33%	4,97%
Contaminação com água	79	90,55%	3,22%
Oxidação	61	93,03%	2,48%
Desalinhamento	58	95,40%	2,36%
Contaminação com partículas	45	97,23%	1,83%
Desequilíbrio	35	98,66%	1,43%
Contaminação com Óleo	21	99,51%	0,86%
Montagem incorreta	12	100,00%	0,49%
Total	2455	--	

Fonte: Elaborado pelo autor

A imagem abaixo mostra o aspeto geral do diagrama de Pareto e este pode ser aplicado em qualquer situação em que seja necessário analisar falhas.

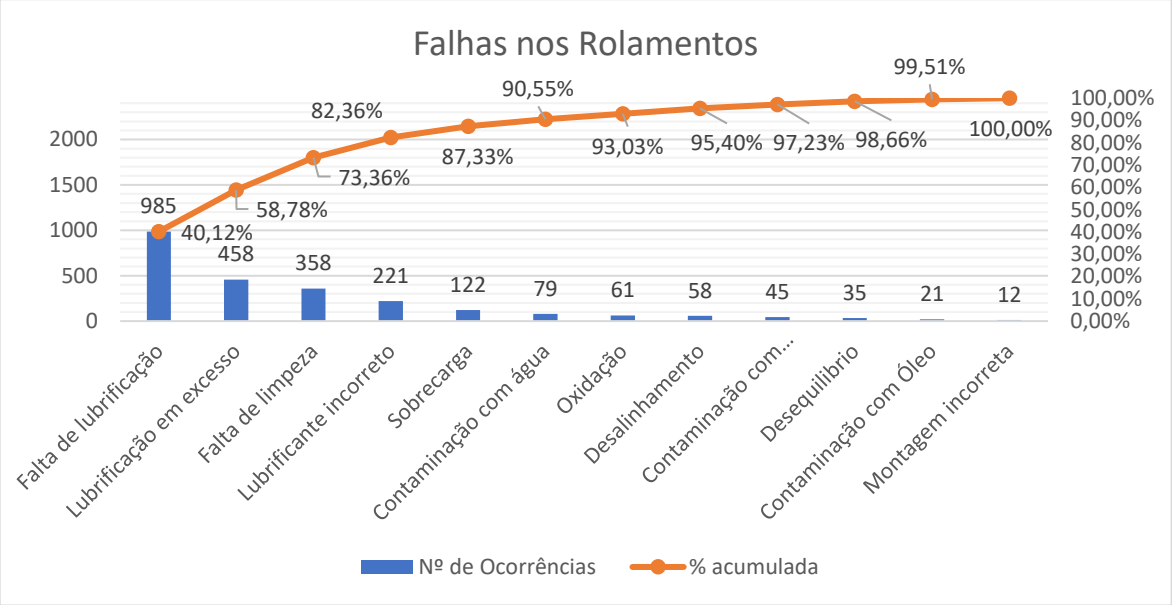

Figura 13 - Exemplo de um Diagrama de Pareto

Fonte: Elaborado pelo autor

De forma a entender melhor o diagrama de Pareto utilizou-se o exemplo de falhas que podem aparecer em rolamentos. Para construir o gráfico é necessário em primeiro lugar juntar todas causas

das falhas, o número de vezes que cada uma ocorre e calcular o valor total das ocorrências. Com estes valores é possível calcular o valor, em percentagem, que cada falha representa relativo ao total de falhas. Com essa percentagem é possível calcular a percentagem acumulada para se poder chegar à regra básica do princípio de Pareto.

A regra básica subjacente ao princípio de Pareto é que, em quase todos os casos, 80% do total dos problemas são causados por 20% das causas. Portanto, se uma empresa se concentrar nos principais problemas em primeiro lugar, é possível eliminar a maioria dos problemas. Podemos aplicar a regra (80/20) a quase tudo:

- 80% das reclamações de clientes são provenientes de 20% dos produtos e serviços.
- 80% dos atrasos resultam de 20% das possíveis causas dos atrasos.
- 20% dos produtos e serviços correspondem a 80% do lucro.
- 20% das vendas produzem 80% das receitas.
- 20% dos defeitos nos sistemas causam 80% dos problemas.

Matriz GUT

Além das 4 ferramentas apresentadas existe também uma outra ferramenta que poderá ser usada como forma de complementar a análise da RCA. Ela é uma tabela que une três parâmetros úteis nesta análise e são eles a gravidade do problema, urgência de resolução e tendência do aparecimento do problema. Esta tabela ou Matriz GUT como é conhecida, auxilia na tomada de decisões relacionadas com a prioridade e urgência de intervenção, isto é, a matriz diz que de acordo com os critérios definidos pela gestão quais são os problemas a ser analisados em primeiro lugar. Os principais benefícios que a aplicação de matrizes idênticas a esta são:

Orientação – A matriz orienta para os problemas mais urgentes e assim estes são analisados primeiro. Permitindo chegar mais rápido às conclusões e aplicar as mesmas.

Profundidade e objetividade – Com a equipa devidamente orientada e tendo categorizadas todos os problemas, esta pode debruçar-se individualmente sobre cada um e estudá-lo de forma profunda e objetiva evitando assim a dispersão durante a análise.

Padronização – Como a análise de todos os problemas segue a mesma diretriz é possível padronizar métodos de resolução destes com o objetivo de resolver os problemas.

Esta matriz é simples e fácil de se usar e deve ser aplicada sempre que se tenha muitos problemas para resolver e não se souber por qual começar. Esta matriz foi criada por Charles Kepner e Benjamin Tregoe [23] em 1981 e atualmente mostra-se bastante útil e funciona da seguinte forma: Primeiro a

cada problema é analisado segundo 3 critérios como já dito, a gravidade do problema, a urgência para o resolver e a tendência para este aparecer. Estes três critérios devem ter uma classificação de 0 a 5. O problema e os critérios devem ser caracterizados pelas classificações e apresentados como na tabela abaixo.

Cada critério tem a sua especificidade e indicações, para melhor se entender os diferentes critérios abaixo apresenta-se no que consiste cada um deles e qual a sua influência para a tomada de decisão:

- **Gravidade -** Para este conceito, é preciso definir quais as consequências do problema e como estas irão afetar os objetivos estratégicos da empresa, a segurança das pessoas e do ambiente.
- **Urgência -** O que pode acontecer se o problema não for resolvido imediatamente? É possível esperar, ou as operações ficarão paradas? Há um plano de contingência? É necessário ter em conta estes fatores para definir qual a velocidade com que o problema deve ser resolvido.
- **Tendência -** Qual a probabilidade de o problema ficar cada vez pior se não for resolvido de imediato?

A escala de 0 a 5 referida anteriormente usada para classificar os critérios acima mencionados são:

1. Não é um problema urgente nem grave, não causa danos imediatos.
2. Pouco urgente e pouco grave, a gravidade aumenta a longo prazo.
3. Urgente e grave, a gravidade aumenta a médio prazo.
4. Muito urgente e muito grave, a probabilidade de progressão da avaria a curto prazo é elevada.
5. Extremamente urgente e grave. Precisa de intervenção o mais rápido possível.

Tabela 8 - Exemplo de uma matriz GUT

Problema	G	U	T	G x U x T
Lâmpada do escritório fundida	2	1	1	2
Máquina de corte com a manutenção atrasada	3	3	5	45
Colaboradores a trabalhar sem EPI's	4	4	5	80
Procedimentos de trabalho desatualizados	4	5	3	60

Fonte: Elaborado pelo autor

Com o indicado nos parágrafos anteriores e com a Tabela 8 para a resposta à questão inicial "Qual é a prioridade de cada um dos problemas apresentados?" é necessário primeiro definir os problemas. Depois deve-se atribuir a cada parâmetro em estudo (G, U e T) uma classificação da escala de 0 a 5. Após esta atribuição na última coluna faz-se a multiplicação dos três critérios em análise por forma a obter-se um determinado valor. Esse valor determina a ordem pela qual serão resolvidos os problemas. Tendo em conta o exemplo da Tabela 8 a ordem pela qual deverão ser resolvidos os problemas será em primeiro lugar a entrega dos EPI's aos colaboradores, em segundo lugar atualizar

os procedimentos de trabalho em terceiro lugar agendar o mais rápido possível a manutenção da máquina de corte e por último mudar a lâmpada do escritório. É necessário ter sempre em conta que estas avaliações dependem da importância do problema e de panorama onde este se enquadra.

Capítulo 3 – Gestão do Custo do Ciclo de Vida de um Ativo

3.1 Definição de Custo do Ciclo de Vida

Os custos do ciclo de vida (*Life Cycle Costing*) resultam da soma de todos os gastos realizados desde a aquisição do ativo até ao seu fim de vida útil e posterior abate. Esta é uma técnica utilizada para garantir que o custo de toda a vida útil de um ativo seja o mais baixo possível. Ela cria uma importante informação que é utilizada, por exemplo para alertar quando uma máquina perde rendimento e os custos de produção aumentam, o que se traduz em elevados custos de operação, provenientes da remanufactura dos produtos devido a não conformidades e defeitos elevados. Estes aumentos de custos também se refletem nos custos de manutenção, pois quanto mais tarde se intervém numa máquina com problemas, maiores serão os tempos de intervenção e paragem para manutenção e maiores serão os prejuízos. Com isto passa a existir a necessidade de se adquirir peças mais caras em vez de se proceder a arranjos simples. Outro problema que surge é a falta de produção por paragem por longos períodos.

Os proprietários, gestores e funcionários, de um modo geral, precisam tomar decisões sobre a aquisição e o uso contínuo dos equipamentos, incluindo necessidade de peças de reposição e local adequado para sua instalação. O custo inicial para aquisição de um ativo é geralmente definido de forma objetiva e é um fator-chave que influencia na escolha do ativo.

No entanto, estes custos são apenas uma parte ao longo do ciclo de vida. Dito isso, esse processo de identificar e documentar todos os custos envolvidos ao longo da vida de um ativo é necessário para uma escolha correta destes.

O custo total de propriedade é muitas vezes maior que o custo do investimento inicial e pode variar consoante as diferentes soluções apresentadas para uma mesma necessidade operacional. O conhecimento de todos os custos ao longo de toda a vida fornece uma base sólida para a tomada de decisões. A partir dessa informação, é possível:

- Avaliar os requisitos para a necessidade de recursos futuros;
- Avaliar os custos de aquisições de potenciais alternativas de investimento;
- Decidir qual é o melhor fornecedor para o equipamento escolhido;

- Contabilizar recursos usados no passado e no presente;
- Melhorar a estrutura do sistema produtivo (pela mudança da necessidade de mão de obra e energia ao longo do ciclo de vida);
- Otimizar o suporte operacional e de manutenção;
- Avaliar quando os ativos chegam ao final de sua vida e deixam de ser rentáveis e se é necessária uma modernização/atualização destes.

Para ser aplicável o CCV de um ativo, primeiro deve-se analisar o retorno do investimento para um determinado cenário, isto é, se para uma determinada situação é rentável ou não a compra de um determinado produto. Tendo em conta tudo o que já foi mencionado o CCV define-se como sendo a soma de todos os custos a começar pelo custo do projeto original, onde se obtêm todos os pormenores relevantes, como por exemplo os materiais a usar na sua conceção e o desenho de construção e montagem. Seguido do custo de construção e instalação do equipamento em questão e até mesmo alterações que tenham de ser feitas para a instalação deste. Outro custo a contabilizar é o custo total de propriedade, que engloba os custos de aquisição, os custos de operação, manutenção e a substituição do ativo quando este atinge o seu fim de vida.

Normalmente, quando o sistema de gestão da manutenção já se encontra em fase de desenvolvimento, o projeto encontra-se concluído e o ativo está em fase de construção, com 60% a 70% de seus custos de manutenção já incorporados. No entanto, ainda existe uma margem de lucro significativa, que pode ser conseguida com a otimização da manutenção. Esta otimização é necessária para se cumprir com os objetivos definidos pela empresa, tais como metas de fiabilidade e o perfil de produção definidos para o ativo. [24]

Para reforçar o que foi indicado nos parágrafos anteriores e fazendo a ligação ao que já foi descrito por diferentes autores eis um exemplo que foi primeiramente escrito pelos autores Brown e Yanuck [25]. Este é definido como *"um método de calcular o custo total da propriedade durante toda a vida útil de um ativo"*. Com esse conceito, os autores consideram que, além do custo inicial, todos os custos subsequentes têm importância, assim como o valor residual e quaisquer outros benefícios quantificáveis derivados do uso do bem. Consequentemente, Brown & Yanuck justificam que a técnica do LCC (Life Cycle Cost) é utilizada quando existe a necessidade de tomar uma decisão sobre a compra de um ativo que exigirá elevados custos de operação e manutenção durante sua vida útil. Além disso, também afirmam que, por exemplo, os custos de operação e manutenção ao longo da vida de um bem podem exceder em muito os custos iniciais, como tal estes devem ser considerados no processo de decisão. Nesse sentido, pode-se concluir que do ponto de vista económico, é preferível pagar um valor inicial elevado, tendo em conta que assim os custos de manutenção serão menores,

evitando assim o aparecimento precoce da necessidade de intervenções de custo elevado para manter as condições de funcionamento um ativo. Por outro lado, o crescimento dos custos da energia, mão de obra, e bens necessários à manutenção trouxe, como consequência, a necessidade de uma maior atenção aos custos do ciclo de vida de um ativo. Por exemplo, a decisão sobre a compra de um equipamento implica a ponderação dos lucros, dos custos de manutenção, dos custos de operação do equipamento, e outros adjacentes à utilização do mesmo, depois da sua aquisição.

3.2 Objetivo

O objetivo principal da análise do CCV é, sem dúvida, minimizar os elevados custos no ciclo de vida dos produtos sem comprometer a qualidade destes, por forma a atender às exigências dos clientes. Isso permite oferecer produtos mais eficientes com um custo total menor. Consequentemente, pode-se avaliar a importância de se procurar alternativas com base nos custos do ciclo de vida do ativo e/ou produtos.

Wilson [26], afirma que a técnica de avaliação do custo do ciclo de vida tem como objetivo incrementar a visibilidade dos custos totais na realização de um negócio e sinalizar as áreas onde podem ser aperfeiçoadas as aplicações de recursos. O benefício esperado dessa técnica é a apresentação dos custos incrementais totais durante todo o período de vida de um ativo, o que permite analisar as partes do todo, onde a eficácia do custo possa ser melhorada.

Para Wilson, o custo total do ciclo de vida é constituído por alguns itens importantes a conhecer tais como:

- Custo de Aquisição, como pesquisa, projeto, desenho, ensaios, produção e construção;
- Custo de Distribuição do produto, como transporte e manuseio;
- Custo de Manutenção, como serviço ao cliente, manutenção em campo e em fábrica;
- Custo de Operações, como instalações, energia, utilidades e impostos;
- Custo de formação, de operadores e manutenção;
- Custo de Stocks, de peças, material e armazenagem;
- Custos de reformas e demissão dos empregados.

Por outro lado, o "Comptroller General" [27] dos Estados Unidos identificou o custo do ciclo de vida como técnica para avaliar o custo total de um produto durante a sua vida útil, e considera como elementos com maior frequência os seguintes:

- Custos de aquisição;
- Custos de substituição;
- Custos de manutenção;
- Custos de operação;
- Custos de energia;
- Impostos;
- Custos com seguros;
- Empréstimos;
- Lucros;
- Desvalorização;
- Custos de distribuição.

Deve-se ter em conta também que a avaliação do Custo do Ciclo de Vida deverá ser vista tanto pela ótica do consumidor bem como da do fabricante.

Na ótica do consumidor, deve-se fazer referência à visão global do negócio, sendo que a possibilidade de este acontecer é mediante análise dos custos considerados, isto é, não são apenas as empresas que podem aplicar a análise dos custos do ciclo de vida, cada consumidor individualmente pode incluir esta ferramenta na sua decisão de compra.

Há maior relevância e preocupação na procura da qualidade e competitividade quando se aborda a questão pela ótica do fabricante. Pois neste caso os intervenientes na cadeia de produção são de um número elevado e com isso, se os custos não forem devidamente monitorizados podem atingir valores não aceitáveis para garantir a qualidade e competitividade no mercado. Esta cadeia de produção e avaliação de custos tem início no planeamento estratégico, seguido pelo processo de engenharia (Desenho/ Projeto), acabando no fabrico. Outros departamentos que entram na avaliação de custos são os departamentos de Contabilidade onde é feita uma avaliação constante dos custos. O departamento Financeiro que entra com a disponibilização dos meios monetários para todo o processo e o departamento Logístico que garante toda a logística de todo o processo desde a receção das matérias primas até á entrega do produto final ao cliente.

3.3 Aplicação do Custo do Ciclo de Vida

Com a competitividade empresarial cada vez maior, a importância dos custos nas tomadas de decisões tem vindo a crescer ao longo dos anos. Este crescimento acompanha lado a lado a necessidade de manter os antigos e cativar novos clientes com ideias inovadoras. Esta crescente de ideias mudou a forma como o custo total é percecionado. Tendo isso em consideração outros custos começam a ser equacionados na tomada de decisões por parte das empresas e não apenas o custo de aquisição. Essa tendência é reforçada por exemplo pelo aumento dos custos de consumo energético e dos custos do fabrico e reposição de peças. Por isso, algumas indústrias começaram a lidar com os modelos de ciclo de vida como parte de uma gestão estratégica de custos. Pode-se afirmar que o Custo do Ciclo de Vida é aplicável no fabrico de bens ou na prestação de serviços. Isto porque esta análise quando aplicada corretamente dá uma visão concreta dos pontos onde existe ou não acréscimo de valor ao ativo, permitindo assim intervir nos pontos onde não há acréscimo de valor transformado estes num objetivo de melhoria contínua. Para verificação da sua aplicabilidade são exemplificadas a sua metodologia e objetivo.

Etapas do custo do ciclo de vida

O ciclo de vida possui várias etapas, das quais se destacam o planeamento, a compra, a operação, a manutenção e o desmantelamento como exemplificado na Figura 14. O planeamento é a fase onde se faz uma avaliação geral de custos de todo o projeto e também onde é feito o desenho técnico e se definem outras características técnicas a ter em consideração. A compra é a fase onde se procede à compra do bem já construído ou dos materiais para o construir. A etapa da operação é a que representa grande parte da vida do equipamento traduz-se nos custos inerentes ao desenvolvimento e funcionamento dos produtos resultantes da operação do bem. A manutenção representa outra parte igualmente importante do ciclo, pois é nesta parte onde é garantida a longevidade e fiabilidade do equipamento. Esta parte a ser garantida de forma constante garante que o bem opera dentro dos limites definidos e assim é também garantida a minimização dos tempos de paragem do equipamento. Por último quando o bem deixa de ser lucrativo, ou então fica obsoleto e não consegue acompanhar o ritmo de produção é substituído. A partir deste ponto é necessário ter em conta as despesas inerentes à última fase do ciclo que corresponde ao desmantelamento. No entanto, nesta fase não existem só custos, existem também lucros. Estes lucros ou valor residual representam uma valoração do bem ou peças deste quando este é vendido a terceiros. Após estes passos todos é iniciado outro ciclo para outro bem.

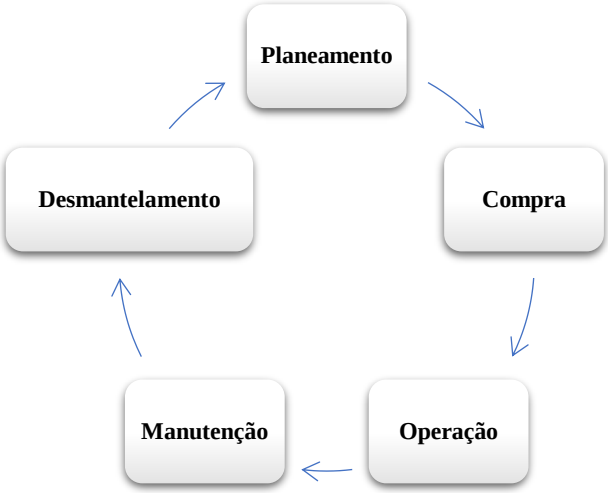

Figura 14 - Exemplo de um ciclo de vida

Fonte: Elaborado pelo autor

No entanto, a análise do ciclo de vida de um equipamento não é linear, pois esta pode variar consoante a necessidade da empresa. Dito isto pode-se afirmar que, se o interesse da empresa for a produtividade, qualidade elevada e entrega célere e se um determinado equipamento não satisfizer estes objetivos a sua vida pode ser encurtada tornando-se assim num equipamento obsoleto. Outros motivos que tornam um equipamento obsoleto para uma empresa podem ser mudanças impostas pela legislação, inviabilidade económica devido a mudanças tecnológicas ou exigência do cliente final.

Objetivos da metodologia

Os objetivos desta metodologia são a identificação fácil dos atributos que maior influência tem nos custos, a definição dos fluxos necessários a ter em conta na avaliação dos gastos, minimizar o custo total de aquisição do equipamento e das necessidades do local onde este irá ser instalado. Esta metodologia também serve como auxílio para a tomada de decisões nas diferentes etapas do ciclo a ser analisado.

A análise do custo do ciclo de vida pode ser realizada durante qualquer uma das etapas anteriormente mencionadas, pois ela pode fornecer informações para decisões relacionadas com o projeto, a compra, a instalação, a operação, a manutenção e com o desmantelamento dos bens, bem como o valor residual que possa existir da venda das peças.

O processo de identificar os custos pode ser tão simples quanto uma tabela de custos anuais expectáveis, ou pode ser um modelo complexo que aborda potenciais cenários com base em custos futuros. O objetivo e a complexidade da análise devem refletir a complexidade dos ativos sob análise. Esta permite também prever uma estimativa dos custos e a importância deles para a tomada de decisões da organização.

3.4 Definição de Gestão de Ativos

Definição de "Ativo"

Antes de se definir o que é a gestão de ativos deve-se definir o que é um ativo. A norma técnica ISO 55000 [28], que será abordada mais a diante considera como ativo todo e qualquer item, coisa ou entidade. O que significa que estamos perante um conceito bastante abrangente, que inclui todo o tipo de bens materiais e imateriais. Os bens materiais são aqueles que existem fisicamente, isto é, equipamentos e materiais de escritório por exemplo e os bens imateriais são por exemplo software de computador. As máquinas incluem-se assim dentro dos bens materiais pertencentes a uma empresa.

A gestão de ativos é um tema com cada vez maior destaque no universo corporativo. A popularidade do tema é justificável com as iniciativas por parte das administrações voltadas para a gestão eficiente dos bens de uma empresa. Esta gestão eficiente têm feito toda a diferença para oferecer um produto mais competitivo no mercado. E não são apenas os clientes que saem beneficiados com estas políticas de gestão, os trabalhadores também são beneficiados, pois passa a frequentar um ambiente de trabalho mais seguro e organizado.

Para o âmbito deste trabalho a definição de ativo será restrita a ativos tangíveis, bens materiais que compreendem a estrutura física de produção de uma indústria. Portanto, ativos são bens materiais que têm valor por si mesmos ou que produzem valor para seus proprietários. Bens materiais são parte do valor de um negócio. De acordo com a padronização da Norma ISO 55000 [28], a gestão de ativos é a atividade que incluí a abordagem, o planeamento e a implementação dos planos pretendidos de uma organização, com o objetivo de gerar valor de um ativo. Normalmente, a geração de valor irá envolver um equilíbrio entre custos, riscos, oportunidades e benefícios de desempenho.

Ativos e sistemas de ativos são, muitas vezes, complexos e interdependentes, fazendo com que falhas originadas num equipamento ou setor causem efeitos em cascata. O comportamento de sistemas de ativos é dinâmico e pode variar rapidamente. O tempo de vida de ativos varia de apenas alguns anos a várias dezenas de anos, dentro de uma mesma indústria. Os ativos precisam de ser monitorizados, analisados e diagnosticados por forma a se conseguir obter um plano onde haja margem para

melhorias. A gestão de ativos requer uma compreensão técnica, com fundamentos de engenharia ou mesmo científicos.

A gestão de ativos permite também que uma organização avalie as necessidades e o desempenho dos sistemas nos seus diferentes níveis. Além disso, possibilita a aplicação de abordagens analíticas para a gestão de um ativo ao longo das diferentes fases do seu ciclo de vida que começa com a conceção e acaba no seu desmantelamento.

Em suma, a gestão de ativos é a ciência de tomar as decisões e otimizar o acréscimo de valor aos bens. Um objetivo comum é minimizar todos os custos ao longo da vida dos ativos, no entanto, podem existir outros fatores críticos, como risco ou a continuidade dos negócios que devem ser considerados objetivamente aquando a tomada de decisão.

A gestão de ativos é baseada nas metodologias mais contemporâneas nos campos da gestão industrial, engenharia de serviços e cálculo de probabilidades, entre as quais:

- Gestão Baseada em Risco;
- Avaliação da inter-relação custos de produção/riscos;
- Gestão de incerteza;
- Custos do Ciclo de Vida;
- Custos de Manutenção;
- Fiabilidade Operacional;
- Manutenção focada na fiabilidade.

Como dito anteriormente essas práticas de gestão envolvem, normalmente, um equilíbrio entre riscos**,** custos, oportunidades **e** desempenho.

A norma ISO 55000 [28] de 2014, além de definir o que é um ativo como já referido também define um padrão global de gestão de ativos físicos consistente e sustentável com o passar do tempo. O objetivo central dessa gestão é reduzir os custos com manutenções e períodos de inatividade, o que permite aumentar a eficiência operacional da empresa.

A norma descreve quatro princípios da gestão de ativos. São eles:

- Os ativos existem para fornecer valor para a organização e as partes interessadas;
- A gestão de ativos transforma a intenção estratégica em tarefas, decisões, atividades técnicas e financeiras;
- A liderança e a cultura do local de trabalho são determinantes na perceção de valor;

- A gestão de ativos fornece garantia de que os ativos vão cumprir e desempenhar a sua função.

Além da ISO 55000, existem mais duas normas que integram a temática, a ISO 55001 [28], que versa sobre os requisitos necessários para que um Sistema de Gestão de Ativos seja integrado e efetivo, e a ISO 55002 [28], que corresponde a um guia para a implantação desse Sistema de Gestão de Ativos.

Além da norma já mencionada existe também o PAS 55 [29] que é um procedimento técnico com 28 pontos de boas práticas, publicado pelo *Global Forum on Maintenance & Asset Management* (GFMAM), que tem sede na Suíça e conta com a participação das mais importantes associações de gestão de ativos do mundo. O objetivo aqui é aperfeiçoar o sistema de gestão de ativos das empresas para torná-los mais eficientes e sustentáveis.

O desenvolvimento desta norma foi impulsionado pelo conhecimento e experiência adquiridos com o procedimento técnico PAS 55 – *Asset Management* [29], este surge da preocupação de técnicos e empresas pertencentes ao IAM (*Institute of Asset Management*), sobre a forma como a gestão de ativos estava a ser conduzida (sem padronização e controlo) e sobre a necessidade de controlar custos operacionais para aumentar competitividade no mercado.

Hoje, a norma internacional e a sua implementação, permite às organizações usufruírem de uma ferramenta essencial para o alcance do equilíbrio desejado de custo, riscos, oportunidades e desempenho.

Aplicável a organizações de qualquer dimensão e setor económico, a ISO 55001 abrange um conjunto de requisitos para o processo do ciclo de vida de um sistema de gestão de ativos. Quando implementados e mantidos, estes requisitos maximizam a probabilidade de as organizações alcançarem os seus objetivos estratégicos, por meio de uma gestão eficiente dos seus ativos, com capacidade para determinar intervenções necessárias para o alcance de um rendimento consistente e sustentável. Responde, desta forma, às necessidades e expectativas das partes interessadas, assegurando a criação e a manutenção de valor.

Os benefícios da implementação e certificação de um sistema de gestão de ativos podem incluir:

- Melhoria do desempenho financeiro, através de uma melhoria do retorno do investimento e uma diminuição dos custos, enquanto o valor do ativo é preservado sem sacrificar os objetivos de curto ou longo prazo da organização;
- Metodologias e critérios claros, e documentados para a tomada de decisões e definição de prioridades;
- Melhoria dos produtos e serviços disponibilizados pela organização como resultado de um bom desempenho dos ativos;

- Demonstração transparente de cumprimento com requisitos legais, normativos e outros subscritos pela organização;
- Melhoria de reputação através do aumento da satisfação do cliente, consciência e confiança das partes interessadas;
- Melhoria da sustentabilidade organizacional através de uma gestão eficaz dos custos e desempenho de curto e longo prazo;
- Melhoria da eficácia e eficiência organizacionais através da análise, revisão e melhoria dos processos.

Relativamente ao cumprimento com requisitos legais, e como exemplo de como esta norma de gestão de ativos pode ser uma excelente ferramenta de suporte, identificamos o Decreto de Lei n. º 244/2015, de 19 de Outubro [30], que estabelece a regulação dos serviços de transporte de produtos petrolíferos. Da leitura do referido documento legal podemos verificar que no artigo 24º (alínea b), refere que as empresas transportadoras devem apresentar à entidade reguladora ENMC, E.P.E (Entidade Nacional para o Mercado de Combustíveis, E.P.E) o plano anual de investimento, definidos em respeito pelas boas práticas internacionais para ativos semelhantes, pelos princípios da transparência e da não discriminação, garantindo a correta remuneração do capital investido e refletindo os custos suportados. A implementação de um sistema de gestão de ativos permite a estas empresas, para além do cumprimento deste requisito legal, serem mais assertivas nas metodologias de gestão de ativos e a sua posterior certificação o reconhecimento e diferenciação.

A família de normas ISO 55000 é constituída por:

- ISO 55000 “Asset management. Overview, principles and terminology”.
- ISO 55001 “Asset Management. Management Systems. Requirements;
- ISO 55002 “Asset management. Management systems. Guidelines for the application of ISO 55001”.

Por forma a reforçar o que já foi indicado anteriormente apresenta-se seguidamente as definições de gestão de ativos de alguns autores já referenciados. A gestão de ativos é uma abordagem estratégica a fim de obter uma alocação ótima de recursos para a gestão, operação, manutenção e conservação de ativos [31]. O conceito de gestão de ativos é uma filosofia que permite integrar 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 [32].

Segundo a OECD [33], de um modo genérico, a gestão de ativos pode ser definida como "*um processo sistemático de manutenção, modernização, e utilização dos ativos operacionais, combinando princípios de engenharia com a prática de negócios e lógica económica, fornecendo ferramentas para facilitar uma abordagem mais organizada e flexível de modo a tomar as decisões necessárias para alcançar as expectativas do público*".

O principal objetivo da gestão de ativos é melhorar os processos de tomada de decisão na colocação de recursos entre os ativos de uma organização com o objetivo de obter o melhor retorno sobre o investimento (ROI). Para atingir este objetivo, a gestão de ativos contém todos os processos, ferramentas e dados necessários para gerir os ativos eficientemente [34]. Por esta razão, a gestão de ativos também é definida como "*um processo de alocação e utilização de recursos*"[35].

A relação entre a estratégia competitiva e as atividades relacionadas com os ativos, como por exemplo a manutenção, geralmente passa despercebida na maioria das organizações. A manutenção é normalmente vista pelas organizações como um "centro de custos". [36] , [37] Foi também demonstrado que a manutenção muitas vezes é vista dentro das organizações como um "mal necessário".

Também foi indicada uma falta de estudos sobre a contribuição da manutenção para o desempenho positivo da organização [36]. Foram apresentados argumentos de que a manutenção tem um impacto sobre a capacidade e desempenho dos ativos e que isso deve ser visto como uma mais-valia. [38]

Desta forma, surgiram nos últimos anos alguns estudos que mostram a importância da gestão de ativos nos vários níveis e aplicações, sendo isto fruto de recentes desenvolvimentos nesta área.

Outros apresentam um estudo onde descrevem como os ativos físicos usados para geração de energia em instalações de uso intensivo como refinarias, instalações de GNL (Oil & Gas), instalações mineiras, metalúrgicas ou químicas podem ser otimizadas tendo em consideração as interações com os mercados de eletricidade. Num caso de estudo apresentado referem um aumento dos ganhos anuais, através desta gestão de ativos. [39]

Noutro estudo [40] referente também a sistemas energéticos (transformadores) e ao impacto das suas avarias, é desenvolvido um sistema de gestão de ativos, designado por sistema de engenharia inteligente, aplicado à manutenção deste tipo de equipamentos.

É referida uma metodologia para uma gestão estratégica dos ativos, especificamente os edifícios (escolares). Nesta metodologia foi utilizada uma análise das lacunas (*Gap Analysis*) e atribuição de

um nível de maturidade a cada instalação, chegando-se à conclusão de que aspetos relativos às pessoas e à organização eram as áreas mais deficientes. [41]

A LCCA *(Life Cycle Cost Analysi*s) [42] é um processo de avaliação do desempenho económico de um equipamento durante toda a sua vida. Às vezes conhecida como "contabilidade do custo total" ou "custo total de propriedade", a LCCA equilibra o investimento monetário inicial, a despesa a longo prazo tanto de posse como operação. A LCCA baseia-se nas suposições de que várias opções durante o projeto de construção podem atender a diferentes necessidades para alcançar um desempenho aceitável, e que essas opções têm custos iniciais, custos operacionais, custos de manutenção e ciclos de vida diferentes. Para um determinado projeto, a LCCA estima o custo total do equipamento, desde a construção inicial até à operação e manutenção. Ao comparar os custos do ciclo de vida das várias hipóteses existentes para cada projeto, a LCCA pode explorar as trocas entre os custos iniciais baixos e os custos de longo prazo. Esta identifica qual a forma mais eficiente para o uso do equipamento e determina quanto tempo levará para se obter o chamado retorno financeiro, ou seja, o tempo de utilização necessário para que o equipamento gere rendimentos que ultrapassem o investimento inicial.

Outros estudos e artigos publicados são, no entanto, mais generalistas, como o apresentado [43], onde referem o papel da engenharia da gestão de ativos ligando esta a questões de estratégia competitiva. A estratégia da gestão de ativos[44] é também abordada quendo se refer que ao se efetuar comparações com as melhores práticas, nomeadamente em termos de planeamento de peças sobressalentes, manutenção preventiva e preditiva e melhoria da fiabilidade, entre outros, se consegue atingir a excelência da manutenção e ir além dos requisitos da ISO 55000.

Outros referem ainda a importância de ter uma gestão integrada de ativos apresentando o exemplo da indústria mineira onde a manutenção pode representar cerca de trinta por cento dos custos diretos. Esta gestão integrada será capaz de transformar a manutenção num investimento que melhorará todos os aspetos de sustentabilidade num ambiente de competitividade e complexidade crescentes. [45]

Além do referido anteriormente, uma forma de organizar o trabalho numa empresa é recorrendo ao método ABC [46]. Este método permite organizar o serviço e definir prioridades. Isto é de extrema importância, pois antes de se poder aplicar o indicado na norma para a LCCA [47], a organização tem de saber por onde começar, quais são os pontos fulcrais dentro da empresa e onde se deve atuar primeiro.

Nakagawa conceitua como "Gestão Estratégica de Custos" a consolidação das novas tecnologias de gestão e medição de custos. Afirma também que os gestores de empresa que procuram transformar-se em "Empresas de manufatura de classe mundial", deparam-se com vários problemas, destacando, entre outros, que, *"os sistemas atuais concentram-se mais nos custos correntes de produção em*

prejuízo da análise do impacto do custo no ciclo de vida dos produtos, deixando assim, de ter em conta o custo-objetivo através do qual se analisa a viabilidade do produto no mercado".[48]

Desta forma, Nakagawa, com o seu trabalho, introduz conceitos e princípios da Gestão Estratégica de Custos, considerando que esses princípios são básicos e, portanto, aplicáveis em qualquer ambiente de manufatura.

Seguindo também a mesma linha conceitual, Robles afirma que a Gestão Estratégica de Custos "é a resposta da Contabilidade para auxiliar no processo de decisão, principalmente, pela possibilidade de determinar os custos dos processos dos negócios e os das atividades correspondentes". [49]

A nível da proposta de investimento,[50] "o gestor torna-se um avaliador uma vez que estará envolvido com:

- A avaliação da proposta com o objetivo de beneficiar a empresa;
- A avaliação do impacto da proposta no planeamento estratégico, o exercício de questionar todas as hipóteses em cima da mesa;
- A avaliação da sensibilidade da estrutura de avaliação fazendo mudanças nos parâmetros-chave da proposta;
- A avaliação de oportunidades e riscos;
- O desenvolvimento de um plano de gestão de risco;
- A avaliação dos principais fatores de sucesso;
- As considerações sobre o potencial de acordos tais como o uso de instalações compartilhadas;
- O impacto da flutuação da taxa de câmbio;
- A garantia que o conjunto de produtos ou linha de produção estejam contabilizados no plano estratégico e sejam incluídos no custo do ciclo de vida em análise;
- A garantia de que os custos de suporte, a longo prazo, sejam considerados no custo do ciclo de vida em análise;
- A projeção de custos de lançamento (possivelmente utilizando a teoria da curva de aprendizagem) para os aspetos de produção e marketing, incluindo as garantias considerando todas as subvenções e efeitos tributários;
- A segurança de que serão feitas avaliações dos benefícios intangíveis;

- A aplicação de técnicas de avaliação de projetos, tais como: fluxo de caixa, "payback" e retorno sobre o património.

No que diz respeito aos métodos de avaliação do custo do ciclo de vida, Nakagawa ao tratar os princípios que orientam o CMS (Cost Management Strategy), afirma que "*Os custos devem ser consistentes com as necessidades de se suportar a gestão do custo do ciclo de vida. O CMS deve dar suporte ao sistema de avaliação dos custos do ciclo de vida, que consiste na acumulação de custos por atividades ocorridas durante o ciclo de vida total do produto. Isto inclui não só os custos repetitivos de produção, mas também aqueles que ocorrem apenas uma vez, tais como os que ocorrem durante a fase de desenvolvimento do produto e nas de suporte logístico*" [51].

Com efeito, a Gestão de Custos do Ciclo de Vida do Ativo/Produto auxiliará os gestores das empresas a otimizar o desempenho do ciclo de vida de seus produtos, tornando assim visíveis os fatores que influenciam o desempenho do ciclo de vida do produto.

Há que se reconhecer, portanto, que há muitos problemas e situações complexas que dificultam a passagem de uma fase de avaliação do investimento para uma gestão de custos efetiva como descrita anteriormente.

A importância da gestão de ativos

A gestão de ativos compreende um conjunto coordenado de atividades com o objetivo de extrair valor dos ativos da empresa. Isso inclui a gestão de custos, oportunidades e riscos, comparando com a performance que se espera desses ativos para que sejam alcançados os objetivos da organização.

O trabalho tem início antes mesmo de a empresa adquirir o ativo. Ou seja, começa no processo de deliberação acerca da necessidade desse tipo de investimento. Essa deliberação passa por todas as fases de seu ciclo de vida e acaba no desmantelamento.

É necessária uma equipa especializada em gestão e é necessário também que existam as ferramentas de gestão adequadas, pois caso contrário os ativos da empresa são utilizados de uma forma ineficiente pelos colaboradores. Além de perder com a utilização errada dos seus ativos, a empresa também deixa de lucrar. Uma empresa que investe e valoriza a gestão de ativos tem a possibilidade de se adaptar mais facilmente a procedimentos e normas técnicas com padronização internacional. É de extrema importância que os equipamentos funcionem em condições ideais de operabilidade e num ambiente de trabalho organizado, pois na ausência destas condições estes bens geram perdas inestimáveis para a empresa e para os colaboradores. Não investir na gestão de ativos, pode– se apresentar como a famosa frase “o barato, sai caro”, pois não investir nos bens para estes gerarem lucro pode ser bastante prejudicial para a empresa.

Para muitas indústrias, a gestão de ativos é a próxima fronteira na criação de valor e para a diminuição de riscos de um negócio. Entre os benefícios da gestão de ativos, porém não limitados a estes, estão:

- Melhor desempenho financeiro;
- Gestão efetiva da geração de valor, gestão de risco e responsabilidades;
- Subsídio para tomada de decisão de investimento em ativos;
- Melhores serviços e saídas de produção;
- Redução de custos de capital e de manutenção;
- Aumento da segurança das pessoas e processos;
- Aumento da disponibilidade do ativo;
- Contribuição para a reputação da organização.

A gestão de ativos é assunto estratégico e indispensável no planeamento geral da organização. A definição de valor como um todo e como essa geração de valor será entregue, ditará a definição de objetivos e indicadores chave de desempenho dos ativos ou sistemas de ativos. Subordinada à manutenção, a moderna gestão de ativos direciona a responsabilidade às mãos da gestão financeira, engenharia, operações ou para a gestão da qualidade. A gestão de ativos, implica um compromisso de melhoria contínua na organização.

O ciclo de vida do ativo começa na definição da demanda, na sua aquisição, operação, manutenção e desmantelamento. Portfólios de ativos são criados com o objetivo de manter os ativos num inventário e registados em sistema de informação apropriados. O plano de manutenção é uma das resultantes do planeamento da gestão de ativos. O objetivo da manutenção é prevenir ou mitigar a deterioração do desempenho dos ativos em uso e gerenciar os riscos de falhas. No plano de manutenção são definidos padrões e especificações de manutenção, o inventário de ativos adjacentes às máquinas, a informação do desempenho e da condição do ativo, as técnicas para determinar quais sistemas de ativos terão a sua manutenção realizada conjuntamente e em que fase da produção. Entre as tarefas do plano de manutenção estão a inspeção, o teste e monitorização de ativos, a manutenção preventiva e a manutenção corretiva.

A chamada indústria 4.0 está a avançar para a antecipação dos potenciais problemas com ativos através do uso de sensores de monitorização da condição, análise espectral e manutenção preditiva. Assim, a fiabilidade de um ativo durante o seu ciclo de vida é definido pelas intervenções necessárias a realizar, com o menor custo possível.

Avaliação e gestão de riscos de ativos

Na ISO 55001 [28], o risco é definido como o efeito da incerteza sobre os objetivos, ou seja, o desvio do que é esperado. A ISO 31000:2012 [52] estabelece uma série de princípios de gestão de riscos. A gestão de riscos lida com a incerteza de forma sistemática e estruturada usando a melhor informação disponível para chegar às melhores decisões possíveis. De entre/ Das atividades da gestão do risco estão a identificação, a avaliação, a priorização e tratamento dos riscos. A finalidade é monitorizar, controlar e reduzir as consequências de eventos indesejados que irão prejudicar ou impedir a realização dos objetivos da organização.

O papel da tecnologia na gestão de ativos

Decidir a necessidade de aquisição do bem, armazená-lo em condições ideais, capacitar colaboradores para operá-lo, controlar o consumo de materiais, são alguns dos pontos a ter em conta para uma gestão eficiente e quanto maior é a empresa e o número de ativos maior é o problema para lidar com essas situações. Para tal a tecnologia é bastante útil, pois com o apoio de um software de gestão da manutenção a tarefa fica facilitada. Este tipo de softwares permite o registo de qualquer tipo de entrada, seja de uma máquina, seja de peças sobresselentes. Permite ao gestor ter acesso aos planos de manutenção previamente definidos, à monitorização das operações e estado da máquina ou do conjunto de máquinas. Também permite programar alarmes caso as máquinas tenham desvios de produção de acordo com os planos pré-definidos, outro processo importante que este tipo de softwares permite é a emissão de relatórios periódicos, cronogramas e gráficos que permitem aos operadores e gestores terem uma noção dos pontos a melhorar ou corrigir e identificar mais facilmente qual o problema que pode surgir durante a produção devido aos “sintomas” relatados nesses documentos. Com os registos podem-se também criar históricos de vários tipos, como por exemplo históricos de avarias e históricos de produção, que no futuro auxiliam a manutenção e outras áreas a planear uma intervenção se necessário. Outra funcionalidade importante é poder monitorizar e calcular o consumo de materiais, analisar perdas na produção e os custos de cada ocorrência.

Gestão de ativos de forma eficiente

Geralmente, o primeiro passo para uma gestão eficiente do património da empresa é criar uma equipa com as valências necessárias para o assunto, sendo que a sua especialização pode ser realizada de diferentes formas. Deve existir pelo menos uma pessoa especializada em cada vertente, isto é, deve existir alguém ligado à manutenção, outra ligada à parte financeira, outra ligada à gestão, entre outras. Desde que cada área envolvida na análise seja tida em conta. De seguida, é importante fazer um inventário dos bens da empresa. Esse é um pressuposto lógico para que se possa gerir os ativos de

uma organização. Não se pode gerir aquilo que não se conhece. Para isso, é necessário identificar e registar todos os ativos da empresa com uma breve descrição sobre as suas qualidades e especificações. Após este exercício aí sim pode-se começar a identificar os custos a cada equipamento e definir quais as prioridades para a empresa. Este trabalho de gestão é um processo que nunca cessa, pois desde que haja equipamentos a trabalhar é necessária uma monitorização e aplicação de melhorias continuas no processo. como será indicado mais à frente dando exemplos de estratégias de melhoria continua.

Na indústria as empresas trabalham com diversos equipamentos e com isso existe uma necessidade emergente de contabilização e monitorização dos mesmos. Com esse aumento, maior é a necessidade de uma ferramenta que torne possível o controlo da produção e da manutenção. Uma opção é a chamada gestão de ativos que permite um controlo eficaz do armazém, do número de equipamentos e dos planos de manutenção destes. Esse controlo começa nos estágios iniciais do planeamento tais como a sondagem de mercado e a pesquisa da tecnologia necessária para o desenvolvimento dos projetos. O controlo também abrange a compra dos equipamentos ou peças para os mesmos, desde sobresselentes até materiais para construção destes. A instalação dos equipamentos também é tida em conta no planeamento, assim como a operação e manutenção. Esta gestão de custos e planeamento é importante pois tem como objetivo manter os custos dos diversos campos do planeamento baixos sem pôr em causa a fiabilidade dos equipamentos e do processo. A gestão de ativos além da gestão de custos é também importante para garantir um equilíbrio entre os custos e as características técnicas dos processos de fabrico.

Outro ponto importante a ter em conta é a atualização do software, pois é importante que este esteja sempre atualizado por forma a existir rapidez na indicação de anomalias para uma atuação rápida e eficaz evitando assim percas na produção e consequentes custos. Não menos importante o rastreamento da informação, que é indispensável em qualquer área para existir um bom rastreamento da informação, pois facilita a procura no historial das máquinas, qualquer problema que possa já ter acontecido e assim saber mais rapidamente qual a ação a tomar para a sua resolução. Para tal é de extrema importância começar este rastreamento de um ponto onde haja confiança suficiente para dizer que os dados são fiáveis, pois dados errados conduzem a informações erradas, que por sua vez induzem em erros que podem significar perdas catastróficas e de difícil recuperação.

3.5 Gestão de Custos do Ciclo de Vida de um Ativo/Equipamento

A aplicação da gestão de ativos industriais é baseada em cálculos de simulação do desempenho técnico e económico em diversas situações e cenários operacionais.

No caso da compra de um equipamento, por exemplo, um determinado número de opções é avaliado, pois é possível simular os custos anuais de serviço e operação e, então, decidir qual dessas opções é mais adequada aos objetivos corporativos.

As problemáticas ligadas às políticas de manutenção preventiva, com o dimensionamento da quantidade de peças sobresselentes, com as modificações e atualizações dos equipamentos ou a substituição de equipamentos em declínio, entre outros tópicos, podem ser simuladas e analisadas detalhadamente.

Por meio do uso de ferramentas e cálculos de simulação, a gestão de ativos industriais permite a tomada de decisões técnicas coerentes com os objetivos económicos da indústria, bem como decisões económicas que preservam o desempenho técnico do equipamento. Assim, tem-se a garantia de uma maior rentabilidade e disponibilidade do equipamento ao longo de toda a sua vida útil.

A aplicação dos conceitos de gestão de ativos oferece aos gestores alguns elementos objetivos para a tomada de decisão sobre os seguintes problemas, tais como:

- Como se pode garantir o acompanhamento dos materiais do equipamento ao longo de todo o seu ciclo de vida?
- Quem é responsável pela gestão de equipamentos como um ativo (capital fixo)?
- Como se pode escolher entre alternativas de investimento com critérios concretos?
- Como se pode otimizar as políticas de manutenção com critérios de fiabilidade e rentabilidade?
- Como se pode decidir o momento mais oportuno para realizar paragens para manutenção?
- Até que ponto as recomendações do fabricante podem ser consideradas fiáveis?

Para se poder aplicar eficazmente a gestão de ativos e esta cumprir os seus objetivos e responder a perguntas como as colocadas anteriormente é necessário ter em mente que existem múltiplos fatores que garantem o êxito de uma empresa tais como o capital intelectual, onde é abrangido pessoal qualificado, uma boa qualidade do produto/serviço, o nível de satisfação do cliente e do colaborador, pois se o cliente estiver feliz volta a comprar o produto/serviço e se o colaborador estiver feliz no seu local de trabalho o seu rendimento e brio profissional será maior. Outra coisa igualmente importante

é o estado dos ativos, para poderem produzir de forma eficaz. Estes podem classificar-se em duas categorias, os ativos tangíveis que são os ativos físicos tais como peças em "*stock",* os equipamentos em si, imoveis, veículos, mobiliário, entre outros; e os ativos intangíveis que são os ativos que não são considerados físicos, tais como marcas, licenças, direitos de propriedade/uso, "know-how", entre outros, sendo de elevada importância manter estes ativos pois são eles que ditam o rendimento da empresa e as boas condições para os colaboradores.

Benefícios da gestão de ativos

Com tudo o que já foi dito anteriormente e para reforçar de seguida estarão indicados alguns dos benefícios da gestão de ativos, os quais são evidenciados nos princípios 2 e 4 da ISO 55000 [28], que indica que a estratégia da empresa seja implementada por meio de atividades e decisões, garantindo que os ativos desempenhem a função deles. Outras vantagens em aplicar a gestão de ativos são:

- Maximizar os resultados da empresa;
- Estar em conformidade com as regulamentações;
- Aumentar a produtividade;
- Reduzir os gastos com reparações;
- Garantir o controlo dos custos;
- Tomar decisões com base em evidências;
- Gerir melhor os riscos;
- Aumentar a eficácia operacional;
- Contribuir para a sustentabilidade e a saúde financeira da empresa.

Como aplicar a gestão de ativos na prática

Para realizar uma boa gestão de ativos é necessário aplicar métodos de melhoria continua como já referido no presente documento e para tal é possível relacionar a análise da causa raiz (RCA) com uma ferramenta de gestão como por exemplo o ciclo PDCA [53]. Esta relação resulta do objetivo das políticas de melhoramento da gestão.

O ciclo PDCA [53] é composto de quatro etapas: Planear, Fazer, Verificar e Agir (*"Plan", "Do", "Check", "Act")*, como indica a figura abaixo.

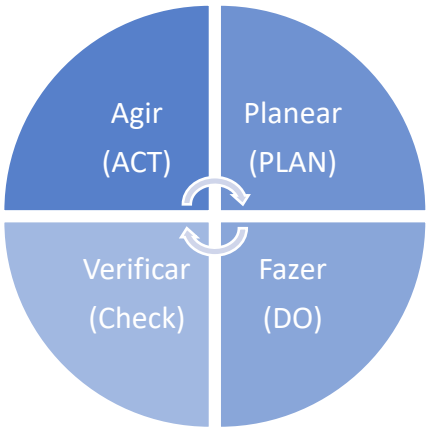

Figura 15 - Ciclo PDCA

Fonte: Elaborado pelo autor

Os quatro pontos indicados podem definir-se segundo o que está definido abaixo.

1. Planear *"Plan"*

Para começar a gestão dos ativos, é necessário identificar qual o contexto onde a organização se insere, ou seja, quais fatores internos e externos que interferem no âmbito dos objetivos estratégicos. Algumas das questões importantes que se podem colocar são:

- O que gera valor para o negócio?
- Qual o foco da empresa?
- O que se espera como resultado?

Definido o contexto, é o momento de verificar quais as necessidades e expectativas das partes interessadas na gestão de ativos, isto é, como elas interagem com os ativos e quais objetivos considerar.

Neste ponto também é necessário definir e documentar o objetivo do sistema de gestão (limites e alcance deste). É imperativo fazer uma lista dos ativos abrangidos e assim criar uma pasta de documentos dos ativos. Devem ser incluídas na documentação as funções e processos internos que tenham ligação com fornecedores externos, reguladores, serviços externos e considerações nacionais e internacionais, além de localizações geográficas e prazos.

2. Executar os objetivos e gerir os riscos *"Do"*

Nesta etapa é o momento de executar o planeado. É importante que esses objetivos estejam em concordância com o planeamento estratégico da organização.

As questões típicas abordadas por esses objetivos são o retorno sobre o investimento, o custo total de propriedade, o índice de satisfação do cliente, o nível de serviço, a fiabilidade, a expectativa de vida, o Custo do Ciclo de Vida e o custo unitário do produto/serviço. É necessário, na definição das metas, levar em conta as quatro etapas do ciclo de vida dos ativos, que são, a aquisição, a operação, a manutenção e desmantelamento.

Nesta etapa do ciclo, também é preciso fazer a gestão de riscos. O intuito é perceber a causa, a probabilidade e os efeitos de eventos adversos que poderão ocorrer. Isso permite que os riscos sejam geridos de maneira que sejam reduzidos a um nível controlado e aceitável, sem ocasionar danos significativos à operação.

3. Verificação *"Check"*

Aqui é o momento de realizar o registo e a monitorização do desempenho dos ativos adquiridos. Isso pode ser feito, verificando e comparando o desempenho com padrões anteriormente estabelecidos, identificando problemas, fazendo o levantamento de resultados parciais e observando a existência de desvios dos parâmetros pré-definidos.

Para uma monitorização eficaz devem ser adotados indicadores, por exemplo de desempenho, de custos, de riscos, entre outros que sejam coerentes com as metas de negócio e que podem ser implementados a todos os níveis da organização. Outra opção para avaliar e monitorizar a operação é através da realização de auditorias internas visando encontrar oportunidades de melhorias.

4. Agir *"Act"*

Este último ponto deve ser a procura pela melhoria contínua e para tal a organização deve optar por manter os ativos ao serviço enquanto estes apresentem condições de operacionalidade seguras e que sejam economicamente viáveis e tecnicamente eficazes.

Relação entre a Análise da Causa Raiz (RCA) e o Ciclo PDCA[53]

A RCA procura dar resposta sobre quais as causas que geraram um determinado problema, ou seja, manter a fiabilidade dos equipamentos e o ciclo PDCA procura dar resposta ao problema da melhoria contínua, como tal a união de ambas resulta numa procura constante de melhorar continuamente a

fiabilidade dos equipamentos ou ativos. Para melhor ilustrar o indicado pega-se nas etapas do ciclo PDCA [53] e tem-se os seguintes resultados. Para a primeira fase tem-se o "Planear", de onde se obtém a elaboração das questões importantes a aplicar na análise da RCA. Numa segunda fase tem-se o "Fazer", onde após a análise das questões elaboradas anteriormente se verifica se estas se aplicam ao equipamento ou se é necessário fazer uma reapreciação das mesmas, por forma encontrar uma solução ótima que melhor se aplique à resolução do problema inicial. Seguidamente tem-se o terceiro passo, o da "Verificação", onde se é verificado se as soluções anteriormente elaboradas e posteriormente aplicadas são eficientes ou se é necessário rever as questões e elaborar novas soluções. Para terminar a análise tem-se o ponto da "Ação", onde se deixa a parte teórica da análise e se passa à parte prática e se aplicam as soluções teorizadas nos passos anteriores. É claro que sendo isto um ciclo esta análise é constante e qualquer um dos passos pode ser aplicado novamente até se chegar a uma solução próxima da ótima, pois só assim se consegue o objetivo do ciclo que é a melhoria contínua do processo e assim garantir uma fiabilidade duradoura ao longo de todo o ciclo de vida dos equipamentos.

Para responder a esta procura da otimização da fiabilidade e por consequência uma otimização dos processos, as políticas de gestão e manutenção devem ser direcionadas para intervir de maneira a garantir a melhoria contínua do desempenho desses ativos.

Geralmente, os ativos devem ser substituídos quando há um risco iminente de falha, caso não seja possível reparar ou se estes se tornam obsoletos, pois o impacto de uma falha deste tipo pode significar um atraso significativo na substituição do ativo e para a produção, o que pode representar um elevado tempo de espera. Essa perca temporal em termos monetários pode significar a superação do custo de aquisição de um novo ativo.

Para que as decisões tomadas relativamente aos ativos sejam assertivas, a equipa de gestão deve possuir algumas informações importantes tais como, o cálculo das taxas de falhas, a análise de riscos do equipamento, o diagnóstico que permita interpretar os dados da monitorização e uma estimativa da fiabilidade do equipamento.

Para fornecer informações importantes para a criação das ferramentas já mencionadas é importante monitorizar a operação dos ativos, pois assim é possível identificar lacunas e pontos de melhoria, otimizando ainda mais todo o processo de gestão.

Uma gestão com base no ciclo PDCA [53]mostra que uma procura pela melhoria continua nunca termina, tornando-se assim num ciclo, pois ao se chegar à etapa 4 e seguindo esta mentalidade o processo é novamente levado para a primeira etapa repetindo-se ciclicamente. E este ciclo é importante, pois num sistema dinâmico como é a indústria existem sempre pontos a melhorar e falhas que surgem. Para se mitigar essas falhas é necessária uma atualização constante. A figura abaixo

representa um ciclo de vida completo incluído além dos pontos principais do ciclo outros que o complementam.

Figura 16 - Aplicação do Ciclo de vida a um Ativo

Fonte: Elaborado pelo autor

3.6 Modelo do Custo do Ciclo de Vida de um Ativo

Impõe-se, portanto, a formulação de uma estrutura que contenha os pontos acima comentados e outros que permitam a formação de uma base sólida de filosofias e instrumentos para a consolidação da Gestão de Custos voltada para o Ciclo de Vida do Ativo. Consequentemente, esta proposta de construção de um modelo tem por objetivo contribuir para o estudo sobre os aspetos essenciais da Gestão de Custos do Ciclo de Vida de um Ativo, apoiando-se na revisão dos conceitos anteriormente explorados. Neste caso, o objetivo é simples, representar um *"método de avaliar gastos de capital que reconhece a somatória de todos os custos associados ao ativo durante o seu tempo de utilização ou vida útil"* [27].

Método de Avaliação de Custos

O método de avaliação de Custos do ciclo de vida de um ativo/produto apresenta a necessidade de enquadrar o problema em relação às pesquisas existentes, assim como às diferentes orientações teóricas.

Exemplos:

(a) o princípio de CMS (*Cost Management Strategy*), de Nakagawa [48];

(b) o método ABC (Activity Based Costing), proposto por Robles [49].

Elementos inerentes aos Custos

Deve-se evitar a aplicação automática de procedimentos pré-existentes, pois cada caso deve ser avaliado individualmente. No ciclo de vida, como caracterizado, devem ser aplicadas algumas questões para formalizar os critérios de avaliação. Tais como os exemplos abaixo indicados.

Exemplos:

- "Custos estimados ", ou seja, aqueles feitos antes da análise do ciclo de vida, utilizando-se, neste caso, estimativas de custos futuros que se aproximem da realidade;
- " Custos de Oportunidade", aqueles onde são avaliadas outras alternativas de investimento que são imprescindíveis para o apuramento do valor económico do ativo/produto;
- Inclusão de custos que ocorrem apenas uma vez (não repetitivos) como por exemplo, eventos ligados ao desenvolvimento do produto e fases do suporte logístico.

Determinação de custos

Novamente, o exercício crítico deve aqui estar presente de forma a que no futuro seja mais fácil identificar onde se encontram as fontes de custo passiveis a serem melhoradas, como por exemplo:

- Um posto numa linha de montagem onde se perde demasiado tempo com o manuseamento do produto;
- Um posto onde o sistema informático esteja desatualizado;
- Remanufactura por defeito na máquina;

- Acumular dados de custos por períodos superiores a um ano, por produto, função, atividade elemento de custo;
- Determinar os custos de um período, isto é, aplicar diretamente ao produto os custos de desenvolvimento, marketing e distribuição;
- Definir os custos de propriedade do ativo com base na manipulação por parte da produção, isto é, os custos durante a manufatura do equipamento.

Indicadores do Ciclo de Vida

A partir dos conceitos podem ser elaborados "indicadores" ou unidades diretamente mensuráveis.

Esses indicadores são variáveis observáveis e mensuráveis de cada variável ou dimensão.

Exemplos:

- o método ABC, proposto por Robles [49];
- Atualização monetária [54];

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \quad (10)$$

- VAE – Valor Anual equivalente *(Annual Worth Value)* [55].

$$A = F \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (11)$$

Legenda:

P – Valor monetário atual

A – Valor Anual Equivalente

F – Valor da receita futura

i – Taxa de referência

n – Número de anos do ciclo

Análise e Medição

Estes aspetos correspondem às atividades de analisar e/ou medir parâmetros básicos, tais como o parâmetro qualitativo, onde se avalia a qualidade e o desempenho do ativo e qual o seu impacto no produto final. Alguns exemplos são:

- Avaliação do impacto ambiental dos projetos industriais;
- Avaliação de materiais específicos para construção dos bens e das instalações industriais, para albergar ou construir os ativos;
- Avaliação dos custos da formação dos funcionários quer seja para a linha de produção ou para a prestação de serviços de apoio à produção.

O outro parâmetro a avaliar é o quantitativo, este avalia o impacto que as decisões tomadas têm sobre os diferentes níveis do ciclo de vida do ativo.

Exemplos:

- Tomada de decisão sobre compra de um equipamento em detrimento de outro, envolvendo os diferentes custos tais como, o custo inicial, os custos de operação, os custos de manutenção e os custos de abate;
- Tomada de decisão sobre mudar peças de uma máquina em vez de substituir a máquina por completo;
- Tomada de decisão sobre o tipo de plano de manutenção a adotar.

Capítulo 4 – Metodologia

4.1 Metodologias de Custeio

Na literatura é possível encontrar dois tipos de abordagens no que diz respeito às metodologias de custeio e são elas a abordagem tradicional e a abordagem contemporânea. Na primeira pode-se encontrar diversas metodologias diferentes nos diferentes níveis de análise, isto é, existem os sistemas de custeio total, os sistemas de custeio variável, os sistemas de custeio racional, os sistemas de custeio por encomenda ou por processo e ainda os sistemas de custo padrão. Relativamente ao segundo tipo de abordagem mencionado podem-se observar diferentes tipos de custo tais como o *target costing*, o *kaizen costing*, o *Custeio Backflush* e o custeio pelo ciclo de vida do produto. Outro tipo de abordagem dentro do grupo da contemporânea é a metodologia do ABC.[56][57] Esta última será a utilizada como base para o presente documento, onde serão acrescentadas algumas das restantes como forma de complemento para os casos de estudo apresentados no capítulo 5. No presente capítulo serão apresentadas de forma detalhada as diferentes abordagens já mencionadas e as principais diferenças entre elas.

Sistemas de custeio tradicionais

Os sistemas tradicionais são caracterizados principalmente pelo seu foco no produto, tendo em consideração o volume de produção. Neste método os custos são atribuídos aos produtos, e é considerado que o consumo de recursos por parte dos produtos é proporcional ao seu volume de produção, isto é, quanto maior for o volume produzido de um produto maior será o consumo de recursos para o fabrico deste. Tendo isto em consideração nos métodos tradicionais é assumido que os custos fixos apenas são influenciados pelo volume de produção. Isto significa que todos os custos ligados ao fabrico são fixos e são independentes da variação do volume de produção. Assim sendo os métodos tradicionais separam os custos fixos pelos produtos e os custos variáveis são atribuídos consoante o volume produzido[58]. Os sistemas de custeio tradicionais podem ser ainda divididos em dois tipos de abordagens, uma onde é considerada a natureza dos custos, isto é, se é aplicado um custeio total ou variável. A outra abordagem é quando se considera o processo de obtenção dos custos, isto é, se a obtenção é por via direta (encomenda) ou por via indireta (processos).

4.2 Método da Norma ISO 15686-5:2017 e o Guia 73:2009

O método dado pela norma ISO 15686-5:2017 [47] juntamente com o guia desta norma ISO/Guide 73:2009 [2] sobre gestão de risco, dizem como deve ser realizada uma avaliação do custo do ciclo de vida (*LCA – Life Cycle Assessement).* Este método analisa os diferentes tipos de custos (Custo de aquisição, Custo de alienação, Custo de Fim de Vida, Custos Externos, Custo de Manutenção, Custo de operação e Custos Perdidos).

Após a identificação dos diferentes custos a norma utiliza como ferramentas de medida e análise a *LCA – Life Cycle Assessement* (Avaliação do Ciclo de Vida), onde são medidos e avaliados os impactos ambientais associados a um produto, sistema ou atividade, descrevendo e avaliando a energia, os materiais utilizados e libertados para o meio ambiente ao longo do ciclo de vida. Este método utiliza alguns parâmetros para realizar a análise de custo. Esses parâmetros irão ser desenvolvidos ao longo do documento e são eles o custo de aquisição, que representa o valor do equipamento ou do conjunto dos seus constituintes. O custo real, que representa o valor real pago já com os impostos e descontos aplicados. O custo de manutenção, que indica os custos ligados à manutenção do equipamento ao longo da sua vida útil. O custo de operação, que é o custo relativo à operação do equipamento durante a sua vida útil. O custo de desmantelamento, que resulta dos custos derivados da alienação do equipamento. O valor residual, que é o lucro resultante da venda do equipamento ou seus componentes. A inflação/deflação, que são o aumento/decréscimo do valor real do dinheiro e análise de sensibilidade que representa a variabilidade dos valores que vão influenciar as alterações dos custos finais como mencionado mais à frente. Estes parâmetros são utilizados para calcular e avaliar por exemplo a atualização monetária (10), que apresenta o valor atual de uma soma futura de dinheiro de fluxos de caixa, dada uma taxa de retorno especificada e o valor anual equivalente (11), que representa uma estimativa do valor anual de um determinado projeto,

Esta metodologia usa um teste de sensibilidade para verificar a estabilidade e sustentabilidade da mesma, isto é, após se obter os resultados altera-se um ou mais parâmetros dos valores iniciais para se verificar estas premissas. Além dos indicadores já mencionados existem também outros que são a taxa de desconto e o período de análise. A primeira refere-se à taxa que reflete o valor do dinheiro no tempo, isto é, o valor do dinheiro no futuro projetado no presente. O período de análise corresponde ao período para o qual se está a fazer a avaliação (tempo de vida útil).

Guia 73:2009

Este Guia é muito utilizado em conjunto com a norma anterior, pois este indica o vocabulário correto a usar na avaliação de riscos e o que significa cada termo do tema avaliação de riscos.

Tendo em consideração o acima referido, neste documento serão apresentados três casos de estudo de três cisternas de combustível onde se teve em conta para a avaliação todos os custos presentes indicados tanto pelas empresas construtoras/reparadores deste tipo de cisternas como empresas transportadoras de combustível e a minha experiência profissional com as mesmas.

4.3 Sistema de Custeio Racional

Tendo em consideração as diferentes empresas ligadas à produção industrial é necessário ter em conta que o volume de produção varia de empresa para empresa e mesmo dentro de uma organização o calendário de produção pode variar, isto é, uns meses produz-se mais que outros, veja-se o exemplo das empresas produtoras de derivado de tomate. Neste tipo de empresa existe uma época para a produção do tomate em si e outra para a produção dos derivados. Geralmente estas duas fases da produção não são coincidentes e quando se está na primeira fase a produção de derivados é baixa. Com isto é possível afirmar que com uma determinada capacidade de produção instalada nem sempre esta é utilizada ao máximo, existindo variações. Para este caso é aconselhável que as organizações adotem um sistema de custeio que seja capaz de controlar os custos e permita uma correta contabilização dos custos fixos. [59]. Face a este problema, existe o sistema de custeio racional, que normalmente é utilizado quando os níveis reais de produção estão abaixo aos níveis de capacidade instalada [59]. Este sistema apresenta a possibilidade de utilização de quotas racionais e tem como objetivo anular os efeitos da flutuação da produção e assim minimizar as variações do custo de produção unitário. Um dos principais objetivos deste sistema é o fato de permitir a estabilização dos custos completos em condições de exploração iguais, permitindo assim a formulação de indicadores de gestão válidos para a análise que se pretende. Estes indicadores devem indicar quais as variações existentes, ou seja, quais são as possíveis melhorias ou deteriorações das condições de exploração em questão. Seguindo esta linha pensamento [60] referem que este sistema além de considerar os custos variáveis industriais, também considera parte dos custos fixos. Neste sistema de custeio os custos ligados aos produtos/serviços num determinado período, tais como os custos fixos industriais não são considerados na sua totalidade pois os mesmos fazem parte das necessidades das empresas para um nível de atividade considerado normal.

No que diz respeito aos custos fixos industriais, estes são imputados aos custos dos produtos e/ ou serviços de acordo com a relação existente, isto é, a relação existente entre a produção real e a produção normal. Por outro lado, a contabilização do CIPA apenas considera a proporção implícita na relação anterior da parte dos custos fixos industriais, obtendo se da seguinte forma [60]:

$$\text{Custos Fixos Industriais a Incorporar } = \text{CF Ind. Reais } \times \frac{\text{Pr}}{\text{Pn}} \quad (12)$$

Onde:

CF Ind. Reais – Custos fixos industriais reais;

Pr – Produção real;

Pn – Produção normal.

O CIPA é obtido através da expressão seguinte:

$$\text{CIPA } = \text{CV Ind. Unit.} \times \text{Pr} + CF\ Ind. \times \frac{Pr}{Pn} \quad (13)$$

Onde:

CV Ind. unit. ‑ Custos variáveis industriais unitários.

Pr ‑ Produção real;

CF Ind. ‑ Custos Fixos Industriais;

Pn ‑ Produção normal.

Pelas contas é verificada a existência de uma diferença de custos, e essa diferença está entre a totalidade dos custos fixos industriais e os custos fixos industriais que foram incorporados posteriormente num determinado período e esses são designados por CINI, e este é obtido pela seguinte forma (Franco et al., 2010):

$$CINI = \frac{(1-\text{Pr})}{Pn} \quad (14)$$

Onde:

Pr – Produção real;

Pn – Produção normal.

Considerando as vantagens mencionadas é indicada a principal limitação deste método como sendo a falta de clareza que este sistema de custeio apresenta na indicação da forma como é obtido o nível de atividade normal. Assim é possível afirmar que este sistema reajusta os gastos de acordo com as condições de exploração da empresa.

4.4 Sistemas de Custeio por Encomenda

Os sistemas de custeio por encomenda, ou também denominados como sistema de custeio por ordem de produção ou ainda custeio por via direta são usualmente utilizados por empresas cuja produção não é contínua, isto é, trata -se de um tipo de produção descontínuo, com mais do que um tipo de produto, sendo os produtos feitos à medida do cliente. Com isto significa que este tipo de produção é pequeno e depende das indicações dadas pelo cliente no que diz respeito a especificações e quantidades. Com isto, o custeio da produção é realizado de forma especifica para cada unidade, lote ou serviço prestado para o cliente [61]. Este tipo de custeio começa por uma ordem de fabrico (OF), que pode também ser chamado de encomenda, pedido ou contrato. Seguida esta OF é criada uma ficha de custos ou ficha de fabrico, onde serão apurados os custos acumulados da laboração do pedido. Esta ficha apresenta detalhadamente o tempo de preparação, o processo de produção, os materiais necessários para a mesma, discriminando as quantidades e respetivos custos. Os custos com a mão de obra direta (MOD) e os gastos gerais de fabrico (GGF) também são discriminados, servindo este detalhe como explicação do custo final da encomenda. Este tipo de sistema é normalmente utilizado por empresas que tratam à vez de encomendas, têm um período extenso de laboração e cujo preço de venda varia de acordo com os custos de produção, que variam de acordo com o que é indicado pelo cliente. Exemplos desse tipo de empresas são por exemplo empresas de construção civil, construção naval, reparação automóvel e inspeção. Uma vantagem deste sistema é permitir às empresas identificar qual a margem de lucro expectável, permitindo assim um apontar quais os trabalhos que dão mais e menos lucro, também permitindo o cálculo da acumulação de custos ao longo do processo e quais os pontos passiveis de melhoramento e diminuição de custos [61].Este sistema permite também um maior controlo da eficiência dos vários departamentos envolvidos na laboração, isto através da comparação dos custos previstos com os custos reais suportados. É importante frisar que, como este sistema funciona através da imputação de custos num determinado período, este pode resultar numa limitação quando se trata de estimar custos no futuro devido à customização requerida por cada cliente [61].

4.5 Sistemas de Custeio por Processo

Este tipo de sistema é designado também por custeio por via indireta e são característicos de empresas de produção em massa, isto é, assentam num determinado processo contínuo e homogéneo, são exemplos deste tipo de fábricas, a indústria do calçado e a indústria têxtil. De acordo com isto os custos são determinados por fases, isto é, em cada fase de produção e no fim do respetivo período de laboração são determinados os custos médios das unidades produzidas [61]. Assim, para este tipo de custeio a determinação de custos é realizada separadamente para cada departamento ou centro de custos para um determinado período seguindo os passos:

- Determinação do número de unidades produzidas;
- Atribuição das despesas (MOD direta e GGF) aos respetivos departamentos/centro de custos;
- Obtenção do custo unitário de cada departamento;
- Soma do custo unitário dos vários departamentos, perfazendo o custo unitário de transformação;
- Soma dos custos diretos, por exemplo as matérias-primas, do produto ao custo unitário de transformação, obtendo o custo industrial do produto.

Tendo o descrito em consideração, para a determinação dos custos dos produtos por via deste sistema os custos indiretos são inicialmente repartidos pelos diferentes centros de custo, sendo depois os custos individuais acumulados dos diversos centros de custo imputados aos produtos. No entanto, os custos diretos são diretamente imputados aos produtos. É importante realçar que, como este sistema apenas imputa os custos no final de um determinado período surgem algumas limitações tais como a dificuldade de imputação de custos e o cálculo do valor dos produtos em via de fabrico (PVF). Esta dificuldade deriva do facto de não se poder somar ao valor do produto acabado o valor dos custos de PVF, pois ambos estão ligados a unidades distintas. Após o início da transformação pode se ter ao longo de uma linha produção acabada e produção em curso, dessa forma para conseguir determinar o CIPA é essencial determinar o custo industrial relativo à variação dos PVF num determinado período. Com isto é necessário ser feito o cálculo da produção efetiva, ou seja, é essencial determinar coeficientes que determinem o nível de acabamento dos PVF.

4.6 Sistemas de Custeio de Custo-Padrão

O custo padrão é visto como um sistema que permite controlar os custos da mesma, permitindo, desenvolver/criar um custo padrão para futuramente avaliar o comportamento dos custos que surjam [62]. Assim, com este sistema é possível criar um padrão ou custo planeado, com o qual podem existir comparações e verificar se os custos se aproximam ou afastam do previsto. Esta metodologia baseia-se no que está planeado para a empresa, isto é, baseia-se na produção esperada e nos ideais de eficiência desta. Como tal, é necessário ter em conta as condições previstas de trabalho, assumindo assim a condição das máquinas, as perdas de produção, a remanufactura, entre outras. Estas condições para serem mensuráveis têm que estar presentes no histórico de produção e como tal é com base nesse histórico que se faz uma previsão de quais serão as condições para um trabalho eficiente [62].Pode-se afirmar assim que este sistema é baseado em orçamentos, cujo objetivo é comparar os custos atuais com os previstos e assim verificar a existência de desvios incorridos e analisar a eficiência da empresa. Assim, é possível controlar os custos através da identificação e análise dos desvios e identificar quais as causas destes, por forma a ser possível discutir e

implementar medidas corretivas e de melhoramento para mitigar essas causas e efeitos. Este sistema facilita a elaboração de orçamentos, diminui o trabalho administrativo e permite melhorias na avaliação do desempenho de produção. No entanto, este método apresenta algumas limitações como por exemplo para empresas com uma elevada variedade de produtos é difícil determinar os custos-padrão [63].

4.7 Sistemas de Custeio Contemporâneos

Com a evolução das metodologias de fabrico ao longo dos anos, surgiu a necessidade de melhorar e adaptar os sistemas de custeio tradicionais. Neste sentido, surgiram os sistemas denominados contemporâneos, ou "técnicas de gestão de custos". Estes não funcionam apenas como sistema de custeio, estes também funcionam como ferramentas para complementar um sistema de custeio [64]. Estes sistemas surgiram com o objetivo de complementar as lacunas dos sistemas de custeio tradicionais, permitindo assim um reforço das funções destes e auxiliando as empresas a ficarem mais competitivas. Segundo a literatura estes sistemas são caracterizados por se focarem no cliente e no processo de tomada de decisão. Para isso, estes sistemas têm como objetivo a obtenção de informação sobre o que agrega valor para o cliente, isto é, o que o cliente valoriza mais. Este foco ajuda na tomada de decisão. Assim, é defendido que estes sistemas têm como principais objetivos: [64]

- Aumento da rentabilidade dos produtos e dos clientes;
- Melhorar os produtos e o processo de produção;
- Identificar as atividades que não geram valor acrescentado para o cliente e que devem ser eliminadas ou corrigidas.

Neste sentido, estes sistemas também são caracterizados por considerarem todos os custos associados ao ciclo de vida do produto, e não somente aqueles associados à produção do mesmo, diferenciando-se assim dos sistemas de custeio tradicionais.

De seguida serão apresentadas e detalhadas algumas das ferramentas utilizadas nos sistemas de custeio contemporâneos. Tais como o *Target Costing*, o *Kaizen Costing* e o *Custeio Backflush*.

Target Costing

O *Target Costing* foi desenvolvido pelos japoneses em 1960, tendo por base a ideia norte-americana de engenharia de valor, ou seja, é um sistema onde impera a redução de custos e o planeamento dos lucros a obter. Este tipo de engenharia centra-se no setor da produção, enquanto o *Target Costing* combina a redução de custos com o empenho dos setores da empresa. Como indicado este é um processo de planeamento dos custos e dos lucros desenvolvidos na fase de projeto de um novo

produto ou projeto já existente no mercado. Este processo tem como base o preço estabelecido pelo mercado, e um retorno do investimento que se espera aceitável durante a sua vida útil. Os autores Teixeira e Hansen [65] definem que este processo tem como objetivo a satisfação do cliente envolvendo toda a empresa, considerando todo o processo de desenvolvimento e incluindo uma cadeia de valor. Este sistema de custeio é normalmente utilizado por empresas inseridas em mercados extremamente competitivos, onde estes determinam o preço dos produtos e a margem de lucro das empresas é reduzido, por o preço de venda ser muito pequeno. Como tal neste tipo de indústria é de extrema importância o controlo dos custos e o estabelecimento de um custo-alvo. O *Target Costing* [66] é uma abordagem sistemática para a determinação de um custo ambicionado para o produto, com base em fatores estabelecidos pelo mercado. No entanto [67], este conceito é considerado como uma ferramenta de gestão de custos para avaliar e realizar possíveis reduções no custo dos produtos, tendo em conta o ciclo de vida do produto. Um determinado custo alvo [68] é determinado antes de se projetar um produto e esta ferramenta ajuda nessa tomada de decisão visando uma redução nos custos sem prejudicar o valor para os clientes e as principais características deste sistema para estes autores são:

- O Custo determinado pelo mercado;
- A integração da empresa como um todo;
- O Planeamento dos lucros e dos custos a longo prazo.

Os principais objetivos e características [65] deste sistema seguem as características de:

- Promoção da mudança na visão de determinação do preço de venda, considerando assim que o preço de venda é o fator determinante do custo;
- Empenho em conseguir uma harmonia entre todos os setores da empresa, de forma a que todos se envolvam no compromisso de reduzir custos, pois apenas assim o *target costing* funcionará corretamente;
- Análise dos custos globais, ou seja, considerar o ciclo de vida do produto, e não apenas o fabrico do mesmo;
- Otimização do custo do produto para que este não perca a sua qualidade;
- Alcance do lucro desejado, tornando a obtenção do custo-alvo uma atividade de administração que passe por toda a empresa.

Tendo em conta o referido anteriormente, os mesmos autores sublinham que mesmo dentro de uma empresa podem existir diferenças nos objetivos e características, pois estes dependem das metas e dos recursos de cada departamento. Uma das diretrizes do *Target Costing* é que a gestão da empresa

deverá manter-se dentro de determinados patamares resultantes da informação recebida do preço estabelecido pelo mercado para os produtos produzidos e tendo em vista o objetivo do lucro para a empresa. No entanto, para surgir uma delimitação e uma fundamentação desta teoria terão de ser respeitadas as seguintes premissas:

- O lucro garante a sobrevivência da empresa;
- O custo é definido antes do início do processo produtivo;
- O *Target Costing* é aplicado em empresas inseridas em mercados competitivos.

Perante o mencionado até este ponto é possível determinar que esta ferramenta permite estabelecer a margem de lucro ideias para uma empresa, sendo que para isso seja necessário idealizar e estabelecer um bom planeamento abrangendo todas as etapas de produção, assim como os custos envolvidos. O *Target Costing* é uma nova mentalidade que aborda a relação entre os preços e os custos e é uma abordagem integrante na tomada de decisão à qual acrescentem outras técnicas e ferramentas que permitam alcançar um processo de custeio eficaz. Os procedimentos do *Target Costing* são três e são eles: [69]

- 1º passo ‑ Planear novos produtos concentrando-se na satisfação do cliente;
- 2º passo ‑ Determinar o custo-alvo de acordo com a política estratégica da empresa e viabilizá-lo em custos realizáveis;
- 3º passo ‑ Atingir o custo-alvo utilizando a engenharia de valor ou outras técnicas de redução de custos.

Começando pelo preço de venda, a organização estabelece a margem de lucro que pretenderá implementar, ou seja, o lucro-alvo. Por último, deverá calcular o custo-alvo da elaboração do produto, de acordo com a seguinte função:

$$Custo\ Alvo\ = Preço\ Alvo - Lucro\ Alvo \quad (17)$$

Tendo em consideração a função anterior é possível aplicá-la cumprindo as seguintes etapas: [70]

- 1ª etapa – definir o produto e identificar o quanto o mercado está disposto a pagar;
- 2ª etapa – determinar o lucro desejado pela empresa;
- 3ª etapa – apurar o custo do produto;
- 4ª etapa – determinar o *Target Cost*;
- 5ª etapa – aceitar ou não o *Target Cost*.

No que diz respeito à primeira etapa, quando a empresa decide aplicar o *Target Costing* a primeira tarefa a realizar é identificar o mercado a atuar, definindo que produtos pretende desenvolver. Neste ponto, é importante que a empresa faça uma análise de mercado para verificar quais são as oportunidades disponíveis, dentro do horizonte da missão e visão que a empresa. É neste ponto que a empresa terá de definir o pretendido para se poder iniciar todo o processo. Logo após esta definição, a empresa terá de realizar um estudo de mercado com o objetivo de averiguar junto do mesmo as seguintes informações:

- Dentro do nicho de mercado selecionado, que tipos de produto este pretende;
- Quais as características que o mercado pretende para o produto (tamanho, cor, localização, entre outras especificações);
- Quais os pontos mais valorizados no produto, ou seja, que itens agregam valor;
- Qual a quantidade pretendida para consumo;
- Qual o valor que o produto poderá auferir.

Tendo isto em consideração, a organização deverá elaborar o projeto do produto ou reformulá-lo, caso já exista um protótipo do mesmo. Importa salientar que a adoção do *Target Costing* para produtos já existentes na empresa só é conveniente se houver predisposição para repensar todo o projeto, isto pois se o produto já existe, usualmente a redução de custos é feita através do custo-padrão. Na segunda etapa, a empresa necessita conhecer em antemão qual o lucro desejado e qual é o lucro possível a atingir. Desta forma, esta etapa consiste na definição da rentabilidade que a empresa deseja em cada um dos seus produtos ou segmentos. De tal forma, que seja possível definir os demais itens do processo do *Target Costing*. Na terceira etapa, a empresa deve apurar o custo do produto caracterizado pelo mercado e para isso devem estar envolvidas pessoas ligadas aos diferentes processos e também à área da gestão. Esta etapa é essencial e complexa, pois terão de ser definidos os custos de produção sem se efetivar a mesma, ou então, através do fabrico de um protótipo. É aqui, na fase de apuração dos custos dos produtos ainda em fase de conceção, que se irá verificar quanto se irá ser necessário gastar com materiais, mão-de-obra direta e custos indiretos. Depois de ser identificado qual o desejo do mercado, quanto o mesmo está disposto a pagar pelo produto, qual o lucro desejado pela empresa e qual o custo deste produto, é possível calcular-se o custo-alvo presenta na 4ª etapa. Todavia, pode dar-se o caso que o preço do mercado não seja suficiente para cobrir o custo apurado e ainda gerar o lucro desejado. Para este caso, o processo de apuramento do custo-alvo entra numa etapa de ajustamentos. Ou seja, a 5ª etapa, onde o *Target Costing* é aceite ou não e chega-se assim à fase final do processo. Na realidade a empresa terá de realizar discussões e análises durante todo o processo, para conseguir chegar à relação adequada (preço, custo e lucro) de forma a satisfazer as necessidades. Portanto, quando o custo apurado na primeira fase é superior ao *Target Cost*

encontrado, deverão ser feitos alguns ajustamentos de forma a encontrar o *Target Cost* adequado. Para tal existem alguns exemplos destes ajustamentos que podem ser:

- A redução do custo de produção alterando o processo produtivo;
- A negociação dos preços dos diversos fatores de produção, bem como dos diversos materiais que compõem o produto;
- A eliminação de algum item não valorizado pelo cliente (que não agrega valor);
- Repensar o lucro, verificando a possibilidade de uma nova mistura de lucro, aquando a posse de outros produtos e/ou serviços;
- Consultar o mercado sobre a possibilidade de aumentar o preço de venda do produto sem que isto altere o volume de consumo;
- Outras alternativas existentes de acordo com o tipo de empresa.

Analisadas as possibilidades acima mencionadas e obtido o sucesso, a empresa deverá implementar o *Target Costing* de acordo com os seguintes elementos:

- *Target Price* – Preço do produto a ser colocado à disposição do mercado;
- *Target Cost* – Custo a ser atingido ao iniciar a produção do produto;
- *Target Profit* – Lucro desejado após aprovação do *Target Price* e *Target Cost*.

Tendo o *Target Costing* implementado, é da responsabilidade da empresa adotar um mecanismo de controlo com o objetivo de atingir o *Target Cost*. É importante frisar que não são apenas os mecanismos de controlo dos custos, mas também os preços de venda que influenciam a relação custo, preço e lucro desejado [71]. Desta forma, os princípios do *Target Costing* são:

- Custo dirigido pelo preço: princípio fundamental do *target costing*;
- Foco no consumidor: os desejos dos consumidores em termos de qualidade, custos e tempo são simultaneamente incorporados nas decisões de produto e processos, guiando a análise de custos. O custo-alvo deve ser atingido satisfazendo as necessidades do consumidor, sem diminuir o desempenho e a qualidade do produto;
- Foco no projeto: os custos de um produto são determinados na fase de projeto;
- Envolvimento da empresa como um todo: toda a empresa é responsável por se atingir o lucro-alvo, através da obtenção do custo-alvo;
- Orientação para o custo do ciclo de vida: não se pode restringir a análise dos custos apenas ao seu estágio de produção. Para que seja efetivo, o *Target Costing* deve contemplar, para o

consumidor o custo de propriedade e para o produtor a minimização dos custos nos diferentes estágios do produto;

- Envolvimento da cadeia de valor: por se tratar de um processo de gestão estratégica, este para ser eficiente e eficaz, deve-se preocupar em estabelecer parcerias com os diversos membros da cadeia de valor, para conseguir alcançar a vantagem competitiva e, consequentemente, o lucro esperado pela empresa.

O *Target Costing* é um instrumento estratégico, que envolve técnicas de gestão e possui características bem definidas, que o diferencia dos demais métodos de custeio. As diferenças [65], entre este método e os métodos tradicionais são apresentadas na seguinte tabela:

Tabela 9 – Comparação entre *Target Costing* e os métodos tradicionais

***Target* Costing**	**Métodos tradicionais**
O preço determina o custo.	O custo determina o preço.
Utiliza a pesquisa de mercado para detetar as necessidades do cliente e o preço aceitável.	Utiliza a pesquisa de mercado para determinar as demandas dos clientes.
Estima-se o preço de venda e subtrai-se a margem de lucro planeada para obter o custo máximo admissível.	Estima-se o custo de produção, acrescenta-se uma margem de lucro desejada de forma a se obter um preço de venda.
Planeamento dos custos conduzido pela visão de mercado.	O mercado não é considerado no planeamento de custos.
Os esforços para a redução de custos acontecem na fase de projeto e desenvolvimento.	Redução de custos apenas na fase de produção.
Redução de custos com foco no cliente.	Redução de custos não voltada para cliente.
Os custos são geridos por toda a empresa.	Custos geridos apenas por contabilistas.
Os fornecedores são envolvidos desde a fase de conceito e projeto.	Os fornecedores são envolvidos apenas na fase de produção.
Envolve toda a cadeia de valor no planeamento de custos.	Pouco ou nenhum envolvimento da cadeia de valor no planeamento dos custos.
Redução contínua de custos.	Redução periódica de custos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a tabela 9 chega-se à conclusão de que a principal característica que diferencia o *Target Costing* dos restantes métodos é o fato de os custos serem orientados pelo preço. Outra característica diferenciadora é o foco no cliente, pois trata-se de uma técnica virada para a análise de mercado onde se tem por objetivo conciliar o desejo do consumidor, o custo máximo admissível e o lucro pretendido. No método tradicional só existe a preocupação de diminuição de custos quando existem

perdas ou desperdícios, por outro lado no *Target Costing* essa preocupação é tida em consideração já antes do processo produtivo, o que poderá ser mais vantajoso, pois permite a determinação dos pontos onde podem existir melhorias e assim ajustar os custos evitando os desperdícios.

Kaizen Costing

O *Kaizen Costing* é um sistema de custeio que apoia o processo de redução dos custos na fase de produção de um modelo de produto já existente. No entanto, nem todas as reduções de custos são possíveis, mas quando isso é possível e o produto alcança o custo-alvo no seu processo de fabrico, existindo assim uma otimização no uso dos recursos, permitindo uma redução de custos [72] [73]. Esta metodologia [74] é feita através da melhoria contínua e permite uma redução dos custos, durante a fase de produção do ciclo de vida do produto. Esta envolve os colaboradores internos e fornecedores. *Kaisen* é significado de uma melhoria continua, e esta pode ser alcançada por via de pequenas melhorias durante o processo de fabrico em vez de mudanças bruscas e repentinas neste mesmo processo. O *Kaizen Costing standard* é o processo de melhoria continua tendo por base os custos padrão, este foi implementado com o objetivo de dar mais ênfase à redução dos custos na fase de produção comparando com os métodos padrão e consiste na implementação de um sistema de custos tradicionais, ou seja, corresponde à diferença que existe entre os custos padrão e os custos efetivamente verificados num determinado período. Resumindo é a aplicação dos métodos tradicionais de custeio com uma redução de custos realizada na fase de produção. A melhoria contínua [75], além da redução de custos passa também pelo reconhecimento dos plenos poderes dos colaboradores, considerando que estes detêm um melhor e maior conhecimento do processo produtivo, visto que diariamente realizam funções ligadas a este. O *Kaizen Costing* está diretamente relacionado com o conceito anteriormente referido o *Target Costing* de tal forma que este [76], corresponde à abordagem da gestão de custos ligada aos processos de conceção e desenvolvimento de novos produtos, sendo o *Kaizen Costing* usado essencialmente na fase de produção, com o objetivo de diminuir os custos da produção. As atividades de melhoria contínua podem ser divididas em dois tipos de atividades [77]:

- As atividades implementadas com vista a melhorar o desempenho atual quando existe uma diferença considerável entre o custo verificado e o custo alvo;
- As atividades implementadas de forma contínua com o objetivo de reduzirem qualquer diferença existente entre o lucro estimado e o lucro-alvo.

Para desenvolver este tipo de atividade devem ser organizadas as chamadas *"Cost Kaizen Committee"*, que são equipas especializadas que procedem à análise e implementação de atividades que têm como objetivo a redução dos custos alvo para cada departamento da empresa. Este sistema prevê a utilização de diferentes métodos em concordância com os diferentes tipos de custos

suportados. Estes custos podem ser fixos ou variáveis, sendo que, nos custos variáveis são estabelecidas melhorias contínuas, por unidade e tipo de produto. No que diz respeito aos custos fixos, estes estão sujeitos a uma gestão por objetivos baseada no montante global a melhorar. Para o *Kaizen Costing* [74] e com base nos métodos adotados por algumas empresas japonesas, foram definidos os seguintes princípios:

- Satisfação máxima dos clientes – é imperativo que todas as atividades conduzam à satisfação dos clientes;
- Melhoria contínua – serão realizadas melhorias contínuas no processo produtivo de modo a alcançar a redução dos custos de produção;
- Reconhecimento atempado dos problemas – existência de uma cultura baseada no apoio, não recriminatória. Desta forma os problemas poderão ser analisados por todos os membros da equipa, departamento ou empresa, e a solução alcançada de forma mais célere;
- Criação de equipas de trabalho – os indivíduos pertencentes a uma empresa kaizen fazem parte de uma equipa de trabalho;
- Gestão de projetos por equipas multifuncionais – nenhuma equipa pertencente a uma determinada área domina todos os conhecimentos necessários para realizar um determinado projeto com eficiência, pelo que, o conhecimento de todos é indispensável;
- Corretos procedimentos de gestão – as empresas preocupam-se e orientam-se para alcançar metas financeiras com o objetivo de reduzir custos e aumentar as receitas;
- Desenvolvimento da autodisciplina – a filosofia *Kaizen* exige dedicação à equipa de trabalho bem como comportamentos autocontrolados que se traduzem no respeito pela empresa, indicando força interior, integridade e uma capacidade de harmonizar-se e estabelecer relações com colegas e clientes;
- Informação total prestada aos colaboradores – todos os colaboradores devem estar totalmente informados sobre o funcionamento, modo de atuação e estado da sua empresa;
- Formação de colaboradores – deve ser facultada toda a formação necessária para que os colaboradores desenvolvam as suas capacidades e detenham maior oportunidade de aplicarem os seus conhecimentos.

Este tipo de custeio [78] tem por objetivo alcançar a redução de custos do processo produtivo, e não calcular os custos dos produtos com maior precisão. Estes concluem que o custeio por esta filosofia apresenta as seguintes características:

A redução de custos é uma responsabilidade da equipa e não uma responsabilidade individual;

Os custos reais de produção são calculados com frequência pelos funcionários da área produtiva uma vez que estes detêm mais informação e um maior conhecimento sobre esta área face ao departamento contabilístico;

Os "custos padrão" são continuamente ajustados e atualizados de modo a estarem o mais próximo possível da realidade, garantindo que as inovações alcançadas com a melhoria dos processos sejam mantidas, além de definir um novo patamar para as melhorias futuras.

O objetivo deste método passa por introduzir melhorias contínuas nos processos produtivos essenciais de forma a reduzir os custos existentes em linhas amadurecidas, altamente sensíveis em termos de preço e não orientadas à inovação de produtos.

Custeio *Backflush*

Este tipo de custeio foi desenvolvido com o intuito de ser utilizado por empresas com a política de *Just-In-Time (JIT)*, pois nestes casos os inventários são reduzidos/nulos e inicialmente os custos destes não são considerados [59]. Uma vez que não existe inventários, o *backflush* imputa todos os custos aos produtos vendidos [61]. Habitualmente, as empresas que optam pela política *JIT*, têm como objetivo baixar os custos que não adicionam valor ao produto final [75]. É de salientar que o *JIT* tem a capacidade de produzir o produto necessário com as condições desejadas e no tempo certo. Assim, os objetivos do *JIT* orientam-se por: [79]

- Eliminar as atividades sem valor acrescentado;
- Apresentar inventários reduzidos/nulos;
- Qualidade máxima com zero defeitos;
- Produção contínua sem paragens;
- Entrega personalizada no tempo certo.

Face ao mencionado anteriormente, este sistema [80] oferece uma visão diferente aos sistemas de custeio tradicionais. Considerando que a diferença entre o custo real e o custo standard é mínima e só imputada no final aos produtos vendidos. O sistema *backflush* é um método que funciona como um retrocesso no processo de custeio, removendo os custos do output e atribuindo-os aos custos de produção. Assim, os custos são "enviados de volta" através do processo produtivo até ao ponto em que permanecem os inventários [66]. Assim, este sistema permite aos administradores intuitivamente saibam o que aconteceu ao longo de todo a produção, simplesmente através do conhecimento do output resultante. A lógica deste sistema é a seguinte: [81]

- Se um produto foi produzido, isso significa que foram utilizados recursos;

- Se foram utilizados recursos, então estes foram fornecidos;
- Se os recursos foram fornecidos, então tiveram de ser requisitados aos fornecedores;
- Se os recursos foram requisitados aos fornecedores, então a empresa deve-lhes dinheiro.

Assim, é possível enumerar as seguintes características:

- O foco é centrado no output e cujo custeio funciona de forma inversa ao tradicional (*backwards*);
- Os custos da MOD não fazem parte do custeio principal, sendo considerados como custos indiretos do trabalho e incluídos nos custos de conversão;
- Todos os custos indiretos (fixos ou variáveis) são assumidos como custos do período;
- Os produtos defeituosos não são tolerados, e, como tal, não são contabilizados.

Este sistema [59], pode apresentar benefícios para inúmeras empresas, uma vez que simplifica as atividades e as transações que têm lugar nos sistemas tradicionais, inclusive eliminando algumas destas. Assim, relativamente a esta estratégia, pode-se ainda mencionar os seguintes benefícios:

- Eliminação/redução das movimentações de inventários;
- Eliminação/redução das transações contabilísticas;
- Eliminação/redução das operações de transporte;
- Eliminação de pesquisas materiais;
- Eliminação da identificação do trabalho;
- Simplificação dos cálculos dos inventários;
- Possibilita o conhecimento intuitivo das atividades operacionais.

Neste sistema, inicialmente os custos relacionados com os produtos permanecem como custos das mercadorias vendidas. Estes no final do período são "enviados de volta" para as contas apropriadas. Assim, este sistema comparando com os sistemas tradicionais, possibilita a redução de inúmeras operações contabilísticas [82].

Numa ótica tradicional, inicialmente, os custos são imputados à devido aos inventários de materiais. Posteriormente quando os materiais são solicitados para a produção, esses custos transitam para a conta de inventários *WIP (Work in Progress)*. Relativamente aos custos indiretos, como por exemplo salários e GGF, os mesmos terão de ser imputados nesta fase consoante a base de imputação definida pela empresa, e ser-se-á acrescentado aos restantes custos no inventário WIP. Na reta final deste processo, os custos do produto finalizado traduzem-se nos custos de todas as unidades acabadas, e

quando as mesmas são vendidas, os custos associados a elas passarão para a contabilização de custos de produtos vendidos.

Neste sistema de custeio, os custos associados aos materiais e os custos de transformação, como por exemplo MOD e custos indiretos, são diretamente alocados à contabilização dos produtos vendidos. Posteriormente, os custos do *WIP* e dos produtos acabados, serão determinados e alocados às respetivas contas no final do período. Assim, deste modo, no final a conta relativa aos custos dos produtos vendidos reportará exclusivamente aos custos de todas as unidades concluídas e vendidas. Em suma, o backflush trata-se de um sistema de custeio simples e eficiente, porém, com a sua utilização verificam uma tendência para o abrandamento da produção da empresa. [59] É de salientar que este sistema pode não ser o mais apropriado para empresas que possuem uma produção mais complexa, porque requer uma boa gestão dos seus inventários.

4.8 Custos Diretos

Os custos diretos são aqueles que estão diretamente ligados à produção ou à prestação de serviços. Com os novos métodos de análise de custos e com os avanços tecnológicos estes tipos de custo deixaram de ter um peso significativo na estrutura de custos das organizações, passando assim a terem maior importância e peso outro tipo de custos como por exemplo os custos indiretos.[83]

4.9 Custos Indiretos

Os custos indiretos ou GGF – Gastos Gerais de Fabrico passaram a ter um peso preponderante, como mencionado anteriormente, na estrutura de custos na maioria das organizações. Para além de que os GGF comportam os custos cuja variação não está associada a variações de volumes de produção.

Os sistemas tradicionais de imputação de custos baseiam-se no pressuposto de que os custos indiretos são causados pela produção ou vendas, adotando assim bases de imputação dos custos baseados em volumes de produção. Como por exemplo número de hora/homem, valor da mão de obra direta e consumo direto de matéria-prima. Este pressuposto leva a que os custos dos produtos e serviços sejam calculados, por vezes, com distorções e que levam os gestores a tomarem decisões que podem ser potencialmente prejudiciais às empresas.[83]

4.10 Sistema de Custeio Variável

Este sistema é um dos métodos mais conhecidos e utilizados nas empresas, principalmente nas empresas ligadas à indústria e ao comércio. Um dos principais motivos é a sua simplicidade e objetividade, visto que somente são tidos em consideração como custos de fabrico os custos

variáveis, diretos e indiretos. Os custos fixos, pelo fato de existirem mesmo que não haja produção, não são considerados como custo de produção, mas sim como despesas.[84]

O sistema de Costeio Variável tem por base a separação dos custos em variáveis e fixos, isto é, os custos baseiam-se em valores que oscilam proporcionalmente ao volume da produção/venda (Custos Variáveis) e custos que se mantêm estáveis perante volumes de produção/venda oscilantes (Custos Fixos) dentro de certos limites. Esse sistema produz informações importantes, como a margem de lucro, e permite aos gestores terem a noção do capital disponível para novos investimentos ou para alocar a diferentes departamentos dentro da empresa.

Neste sistema de custeio apenas os custos variáveis das entradas relacionadas com o fabrico são tidos em consideração. Isto é, apenas os custos do fabrico são considerados. Neste sistema além dos CV de fabrico são considerados os desvios das compras, das atividades e do próprio fabrico. Este sistema contempla diferentes tipos de custos onde vão entrar os desvios mencionados além dos CVF (Custos Variáveis de Fabrico) de onde se tem os seguintes custos:

- Custo das compras;
- Custos de transformação;
- Custos dos produtos/serviços;

No primeiro ponto, os custos das compras, são tidos em consideração os custos de aquisição e armazenagem. Neste ponto também são considerados os desvios de compras que resultam de uma comparação entre os custos reais de aquisição e os previstos. Nos custos de transformação como o nome indica são considerados os custos ligados à transformação dos produtos, onde são contemplados os custos diretos da aquisição dos bens e serviços ao exterior. Os Custos de Fabrico associados ao funcionamento das atividades ligadas à produção, seja elas diretas ou auxiliares, e os custos de aprovisionamento são alocadas aos CINI, que será referido posteriormente. Outro custo incluído nos custos de transformação são os reembolsos. Os CT terminam com a contabilização dos custos totais e dos desvios totais, onde são contabilizados os totais dos custos diretos, reembolsos e também os desvios correspondentes. Os custos dos produtos/serviços diferem do sistema de custeio total nas matérias consumidas, onde apenas são valorizados os custos externos e no custeio das atividades, onde são apenas contabilizadas as atividades principais. Neste custo são incluídos os custos variáveis e é contabilizado o desvio de fabrico. No termino deste sistema de custeio tem-se o apuramento de resultados, onde são abrangidos os deferentes desvios contabilísticos que estão ligados aos custos variáveis, tais como o desvio das compras, os desvios das atividades e os desvios fabrico. Os custos de fabrico industriais englobam os custos diretos de origem fixa de todas as atividades e os custos totais (variáveis e fixos) de todas as atividades. Os custos das atividades auxiliares e os custos de armazenamento também são contabilizados nos CF industriais.[85]

Os sistemas de custeio variável são normalmente utilizados por empresas que se enquadram na indústria e no comércio. Estes sistemas são fundamentados pela separação entre os custos variáveis e os fixos. Estes sistemas também conhecidos como sistemas de custeio diretos, apresentam uma forma simplificada e objetiva para determinar os custos da empresa. Face ao mencionado, apenas são considerados os custos variáveis no cálculo dos custos de um produto. Isto para proceder ao cálculo do custo da produção apenas são imputados os custos variáveis ao produto. É neste sentido, na distribuição dos custos, que os sistemas de custeio total divergem dos sistemas de custeio variável. Nos primeiros ambos os custos, fixos e variáveis, são imputados aos produtos, enquanto nos sistemas de custeio variáveis apenas são incluídos os custos variáveis, não sendo contemplados os custos fixos [86].

Nesta teoria, no que diz respeito aos custos fixos, os mesmos serão imputados, na sua totalidade, no respetivo período e serão tidos em consideração na sua totalidade nos resultados [86]. Assim, o produto será apenas valorizado pelos custos variáveis e o CIPA resultará da seguinte expressão:

$$CIPA = CV_{Ind.Unit.} \times Q_p \quad (18)$$

Onde:

$CV_{Ind.Unit.}$ – Custos Variáveis industriais unitários;

Q_p – Quantidade produzida;

Uma vez, que através deste método apenas são imputados aos produtos os gastos que são estritamente proporcionais ao volume de produção ou vendas, tal torna este sistema mais rigoroso, inibindo qualquer possibilidade de manipulação de resultados[60].

Como tal, este método permite um maior controlo da rentabilidade dos produtos, sendo um importante instrumento para a tomada de decisão por parte da gestão. No entanto, este método tem também uma grande desvantagem relacionada com o facto de esta não imputar os custos fixos de produção. Isto tem como consequência uma incorreta avaliação dos inventários e do valor dos produtos inventariados. Assim, a utilização dos sistemas de custeio variável apenas é recomendável quando os custos indiretos representam uma pequena percentagem dos custos totais da empresa [75].

4.11 Sistema de Custeio Total

O Sistema de Custeio Total, recebe o nome pois este contempla todos os custos fixos no valor final do produto para venda. Ou seja, este custo tem como premissa debitar ao custo final todos os custos ligados ao fabrico, seja qual for a classificação que se dê a estes, sejam eles diretos, indiretos, fixos ou variáveis. E o objetivo é garantir que o preço final de cada produto contenha uma parcela de todos os custos relacionados com o fabrico.

O fator fundamental para a utilização deste método está na correta distinção entre custos e despesas. Apenas os custos diretos ou indiretos relativos aos produtos vendidos deverão ser alocados no custo final dos produtos. Os restantes, como por exemplo custos administrativos, custos financeiros e investimentos devem ficar de fora da análise deste tipo de custo. Análises adicionais terão de ser realizadas para contemplar este tipo de custo.[84]

Este tipo de sistema comtempla os vários custos e são eles:

- Custo das compras;
- Custo de transformação;
- Custo dos produtos/Serviços;

Após o apuramento dos custos mencionados é necessário fazer um apuramento dos resultados e desse apuramento de resultados obtém-se a quantidade real de vendas, o custo das mesmas, os CINI, ou seja, os Custos Iniciais Não Incorporados, que compreende o somatório dos desvios contabilísticos de onde se tem compras, atividades e fabrico. Com este apuramento chaga-se ao resultado bruto que é obtido fazendo a diferença entre o valor e o custo das vendas, que sendo positivo diz-se que o resultado bruto é favorável caso contrário o resultado bruto é desfavorável. Para o apuramento de resultados é também importante registar os diferentes custos de distribuição, administrativos e financeiros.[85]

Os sistemas de custeio total ou custeio por absorção, caracterizam-se pelo facto de imputarem aos produtos todos os custos incorridos, inclusive os custos fixos industriais. Estes são imputados na totalidade ao produto. Tal significa que os custos inerentes à produção de um determinado produto poderão sofrer alterações bastante consideráveis em dois períodos distintos. Esta diferença é originada pelo volume de produção, isto é, se uma empresa decidir alterar consideravelmente a sua produção, os custos unitários sofrerão grandes alterações. Resumindo, pode -se afirmar que neste sistema, quanto menor a produção, maior o custo unitário do produto [87].

Neste sistema de custeio, incorporar os custos fixos (que são, na sua maioria, custos indiretos), implica a necessidade de ser estabelecido um critério de distribuição adequado, com o objetivo de minimizar as distorções da informação de custeio. Este sistema [60] permite determinar o custo industrial dos produtos acabados (CIPA) da seguinte forma:

$$CIPA = CV_{Ind.Unit.} \times Q_p + CF_{Ind.Tot.} \quad (19)$$

Onde:

$CV_{Ind.Unit.}$ - Custos variáveis industriais unitários;

Q_p – Quantidade produzida;

$CF_{Ind.Tot.}$ – Custos fixos industriais totais.

Apesar deste sistema de custeio ainda ser um dos mais utilizados pelas empresas, o valor informativo dos custos apurados é muito reduzido, nomeadamente no que diz respeito à sua função de apoio à tomada de decisão para a determinação dos preços de venda ou para a identificação de produtos deficientes [87]. Tal acontece, pois, os custos totais são distribuídos pelo volume de produção, ignorando as possíveis perdas incorridas.

4.12 Método ABC

O Custo Baseado nas Actividades ou "*Activity based costing"*, é um sistema de avaliação de custos que permite um cálculo mais aperfeiçoado dos custos e da rentabilidade dos produtos e clientes. É um sistema de avaliação de custos alternativo ao tradicional que se baseia em atividades para imputar não só os custos diretamente relacionados com a produção, como também os custos indiretos que contribuem para a produção. Este sistema pode ser aplicado a empresas industriais, comerciais e de prestação de serviços. Surgiu por volta da década 80 quando Kaplan e Cooper [88] desenvolveram esta importante ferramenta de auxílio à tomada de decisões de gestão e estratégicas.

Por exemplo, no sistema de avaliação de custos tradicionais apenas os custos diretamente relacionados com a produção são imputados ao produto. No entanto, muitos dos custos indiretos também contribuem para a produção. Por exemplo, alguns dos custos indiretos são a expedição, as garantias, o atendimento ao cliente, a gestão de reclamações, a publicidade, as comissões de vendas, entre outros. Estes custos indiretos podem e devem ser incluídos nos custos dos produtos para se ter uma noção real dos custos ligados aos produtos/Serviços. Neste sistema de perceciona-se melhor os custos através da análise das atividades executadas dentro da empresa e seus respetivos custos. Este método procura igualmente, diminuir as distorções provocadas pelos métodos mais tradicionais, como por exemplo o método de análise de Custeio Total, que será tratado mais à frente.

Note-se que o método ABC não substitui o sistema tradicional. Este tem de seguir determinadas regras para efeitos de preparação de demonstrações financeiras direcionadas à apresentação de informações para os clientes das empresas. O método ABC deve ser visto como um complemento ao sistema tradicional e, acima de tudo, como um sistema de informação estratégica de apoio à tomada de decisão.

Este método utiliza atividades como o critério de imputação de custos aos produtos. As atividades são eventos que geram o consumo de recursos indiretos. Por exemplo, numa fábrica, o processamento de encomendas requer um trabalho administrativo. Se essa atividade puder ser relacionada com um produto, então os seus custos serão alocados ao produto.

Ao contrário do que acontece no sistema tradicional, o ABC não imputa todos os custos de produção aos produtos. Apenas aqueles que são diretos e que requeiram atividades que possam ser relacionadas

com produtos. Se uma máquina estiver parada, devido a manutenção, por exemplo, os seus custos fixos, como a renda das instalações, os salários dos funcionários, entre outros não serão imputados aos produtos. Deste modo, resultarão cálculos de custos de produtos mais estáveis.

Ainda assim existem algumas críticas a este sistema devido à sua complexidade de implementação, sendo esta, o principal obstáculo à implementação do referido método. É um fato de que o sistema requer um considerável esforço humano e investimento em sistemas de informação. No entanto, quando a implementação deste é bem-sucedida permite a tomada de decisões como:

- Fixação de preços;
- Negociação com clientes (torna-se claro quando os clientes são mais ou menos rentáveis);
- Redesenho das operações, tendo em vista a melhoria contínua;
- Motivação dos empregados, quando acompanhado dos devidos incentivos;
- Lançamento de novos produtos;
- Investimento na expansão da capacidade produtiva.

A utilização do método ABC é recomendada em situações onde os custos indiretos são mais elevados ou a gama de produtos é vasta. Em todo o caso, quanto mais reduzidas forem as margens de lucro dos produtos, mais vantajosa será a sua implementação. Nos serviços, oferece a possibilidade de conhecer a rentabilidade de cada serviço prestado, reforçando assim a sua utilidade prática.

Atribuições de custos no método ABC

Neste sistema de análise de custos existem duas fases para a atribuição dos custos indiretos. No primeiro, denominado de “Primeira fase” a orientação é para a análise de custos ligada às atividades. No segundo, denominada “Segunda fase” o objetivo é a análise de custos inerentes aos produtos, serviços e clientes. Estes pontos serão desenvolvidos mais à frente.

Importância e Utilização do ABC

A importância que se dá á utilização do método ABC, é em virtude do mesmo não ser apenas um sistema que dá valor aos produtos armazenados, mas também proporciona informações ligadas à gestão que auxiliam quem toma as decisões, como por exemplo, os custos das atividades, que proporcionam aos gestores a capacidade de atribuírem responsabilidades, proporcionando o acompanhamento e correções devidas nos processos internos da empresa, ao mesmo tempo em que

possibilita a implementação ou aperfeiçoamento dos controlos da empresa. O Custo baseado em atividades "*é uma metodologia de custo que procura reduzir sensivelmente as distorções provocadas pelo rastreio arbitrário dos custos indiretos"* [23]. Fica claro que neste sistema, o fundamento básico é a procura da causa raiz, ou seja, procura identificar de forma clara, pela rastreabilidade, o que provoca o custo fora dos parâmetros que vai imputar um valor mais elevado do que se espera ao produto. Para atribuir custos às atividades e aos produtos recorre-se a diretrizes, ele ensina ainda que *"há que se distinguir dois tipos de diretrizes de custos, que são as diretrizes dos custos dos recursos, e as diretrizes dos custos das atividades.".* O citado autor continua a afirmar que *"o primeiro identifica-se a forma como as atividades consomem recursos e esta identificação serve para alocar custos às atividades".* Afirma ainda que *"o segundo identifica a maneira como os produtos ocupam as atividades e este serve para alocar custos aos produtos".*

Execução do método ABC

A execução do ABC requer uma cuidada análise do sistema de controlo interno da empresa. Sem este procedimento que contemple funções bem definidas e fluxo dos processos, torna-se inviável aplicação do método de forma eficiente e eficaz. Este método, por se considerar também um sistema de gestão de custos, pode ser implementado com maior ou menor grau de detalhe, dependendo das necessidades de informação para o gestor. O que está intimamente ligado à atividade da empresa. No entanto todo o planeamento necessário requer certos cuidados, tais como:

- Estabelecer um organograma para cada atividade, definindo as etapas que levam ao produto final;
- Identificar as diferentes atividades e respetivos setores, tendo como objetivo a obtenção de informações;
- Com a informação pode -se criar um manual de procedimentos, fazendo questionários aos funcionários para se obter o tempo de trabalho de cada um para se procurar acrescentar valor aos recursos;
- Identificar os custos indiretos;
- Na construção do modelo ABC, a principal característica é determinar os custos fantasma, para que se produza uma relação direta entre os custos reais e o produto final;
- Distribuir os custos dos diferentes centros ou departamentos pelas atividades, ou seja, uma vez localizados os custos indiretos e as distintas secções, a empresa deve estabelecer critérios para classificar estes custos e as atividades, podendo encontrar duas situações. Na primeira, as atividades desenvolvem-se por um único centro de custo e a segunda, numa atividade podem participar vários centros de custo.

Objetivo do método ABC

Esta metodologia de apuramento de custos começou a desenvolver-se, principalmente, após o aparecimento dos processos industriais automatizados. Com isso, houve um aumento dos custos indiretos, como por exemplo os custos com a energia elétrica.

Sendo assim, o rastreio dos custos por este método permite identificar dentro de uma panóplia de produtos aqueles que representam mais custos para a produção.

A ideia principal deste método é que, não são os produtos e serviços que consomem os recursos, mas sim, que os recursos são consumidos pelas atividades, nas quais resultam o produto final.

O objetivo deste método de análise, para a gestão e administradores, é o de melhorar a competitividade da empresa reduzindo os preços dos produtos seguindo o caminho da redução de custos.

Determinantes de custos ou "*Cost Drivers*"

Este método tem em consideração as atividades como os principais utilizadores dos recursos, por isso, este método em primeiro lugar atribui os recursos consumidos às diferentes atividades e em segundo lugar são atribuídos os custos a cada uma das atividades. Como demonstrado na Figura 17.

Com esta orientação deve ser determinado o fator que se quer analisar, como por exemplo, numa linha de produção, qual é a quantidade de energia elétrica que é consumida numa etapa em específico da produção ou até mesmo na totalidade da linha. Quando comparadas várias linhas de produção.

Primeira fase

A principal característica deste método reside na identificação dos custos indiretos. Sem o método, estes apenas são atribuídos ao conjunto de todas as atividades. Além disso, é necessário existir uma ordenação das atividades, isto é, primeiro as que consomem a maior parte dos recursos e depois as que consomem menos recursos, o que não aparece em outros métodos e que exige um maior cuidado ao fazer.

Esta ordenação é definida tendo em conta as atividades onde se quer analisar os custos separadamente, sendo por produto, por linha de produção ou serviços.

Segunda fase

O segundo passo é a identificação da quantidade de recursos consumida por parte dos produtos/serviços para que se obtenha o resultado pretendido. Esta orientação surge da etapa anterior,

considerando agora os fatores que levam ao consumo dos recursos, como por exemplo, para produzir um determinado produto, qual o valor dos custos inerentes aos trabalhadores desse setor da produção (salários, equipamentos de proteção individual, formações e segurança dos próprios equipamentos).

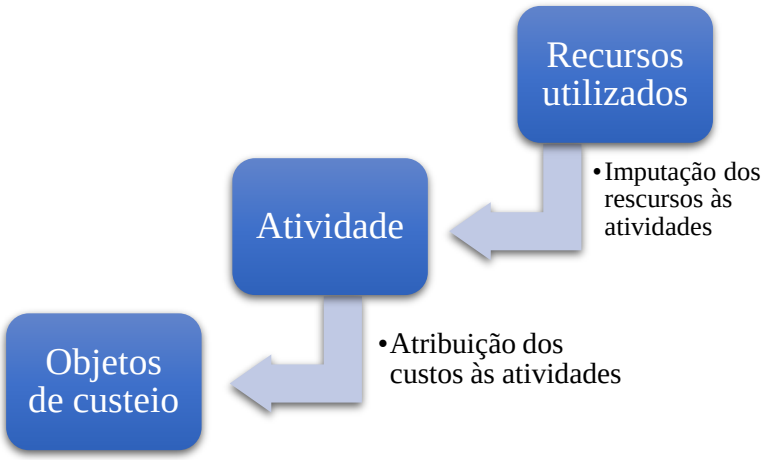

Figura 17 - Determinantes de custos para o método ABC

Fonte: Elaborado pelo autor

Tipos de Atividades inerentes ao ABC

Este método considera diferentes tipos de atividades tais como as *"Unit-level activities"* que são as atividades relativas às unidades de produção, ou seja, são as atividades associadas ao volume de saídas (quantidade de objetos de custeio). Estas atividades correspondem aos recursos consumidos sempre que uma unidade adicional de saída é produzida/vendida. Outro tipo de atividade são as *"Batch-level activities"*, que são as atividades associadas ao número de lotes ou ordens de trabalho. Os recursos necessários para realizar estas atividades são independentes do número de unidades fabricadas no lote/ordem de produção. Um exemplo deste tipo de atividade é a preparação das máquinas (*Setup*) para uma nova ordem de produção. Outro tipo é o *"Product sustaining activities"*, ou seja, sustentabilidade e rentabilidade dos produtos. Este tipo de atividade está associado às linhas/gamas de produtos. Esta atividade é exclusiva de alguns tipos de produtos e serviços. Por exemplo quando se fala na conceção, desenvolvimento e melhoria continua de um determinado produto ou gama de produtos. Existem também as *"Facility-sustaining activities"*, ou seja, atividades facilitadoras de negócios. Estas são aquelas que garantem o apoio às restantes atividades e os custos destas não dependem do volume de saídas, do número de lotes ou do número de linhas de produção. Como exemplo temos as atividades comerciais, distribuição e de natureza financeira. Estes custos não devem ser repartidos, isto é, apenas devem ser alocados de forma arbitrária. Concluindo os custos

associados às atividades, excluindo os do tipo *"Facility-sustaining activities"* devem ser atribuídos aos objetos de custeio em função de *"Cost drivers"* que captem o comportamento desses custos subjacentes às atividades. Isto é, para o método ABC funcionar adequadamente os *"Cost drivers"* devem ser da mesma natureza das atividades.

Exemplo

Numa atividade de *"setup"* de uma determinada máquina o *"Cost driver"* a aplicar deverá ser o valor/hora da mão de obra de manutenção desse tipo de máquina e não o valor de mão de obra de manutenção geral da instalação.

Vantagens e desvantagens do método

Como todos os processos existem vantagens e desvantagens. Destacam-se como vantagens:

- Melhor adaptação a empresas de serviços, no entanto, não deixa de ser aplicável noutro tipo de empresa;
- Proporciona melhor visualização dos fluxos dos processos;
- Identifica quais os produtos ou serviços que consomem mais recursos e seus consequentes gastos;
- Identifica o custo de cada atividade em relação aos custos totais da empresa;
- Possibilita a eliminação ou redução das atividades que não agregam valor ao produto;
- Melhora a qualidade das informações dos custos de produção ou serviços;
- Pode ser usado como um sistema de gestão;
- Menor necessidade de rastreios arbitrários.

Este sistema de custo também apresenta algumas limitações quando se decide implementar, das quais tem-se:

- Gastos elevados para implementação;
- É um método complexo e que leva tempo a implementar;
- Dificuldade de envolvimento e comprometimento por parte dos funcionários da empresa;
- As informações podem não ser totalmente fidedignas;
- Necessidade de um elevado nível de controlo interno a ser implementado e necessidade de avaliação e revisão constante;

- Necessidade de formulação de procedimentos padrão, onde a falta de pessoal competente, qualificado e experiente compromete a implementação e acompanhamento.

Conclusão

Com tudo o que foi indicado na descrição deste método fica claro que o método ABC é eficaz, desde que toda a empresa esteja comprometida em levar a cabo a implementação e desenvolvimento constante do mesmo, para conseguirem obter uma leitura correta dos custos ligados a toda a produção. Este empenho é necessário para se conseguir garantir uma forma eficiente de melhoria contínua e correção de falhas que possam surgir no decorrer das atividades. Tornado possível produzir produtos ou serviços com valor acrescentado contribuindo assim para o aumento do lucro das empresas sem comprometer outros assuntos como a segurança e bem-estar dos funcionários. Com isto, a ideia principal a fixar é que toda a informação sobre custos é importante e é ainda mais importante saber filtrar a mesma para se ficar apenas com aquela que é fidedigna e útil. Com isto a Figura 18 mostra as etapas de implementação deste método.

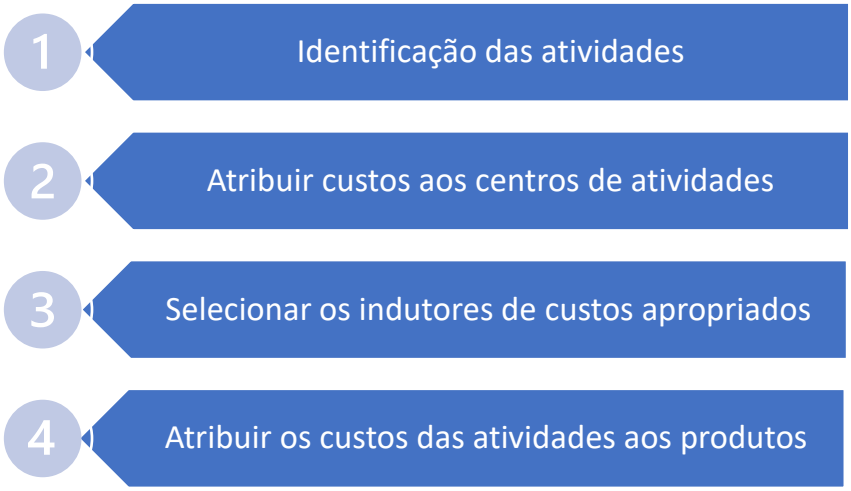

Figura 18 - Etapas de atribuição de custos pelo Método ABC

Fonte: Elaborado pelo autor

4.13 Escolha do *"Cost drivers"*

A escolha dos *"Cost drivers"* depende de alguns fatores e são eles os seguintes [83]:

- Dificuldade de se medirem as quantidades que lhe estão associadas;
- Do nível de correlação com o consumo da atividade pelo objeto de custeio;
- Do comportamento que induz (indicações que auxiliam a tomada de decisão);
- Do nível de rigor que se pretende atingir no apuramento do custo dos produtos;

- Do uso de *"Cost drivers"* imperfeitamente correlacionados;
- Do grau de diversidade dos produtos fabricados;
- Dos volumes de produção.

4.14 Custeio pelo Ciclo de Vida do Equipamento

Com a evolução da tecnologia, cada dia são lançados novos produtos que ao mesmo tempo se tornam obsoletos rapidamente, com ciclos de vida cada vez mais curtos. Para fazer face a essas mudanças, surge o método do custeio pelo ciclo de vida. O sistema de custeio pelo ciclo de vida considera todo o processo decorrente desde o início da cadeia de valor (a fase inicial de pesquisa e desenvolvimento) até à fase final (quando o apoio ao consumidor/serviço pós-venda termina). Assim, para utilizar a metodologia deste método, são estimados as receitas e os custos de cada produto em todas as seis etapas da cadeia de valor e são elas: [66]

- 1ª Etapa - pesquisa e desenvolvimento;
- 2ª Etapa - Projeto;
- 3ª Etapa - Produção;
- 4ª Etapa - Marketing;
- 5ª Etapa - Distribuição;
- 6ª Etapa - Apoio ao cliente.

Esta metodologia apresenta como vantagem, o fornecimento de informações importantes que auxiliam na atribuição de preços. Por exemplo, alguns produtos exigem um longo período de desenvolvimento, o que leva à existência de diversos custos antes mesmo do processo de produção começar, pelo que, de forma a ser lucrativo, as empresas necessitam de criar lucros que sejam capazes de cobrir todos os custos gerados nos diferentes processos da cadeia de valor. Assim, a identificação dos vários custos durante todas as etapas do ciclo de vida ajuda a desenvolver um entendimento de quais os custos envolvidos. Por sua vez este entendimento auxilia na gestão dos custos incorridos durante todo o ciclo de vida do equipamento. Com isto pode-se afirmar que este método apresenta a vantagem de apresentar os diferentes custos nas diferentes etapas da vida de um equipamento e assim auxilia na tomada de decisão e na atribuição de preços [56], [57].

4.15 Diferenças e semelhanças entre o ABC e os métodos tradicionais

A principal diferença entre um sistema ABC e os sistemas tradicionais de apuramento de custos dos produtos é proveniente da forma como os custos resultantes das atividades do tipo *"batch-level"* (lote) e *"product-level"* (produto ou linha) são alocados aos objetos de custeio através de outros *"cost drivers"* que não os baseados no volume de produção. Tanto o ABC como os métodos tradicionais baseiam -se nas duas fases já mencionadas para a o apuramento de custos. Os custos indiretos considerados no método ABC podem ser de duas naturezas, a natureza industrial ou não industrial enquanto os métodos tradicionais apenas repartem os custos indiretos pelas diferentes atividades. Os *"Cost drivers"* utilizados no ABC são mais complexos que os utilizados nos métodos tradicionais, permitindo assim estabelecer mais rigor nas relações de causa efeito entre o consumo de recursos e os objetos de custeio. Os centros de custo que caracterizam os métodos tradicionais no ABC são substituídos por atividades transversais a todos os custos. Isto permite que sejam constituídos grupos de custos mais homogéneos, o que permite uma maior correção na atribuição dos custos aos objetos de custeio.[83]

Por forma a melhor se entender a metodologia referida a Figura 19 mostra quais os passos a ter em conta para a análise de custos e para melhor se entender os casos de estudo presentes no capítulo 5. E assim representar melhor o modelo proposto para a análise de custos.

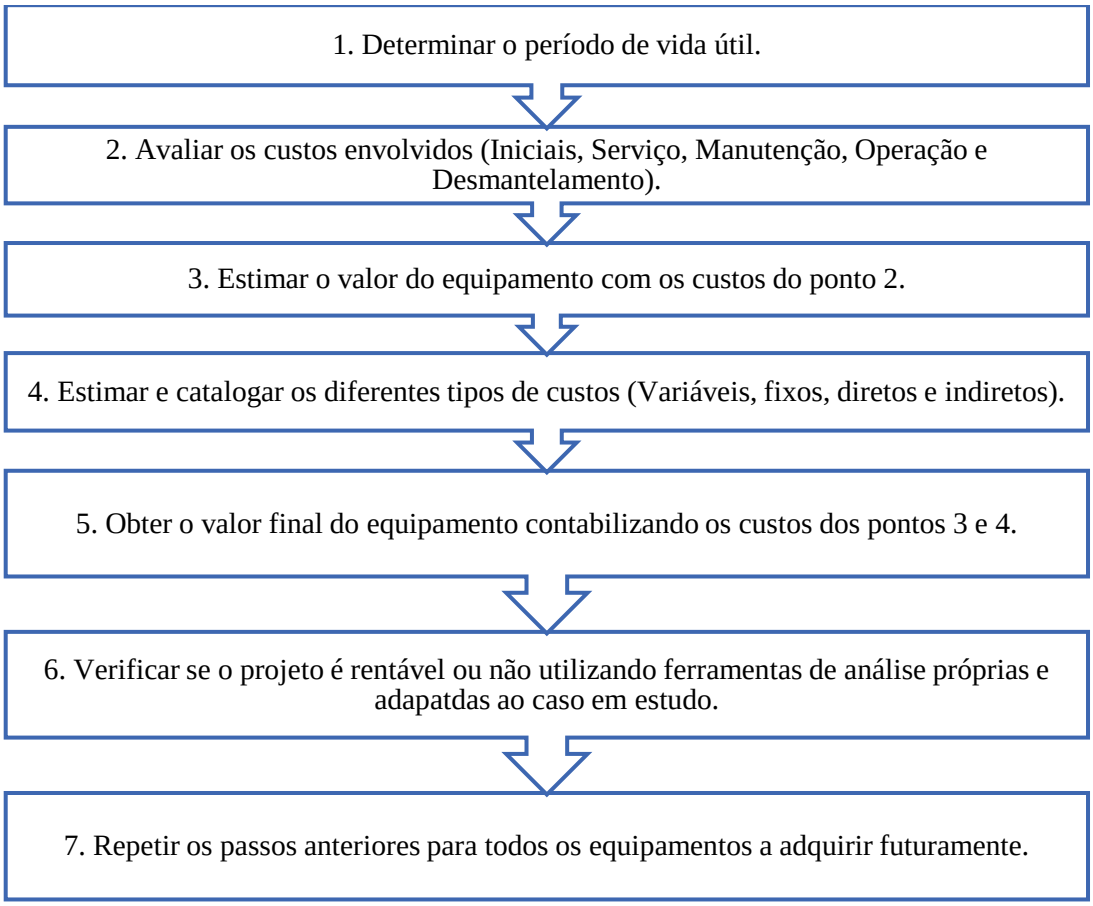

Figura 19 - Passos para a realização da análise do custo do ciclo de vida (LCC)

Fonte: Elaborado pelo autor

Capítulo 5 – Casos de Estudo

No presente capítulo irão ser apresentados três casos de ciclos de vida de veículos cisterna para combustível, onde será utilizado o método ABC para a análise de custos. Como já indicado no presente trabalho existem vários métodos de análise de custos alguns deles já foram mencionados como por exemplo o método indicado pela norma ISO 15686-5:2017 [47], onde esta utiliza as ferramentas como o Valor Anual Equivalente. Outros métodos já mencionados são o método do custeio racional, o custeio por encomenda, o custeio por processo e o custeio de custo-padrão que se enquadram nos dentro dos métodos tradicionais de custeio. Além destes métodos tradicionais tem-se também os métodos contemporâneos dos quais fazem parte os custos diretos, indiretos, os sistemas de custeio variáveis e total. Também faz parte dos sistemas de custeio contemporâneos o método ABC, o qual irá ser empregue neste capítulo.

Como já indicado, o Valor Anual Equivalente diz se os projetos são viáveis ou não, no período em estudo. No entanto, para se ter uma noção dos valores concretos ao longo da vida dos equipamentos é necessário aplicar outros, os restantes métodos mencionados dos quais o ABC indica os custos. Depois destes estarem completamente definidos este método identifica as atividades relevantes para a análise. Posteriormente é necessário atribuir a cada atividade o seu respetivo custo. Depois de definidas as atividades e seus custos é necessário quantificar as necessidades de material e mão-de-obra para cada atividade e respetivos custos finais. Tendo tudo definido deve-se fazer um resumo dos custos finais para cada bem.

Como já mencionado o presente documento foca-se no estudo do ciclo de vida de três cisternas que tiveram tipos de custos diferentes, pois umas foram acompanhadas desde a sua concepção de projecto e outras tiveram, durante o tempo de operação, intervenções de manutenção e de inspeção diferentes. Um ponto comum a todas as contruções industriais em território europeu é a parte da inspeção ao longo de todo o ciclo desde a fase do projecto e conceção das contruções até que estas são abatidas. Para garantir o cumprimento da inspeção existem as autoridades nacionais e os organismos de inspeção, que têm como obrigação garantir as condições de segurança e consequente aprovação das construções dos equipamentos para entrarem em funcionamento. Um exemplar disso é o livro ‘Gestão, Manutenção e Segurança dos Tanques de Armazenagem’. [89]

Conforme descrito anteriormente não são apenas os custos antes da entrada ao serviço que entram no Ciclo de Vida de um equipamento, todos os equipamentos apresentam custos para uma empresa e esta adquire-os com o objetivo de obter lucro. Os custos na sua totalidade dividem-se em cinco

famílias. São elas: Custos Iniciais- inerentes à compra ou construção de um bem; Custos de Serviço - intrínsecos ao serviço que os operadores prestam ao utilizar o bem; Custos de Operação - correspondem à operação em si; Custos de Manutenção - ligados à manutenção do bem e Custos de Desmantelamento - anexados ao desmantelamento do equipamento. Existe um sexto parâmetro que não é considerado custo, mas entra no ciclo de vida dos equipamentos, que é o Valor Residual, este representa uma parte do lucro proveniente do fim de vida de um equipamento.

Para melhor entendimento do descrito anteriormente, abaixo na Figura 20 estão indicados e explicados alguns custos e lucros de um ciclo de vida de uma cisterna de combustível.

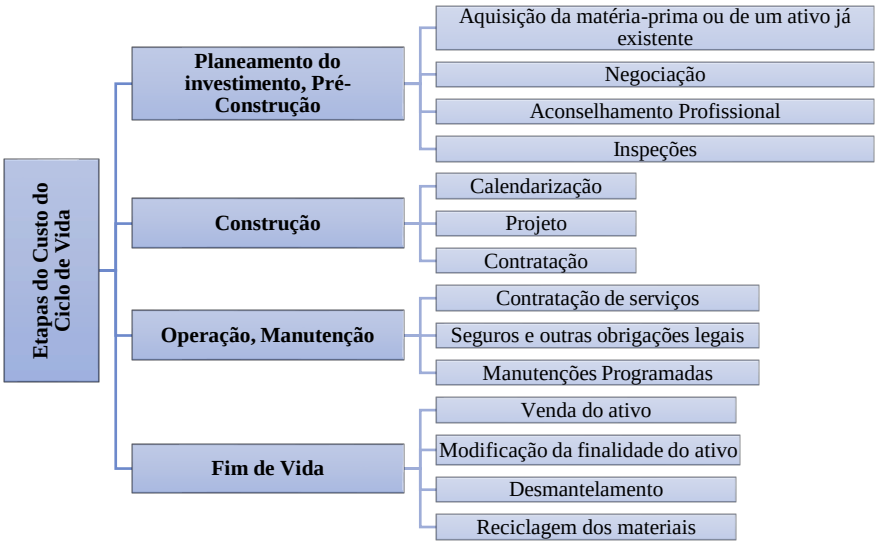

Figura 20 - Estratificação do Ciclo de Vida de um Ativo

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1 Custos associados a uma cisterna de combustível

Os primeiros custos são os custos iniciais, que para o caso temos duas opções de custos. A primeira opção é quando a construção da cisterna é considerada para os custos. A segunda é a compra de uma cisterna já construída nova ou em segunda mão. Para o primeiro caso é necessário ter em consideração todos os parâmetros presentes na Tabela 10 e para a segunda opção apenas são necessários os parâmetros a partir da aprovação de construção.

a) Custos Iniciais

1. Construção

Tabela 10 - Resumo dos custos iniciais

Conceção do Projeto
Aprovação Projeto (OI)
Aprovação Projeto (IPQ)
Aquisição Material
Certificação Soldadores
Construção
Aprovação Construção (OI)
Aprovação de Utilização (IPQ)

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste exemplo temos os pontos principais onde entram os custos, começando pela conceção do projeto, onde a empresa construtora tem de ter projetistas qualificados e reconhecidos pela Ordem dos Engenheiros (OE) para realizar o projeto. Este após estar feito deve ser submetido a uma análise minuciosa por parte de um Organismo de Inspeção (OI) que aprova ou rejeita o projeto.

Após a aprovação pelo OI a Entidade Licenciadora (IPQ) emite um parecer sobre o projeto. Caso este seja positivo o mesmo avança para a etapa de construção, caso seja negativo tem de existir uma nova reapreciação por parte do OI e correções por parte da empresa construtora.

Após este processo segue-se a construção, onde entra a aquisição dos materiais e a certificação dos soldadores para a realização dos trabalhos. Para esta certificação o OI tem de aprovar os procedimentos e processos de soldadura e avaliar os soldadores com exames específicos para a certificação.

No final da construção, a cisterna é sujeita a uma Inspeção Inicial por parte do OI onde o inspetor aprova ou rejeita a cisterna. Caso esta seja aprovada o inspetor emite um relatório a atestar que todas

as condições de segurança estão garantidas. Com esse relatório o proprietário da cisterna pode requerer ao IPQ uma autorização de utilização renovável para a cisterna circular nas estradas e transportar combustível e derivados.

2. Compra

A segunda opção para a análise dos custos iniciais é a compra de uma cisterna já construída, seja esta nova ou usada. Tendo em conta que se trata de uma compra de uma cisterna já construída o novo proprietário não necessita de se preocupar com os custos derivados do projeto de construção e da construção da mesma, visto estes estarem imputados diretamente no preço da compra, caso esta seja nova. O valor da compra pode variar consoante a cisterna seja nova ou usada, isto é, sendo nova o construtor que a vende imputa os custos que teve no preço da venda, se for uma cisterna usada o valor da compra será mais baixo.

Nesta situação para o utilizador os custos iniciais a ter em conta serão o valor da compra, os custos ligados à análise documental do projeto por parte da entidade inspetora. No fim desta análise a entidade inspetora aprova ou rejeita o projeto de acordo com as normas em vigor em território nacional e europeu. Em caso de rejeição existe uma reavaliação e correção do projeto por parte do construtor e nova análise do OI. Após aprovação do projeto o inspetor do OI emite um relatório a atestar a segurança e conformidade de toda a documentação.

Posteriormente outro inspetor, ou o mesmo, procedem junto do proprietário da cisterna à realização de uma Inspeção Inicial onde se atesta no terreno que o que está presente no projeto foi cumprido aquando a construção: dimensões gerais da cisterna e seus equipamentos, a sua capacidade, o número de chassis, matrícula, se esta tem alguma fuga a nível de soldaduras (defeitos de construção), se esta suporta as pressões (pressão de teste e pressão máxima de serviço) para as quais foi desenhada, o funcionamento correto dos diferentes tipos de válvulas, isto é, se as válvulas de fundo, as válvulas de descarga e as tampas estão estanques. É verificado também se as válvulas de segurança/descarga estão limpas, sem obstruções e se abrem quando é aplicada uma sobrepressão ou vácuo interior da cisterna, com o objetivo de atestar que estas irão abrir durante o serviço, caso seja necessário.

Finda a inspeção é emitido um relatório por parte do inspetor, caso a inspeção seja satisfatória. Este junto com o relatório de aprovação do projeto são utilizados pelo proprietário para pedir a aprovação do projeto e da inspeção ao IPQ que emite uma autorização de utilização e com os mesmos documentos é pedido ao IMT que emita novas matrícula caso a cisterna não seja de proveniência nacional. A Tabela 11 apresenta o resumo dos principais processos integrantes dos custos iniciais para o caso da compra.

Tabela 11 - Resumos dos processos envolvidos nos custos iniciais

Compra
Verificação da conformidade da Documentação (OI)
Aprovação Projeto (OI)
Aprovação Projeto (IPQ)
Inspeção Inicial (OI)
Emissão do relatório da Inspeção e do projeto (OI)
Aprovação da Inspeção (IPQ)
Matrícula para Reboques Sem Homologação Nacional (IMT)
Aprovação de Utilização (IPQ)

Fonte: Elaborado pelo autor

b) Custos de Serviço – Custos ligados aos condutores e às cisternas

Os Custos de Serviço para os casos em estudo estão divididos em dois pontos principais, a cisterna e os condutores.

Cisterna

No caso dos custos associados à cisterna estes dividem-se em cinco pontos principais como indicado na Tabela 12. São eles a inspeção ADR onde nas instalações do IMT, usualmente em Coimbra, onde é verificada a conformidade das características da cisterna e também a segurança desta, tendo por base o relatório emitido pelo inspetor do OI aquando a realização das inspeções periódicas. Com a inspeção do OI e do IMT realizadas e com os respetivos relatórios o IMT e o IPQ emitem autorizações que permitem a circulação das cisternas na rodovia.

Tabela 12 - Resumos dos processos envolvidos nos custos inerentes aos condutores e cisternas

Inspeção ADR[1]
Inspeções[2] (OI)
Emissão de relatório satisfatório (OI)
Autorização de circulação (IMT)
Autorização de circulação (IPQ)

Fonte: Elaborado pelo autor

[1] **Inspeção realizada em Coimbra nas instalações do IMT para verificação da conformidade da Cisterna para Circulação rodoviária.**

[2] **Existem vários tipos de inspeções, a Inicial, a Periódica, a Intercalar e a Extraordinária.**

Condutores

Outro ponto que entra nos custos de serviço é a certificação ADR para os motoristas das cisternas de matérias perigosas que é renovado periodicamente e sem a qual estes não podem conduzir as mesmas.

c) Custos de Operação

Neste ponto encontram-se os custos associados à operação e funcionamento das cisternas. Quer seja após construção, compra, alteração ou reparação de uma cisterna. Os principais custos associados à colocação desta em trabalho estão presentes na Tabela 13. Aquando a compra é necessário fazer o pedido de alteração de titularidade tanto no IPQ como no IMT. Caso haja perca de documentos é necessário fazer o pedido de 2ª Via dos mesmos às mesmas entidades.

Durante o tempo útil de vida da cisterna, esta necessita de ser submetida a diferentes tipos de inspeções das quais resulta a emissão de um relatório. Esse é utilizado para fazer o pedido de renovação da autorização de circulação. Outro custo que não é periódico e apenas surge caso seja necessário fazer alguma grande reparação ou alteração significativa é o custo ligado às inspeções extraordinárias que apenas são feitas quando necessário. Após aprovadas é obrigatório informar o IPQ e pedir nova autorização de utilização da cisterna.

Tabela 13 - Resumos dos processos envolvidos nos custos inerentes aos custos de operação

Alteração de titularidade (IPQ e IMT)
Pedido de 2ª Via da documentação (IPQ e IMT);
Inspeções (OI)
Inspeções Extraordinárias (OI)
Renovação da Autorização após Reparações / Alterações (IPQ)

Fonte: Elaborado pelo autor

Como indicado neste ponto dos custos existem vários tipos de inspeções e cada uma delas tem um custo e uma periodicidade. Cada inspeção é constituída por alguns ensaios e uma determinada cronologia. Primeiro é realizada a inspeção Inicial, 3 anos depois é realizada uma inspeção intercalar e passados mais 3 anos é feita uma inspeção Periódica e assim sucessivamente entre intercalares e periódicas. A Extraordinária apenas é realizada nas cisternas de combustível caso esta seja sujeita a uma reparação que influencie algum dos parâmetros ensaiados. A Tabela 14 indica os tipos de inspeção, ensaios e periodicidade.

Tabela 14 - Tipos de Inspeções, ensaios e periodicidade

Inspeção	Ensaios	Periodicidade
Inicial	Pressão	1 Vez
	Estanqueidade	
	Verificação do funcionamento das válvulas de segurança	
	Controlo Dimensional	
	Medição de espessuras por ultrassons	
	Inspeção Visual	
Intercalar	Estanqueidade	3 em 3 anos
	Verificação do funcionamento das válvulas de segurança	
	Inspeção Visual	
Periódica	Pressão	6 em 6 anos
	Estanqueidade	
	Verificação do funcionamento das válvulas de segurança	
	Inspeção Visual	
Extraordinária	Pressão	Anual ou após reparação*
	Estanqueidade	
	Verificação do funcionamento das válvulas de segurança	
	Verificação do estado do revestimento[3]	

Fonte: Elaborado pelo autor

d) Custos de manutenção

Os custos de Manutenção são aqueles ligados à manutenção da cisterna, ou seja, substituição de peças por desgaste ou por avaria, ou correção de falhas na soldadura. Também são substituídas peças ou efetuada alguma correção após algum acidente rodoviário que a cisterna tenha sofrido. Outro caso de substituição de peças é durante a inspeção por indicação do inspetor. Estas indicações do inspetor servem para garantir o cumprimento dos mínimos requeridos pelo código ADR.

Nas grandes reparações/alterações o proprietário tem de pedir para ser realizado um projeto de alteração/reparação e este tem de ser aprovado pelo OI para ser realizado. Esse projeto deve conter as indicações do que vai ser alterado/reparado. No caso de existir soldaduras a reparar estas têm de ter procedimentos aprovados e os soldadores têm de ser certificados. Como tal é necessário manter as certificações dos soldadores o que representa um custo.

[3] **O campo referente ao revestimento na inspeção extraordinária é realizado em cisternas revestidas para transporte de matérias corrosivas (ácidas ou básicas) é anual. Para as cisternas de combustível são realizados os restantes ensaios após uma reparação.**

Outros trabalhadores que integrem os trabalhos nas cisternas também têm de ter qualificações para tal. Finalizada a reparação/alteração a cisterna tem de ser submetida a uma inspeção extraordinária que será aprovada pelo inspetor do OI.

Tabela 15 - Exemplos de tipos de custos de manutenção

Renovações das certificações dos condutores, da cisterna e outros intervenientes. (Soldadores, eletricistas, técnicos de hidráulica/pneumática);
Substituição de peças por desgaste
Substituição de peças por avaria
Substituição de peças por acidente rodoviário
Substituição de peças por indicação nas inspeções
Reparações
Alterações
Aprovação a Alterações ao Projeto (OI)
Inspeção extraordinária (OI) – Após reparação ou para cisternas revestidas
Renovação da Autorização após Reparações / Alterações (IPQ)

Fonte: Elaborado pelo autor

As alterações numa cisterna, conforme falado anteriormente têm de ser realizadas por pessoal competente e aprovadas por um OI e pelo IPQ, no entanto, existem alterações que são consideradas especiais e por isso têm de ser sujeitas a análises especiais como indicado na Tabela 16. Com isto quer se dizer que uma alteração que afete o código da cisterna, por exemplo, tem de ser reavaliada de forma mais delicada. O código da cisterna é o código que indica as características da mesma pelo código ADR.

Seguindo o exemplo de uma cisterna de combustível o código destas é LGBF, onde o L indica que é para transporte de líquidos, o G é indicativo de transporte à pressão atmosférica (caso seja outra pressão aparece o valor da mesma), o B é indicativo do número de fechos (Válvulas), para esta letra são considerados 3 fechos (válvula de fundo, válvula de descarga e tampa), o F representa as válvulas de segurança que para o caso do combustível que abrem se houver sobrepressão ou vácuo para evitar a dilatação excessiva ou colapso dos compartimentos e fecham em caso de capotamento para evitar derrames de combustível. Dada a sensibilidade destas alterações o IPQ considera como aprovações especiais e como tal os custos destas são diferentes.

Tabela 16 - Exemplos de tipos de alterações especiais

Aprovação a Alterações ao ponto 4 do código da Cisterna (IPQ)
Aprovação a Alterações aos restantes pontos do código da Cisterna (IPQ)

Fonte: Elaborado pelo autor

Exemplo de Alteração

No caso em estudo uma das cisternas em causa foi sujeita a uma intervenção de grande escala. Esta foi inicialmente construída como tendo 5 compartimentos e após decisão do proprietário esta passou a ter apenas 4 compartimentos. Para fazer tal alteração a divisória entre os compartimentos 4 e 5 foi transformada em quebra-ondas, estes aparecem quando os compartimentos ultrapassam a capacidade referência de 7500 litros. Por consequência o coletor inicial teve de ser mudado assim como todas as válvulas presentes, sendo que as válvulas de fundo, descarga e tampa referentes ao compartimento 5 foram anuladas, sendo o local onde estas se encontravam instaladas tamponado com recurso a flanges cegas soldadas. Com estas alterações foram instaladas novas válvulas e um novo coletor. Foram também abertas janelas de limpeza na parte superior dos compartimentos das extremidades, para facilitar o acesso ao interior dos mesmos para inspeção e limpeza. Após estas alterações foram efetuadas uma inspeção extraordinária e uma revisão ao projeto de construção inicial. Tendo o projeto da construção, o projeto de alteração e a inspeção aprovados pelo OI estes foram enviados para aprovação por parte do IPQ que após aprovar mandou ser refeita a chapa de identificação da cisterna para ser emitida a autorização de circulação e a cisterna poder circular na rodovia.

e) Custos de desmantelamento

Caso a empresa transportadora não venda a cisterna antes de esta chegar ao seu fim de vida esta pode optar por mandar abatê-la. Caso isso se verifique a empresa tem de a enviar para um centro de abate contratando um reboque ou o condutor da empresa encarregue da cisterna deve entregá-la diretamente ao centro de abate. Seja por uma via ou por outra a empresa proprietária da cisterna tem de suportar os custos do deslocamento. Outros custos também inerentes ao abate são os custos de mandar anular a documentação, isto é, a autorização de utilização emitida pelo IPQ deve ser anulada por ordem da empresa proprietária.

f) Valor Residual

Este valor é considerado um lucro, pois a empresa proprietária da cisterna quando quer abater a cisterna procura aproveitar peças que ainda estejam em condições de uso para fazer stock para outros

veículos que tenha na sua frota ou então se aquela for a única aproveita as peças que sobrem para vender a outras empresas, fazendo assim algum dinheiro com o abate da cisterna.

5.2 Cálculo de custos pelo método ABC

Após indicado os métodos de análise de custos e as etapas do Ciclo de Vida dos equipamentos, neste ponto irão ser calculados recorrendo ao que já foi mencionado, com o objetivo de apresentar o valor para as três cisternas em estudo e qual a melhor solução. No quadro abaixo, temos os produtos vendidos, uma estimativa dos litros de combustível vendidos mensalmente, o valor do litro de combustível e o total de combustível vendido pela empresa. Para o cálculo, foi considerado que tudo o que foi adquirido foi vendido.

Tabela 17 - Resumo dos Rendimentos Mensais

Produto	**Litros vendidos mensalmente (L)**	**Preço por Litro (€)**	**Rendimento (€)**
Gasóleo	37.857	0,6760	25.591,33
Gasolina	37.857	0,6165	23.338,84
Rendimento Total (€)			
48.930,17			

Fonte: Elaborado pelo autor

Depois dos valores verificados no quadro acima, é necessário identificar os custos diretos para cada uma. Onde se tem:

Tabela 18 - Custos diretos cisterna 1

Custos Diretos para a Cisterna 1			
	Quantidade	**Valor (€)**	**Valor Final (€)**
Custos iniciais			
Aprovação Projeto (IPQ)	1	225,00	225,00
Aprovação Construção (IPQ)	1	175,00	175,00
Aprovação Projeto (OI)	1	615,00	615,00
Aquisição Material	4000 Kg	2,00	8.000,00
Construção	320h	30,00	9.600,00
Aprovação de Utilização (IPQ)	1	175,00	175,00
Custos de Serviço/Operação			
Alteração de titularidade (IPQ)	1	25,00	25,00
Inspeções Intercalares (OI)	2	220,00	440,00
Inspeções Periódicas (OI)	3	240,00	480,00
Renovação da Autorização de Utilização (IPQ)	5	175,00	875,00
Preparação para intervenções / Inspeção	5	80,00	400,00
Custos de Manutenção			
Reparação Soldaduras	1	600,00	600,00
Substituição de Vedantes	6	10,00	60,00
Custos de Desmantelamento	**Quantidade**	**Valor (€)**	**Valor Final (€)**
Cancelamento da Autorização de Utilização (IPQ)	1	0	0
Valor Total (€)	**21.670,00**		

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 19 - Custos diretos cisterna 2

Custos Diretos para a Cisterna 2			
	Quantidade	**Valor (€)**	**Valor Final (€)**
Custos iniciais			
Compra	1	70.000,00	70.000,00
Aprovação Projeto (OI)	1	615,00	615,00
Custos de Serviço/Operação			
Alteração de titularidade (IPQ)	1	25,00	25,00
Inspeções Intercalares (OI)	2	220,00	440,00
Inspeções Periódicas (OI)	3	240,00	720,00
Renovação da Autorização de Utilização (IPQ)	5	175,00	875,00
Preparação para intervenções / Inspeção	5	80,00	400,00
Custos de Manutenção			
Reparação do Coletor	1	1.467,00	1.467,00
Substituição dos vedantes	2	10,00	20,00
Substituição da Válvula de Descarga	1	63,00	63,00
Custos de Desmantelamento			
Cancelamento da Autorização de Utilização (IPQ)	1	0	0
Valor Total (€)	**74.625,00**		

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 20 - Custos diretos cisterna 3

Custos Diretos para a Cisterna 3			
	Quantidade	**Valor (€)**	**Valor Final (€)**
Custos iniciais			
Compra	1	70.000,00	70.000,00
Aprovação Projeto (OI)	1	615,00	615,00
Custos de Serviço/Operação			
Alteração de titularidade (IPQ)	1	25,00	25,00
Inspeções Intercalares (OI)	2	220,00	440,00
Inspeções Periódicas (OI)	3	240,00	720,00
Renovação da Autorização de Utilização (IPQ)	5	175,00	875,00
Preparação para intervenções / Inspeção	5	80,00	400,00
Custos de Manutenção			
Substituição dos vedantes	6	24.800,00	
Alteração do Coletor	1		
Substituição da Válvula de Descarga	5		
Alteração das proteções em caso de capotamento	1		
Alteração das tubagens	5		
Alteração das divisórias para quebra-ondas	1		
Abertura de entradas para lavagem	2		
Substituição da Válvula de Segurança	5		
Aprovação a Alterações ao Projeto (IPQ)	1	675,00	675,00
Inspeções Extraordinárias (OI)	1	240,00	240,00
Custos de Desmantelamento	**Quantidade**	**Valor**	**Valor Final**
Cancelamento da Autorização de Utilização (IPQ)	1	0	0
Valor Total (€)	**98.790,00**		

Fonte: Elaborado pelo autor

Após se ter os custos diretos definidos tem-se de definir os custos administrativos.

Tabela 21 - Custos administrativos para as três cisternas

Custos Comuns para as Três Cisternas			
	Quantidade	**Valor (€)**	**Valor Final (€)**
Custos iniciais			
Certificação Soldadores	7	225,00	1.575,00
Certificação ADR Cisterna	3	75,00	225,00
Certificação ADR Condutores	3	180,00	540,00
Custos de Serviço/Operação			
Certificação ADR Cisterna	12	75,00	900,00
Certificação ADR Condutores	12	180,00	2.160,00
Custos de Manutenção			
Renovação Certificação Soldadores	7	225,00	1.575,00
Energia Elétrica	5000 kWh	0,14270	713,50
Consumo de água	>500 m^3	3.2659	1.632,95
Consumíveis de Soldadura	1 caixa	100	100
Peças Sobresselentes	25	24.943,00	24.943,00
Valor Total (€)	**34.364,45**		

Fonte: Elaborado pelo autor

Com os custos específicos para cada cisterna definidos e diferenciados já se pode aplicar a metodologia ABC seguindo os 4 passos do método, tal como se encontra indicado abaixo.

Passo 1 – Identificar as atividades relevantes.

Tabela 22 - Departamentos e Atividades

Departamento	**Atividade**
Compras	Compra de Matéria-Prima
	Compra de peças Sobressalentes
	Compra de consumíveis de Soldadura
Administrativo	Gerir periodicidades das inspeções
	Gerir periodicidades das renovações das formações
	Gerir periodicidades das renovações das autorizações de circulação
	Gerir os consumos da empresa

Fonte: Elaborado pelo autor

Passo 2 – Atribuir custos às atividades

Para fazer o cálculo dos custos da MOD (mão de obra direta) é necessário definir um parâmetro que indica a forma como cada equipamento influencia o tempo de paragem necessário. Assim, para as atividades mais morosas considere-se um tempo de utilização mínimo de 8 horas e para as restantes consoante a necessidade consideram-se períodos variáveis. Ao multiplicarmos este tempo pelo número de atividades concluídas num mês, temos 320 horas para a construção da cisterna 1, 80 horas para conclusão do tratamento dos papeis obrigatórios, isto é certificações, relatórios e autorizações. Nas inspeções são mais 8 horas cada, já com relatórios incluídos para as cinco vezes que estas têm de ser inspecionadas. Para as intervenções das cisternas 2 e 3 são necessários períodos de 8 e 24 horas respetivamente, mais 80 horas para os papeis.

Com o tempo necessário para a produção de cada item, o tempo total de produção (528 horas) e também os custos fixos, podemos encontrar qual o valor que cada unidade produzida vai absorver dos custos fixos. Para isso, basta a chamada regra de três simples, isto é, multiplicando o valor total dos custos (6.261,45 €) pelo tempo de produção total de cada uma (440 horas, 128 horas e 144 horas) e dividindo pelo tempo de produção total (712 horas), obtém – se os valores apresentados na tabela abaixo.

Tabela 23 - Percentagem de ocupação de cada cisterna

Produto	Tempo utilizado (horas)	Tempo total utilizado (horas)	Valor absorvido Total (€)	Percentagem (%)
Cisterna 1	320	440	3.869,44	61,80
	80			
	40			
Cisterna 2	80	128	1.125,65	17,98
	40			
	8			
Cisterna 3	80	144	1.266,36	20,22
	24			
	40			
Total	-	**712**	**6.261,45**	**100**

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 24 - Custos das atividades

Departamentos	Atividade	Custos (€)
Compras	Fazer as compras de material e peças necessárias	**195.085,00**
Administrativo	Controlar as periodicidades das inspeções e certificações, controlar os consumos e gerir a MOD	**34.364,45**
Custo Total (€)	**229.449,45**	

Fonte: Elaborado pelo autor

Passo 3 – Fazer o levantamento das necessidades para cada atividade e para cada equipamento.

Tabela 25 - Atividades e suas necessidades

Departamento	Atividade	Necessidade
Compras	Compra de Matéria-Prima	Saber a quantidade indicada no projeto
	Compra de peças Sobressalentes	Saber quais as peças necessárias e sua quantidade
	Compra de consumíveis de Soldadura	Saber a quantidade aproximada de consumíveis
Administrativo	Gerir periodicidades das inspeções	Saber a validade das inspeções
	Gerir periodicidades das renovações das formações	Saber a validade das formações
	Gerir periodicidades das renovações das autorizações de circulação	Saber a validade das autorizações
	Gerir os consumos da empresa	Saber os recursos necessários
	Gerir a MOD	Estimar a duração do trabalho

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 26 – Custos das necessidades gerias de cada cisterna

Necessidades	Cisterna 1	Cisterna 2	Cisterna 3	Total (€)
Saber a quantidade de matéria prima indicada no projeto	4000 Kg	-	-	8.000,00
Saber quais as peças necessárias e sua quantidade	6 peças	3 peças	16 peças	24.883,00
Saber a quantidade aproximada de consumíveis	6 caixas	3 caixas	12 caixas	2.100,00
Saber a validade das inspeções	3 anos	3 anos	3 anos	720,00
Saber a validade das formações	3 anos	3 anos	3 anos	765,00
Saber a validade das autorizações	3 anos	3 anos	3 anos	525,00
Saber a duração do trabalho	320 horas	16 horas	40 horas	11.280,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 27 - Custos detalhados por atividade de cada equipamento

	Cisterna 1	Cisterna 2	Cisterna 3	Total
Compras				
Saber a quantidade de matéria prima indicada no projeto (kg)	4.000	-	-	4.000
Proporção (%)	100	-	-	100
Custo de compra (€)	8.000	-	-	8.000
Saber a quantidade aproximada de consumíveis (caixas)	6	3	12	21
Proporção (%)	28,57	14,29	57,14	100
Custo de compra (€)	599,97	300,09	1.199,94	2.100,00
Saber quais as peças necessárias e sua quantidade (peças)	6	3	16	25
Proporção (%)	24	12	64	100
Custo de compra (€)	5.971,92	2.985,96	15.925,12	24.883,00
Administrativo				
Saber a validade das inspeções (anos)	3	3	3	-
Proporção (%)	33,33	33,33	33,34	100
Custo de compra (€)	1.200,00	1.200,00	1.200,00	3.600,00
Saber a validade das formações (anos)	3	3	3	-
Proporção (%)	33,33	33,33	33,34	100
Custo de compra (€)	1.275,00	1.275,00	1.275,00	3.825,00

Saber a validade das autorizações (anos)	3	3	3	-
Proporção (%)	33,33	33,33	33,34	100
Custo de compra (€)	875	875	875	2.625,00
Saber a duração do trabalho (horas)	320	16	40	376
Proporção (%)	85,11	4,30	10,64	100
Custo de compra (€)	9.600,41	485,04	1.200,20	11.280,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Com a informação anterior é possível definir um custo final para cada atividade tendo em consideração todas as necessidades destas.

Passo 4 – Apresentar resultados.

Neste passo é onde se apresenta um resumo, no qual dá o panorama geral dos custos associados à produção que se quer fazer o estudo, que para este caso específico definir os custos das três cisternas em estudo.

Tabela 28 - Resultados dos custos

Custos Individuais	**Valor Total (€)**
Cisterna 1	21.670,00
Cisterna 2	74.625,00
Cisterna 3	98.790,00
Custos Administrativos	**Valor Total (€)**
Atividades e despesas	34.364,45
Custos Finais individuais	**Valor Total (€)**
Cisterna 1	56.034,45
Cisterna 2	108.989,45
Cisterna 3	133.154,45
Somatório de todos os custos finais	**Valor Total (€)**
	298.178,35

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 29 – Valores unitários expectáveis para recuperação de capital

Valor Mensal	48.930,17 €
Valor Anual	587.162,04 €
Valor do Ciclo de Vida (12 anos)	7.045.944,48 €

Fonte: Elaborado pelo autor

Nestes três projetos o tempo de vida ideal (indicado pelo IPQ) ronda os 10 - 12 anos daí o tempo de estudo escolhido ser de 12 anos. Após analisados os diferentes custos e feita a contabilização destes para o ciclo de vida dos três equipamentos e feito também o cálculo das possíveis receitas nesse mesmo período, conclui-se que apesar de todos estes apresentarem lucro no fim do período de estudo o que obtém um lucro de forma mais rápida e imediata é o caso da cisterna 1. Pois apesar de ao fim de um mês a receita ainda ser inferior ao custo do ciclo de vida é aquele que mais próximo se apresenta do CCV. Como tal é o projeto mais rentável.

Para finalizar esta análise é importante salientar que a manutenção regular ajuda a diminuir os custos e por consequência o tempo de recuperação após cada paragem para manutenção/inspeção é menor. Com isto significa que as fiabilidades dos diversos equipamentos da cisterna duram mais tempo e assim a mesma não necessita de sofrer tantas intervenções e assim a cisterna circula com maior regularidade logo o lucro é maior e contante.

Capítulo 6 – Conclusões e Trabalhos Futuros

6.1 Considerações Finais

Por forma a concluir o raciocínio desenvolvido é necessário ter em conta todos os custos e lucros envolvidos na indústria dos transportes petrolíferos. Para tal é preciso conhecer-se o ciclo de vida dos equipamentos, fazer planos de manutenção adequados a cada situação e por isso é necessário criar ou pegar em modelos de gestão económica do ciclo de vida de um ativo pré-existentes e adequar à situação das empresas. Uma forma de adaptar ou criar esses modelos é através dos exemplos dados neste documento, isto é, inicialmente adquirir o conhecimento necessário sobre as diferentes políticas de manutenção existentes no mercado e se possível adaptá-las de forma a melhorar a fiabilidade dos equipamentos, é fulcral o conhecimento sobre políticas de gestão e as suas metodologias e saber moldá-las à realidade da organização para que desta forma os planos criados encaixem na perfeição, deixando sempre a possibilidade de uma melhoria contínua, pois nada é perfeito e à prova de falhas. É necessário existir sempre um controlo para uma melhoria contínua, sendo este controlo feito através de auditorias e inspeções. Após escolhido o método de análise é preciso saber quais os componentes de avaliação desse método e quais os fatores chave para a análise. Esta avaliação fundamentada é quanto melhor quanto maior a objetividade desses fatores. Com isto é possível afirmar que com fatores chave objetivos e concisos melhor irá ser a avaliação feita no ciclo de vida e consequentemente a gestão de custos e da fiabilidade serão as melhores e mais produtivas.

6.2 Dificuldades Sentidas

Neste documento a principal dificuldade sentida foi o acesso a algumas normas, visto muitas delas não serem de acesso livre. Na restante realização deste correu como o esperado, os intervenientes para o fornecimento da informação para os casos de estudo foram bastante acessíveis e disponibilizaram toda a informação necessária.

Na parte respeitante à gestão de ativos e gestão de custos, foi possível verificar como algumas empresas funcionam nessas áreas, pois no dia-a-dia estou em contacto com diversas empresas e em todas elas os funcionários foram prestáveis para fornecer as informações que foram necessárias ao

logo do trabalho. E também foi possível visualizar na prática a aplicação das políticas de manutenção e quais as decisões tomadas que influenciam a gestão de ativos e custos e quais as suas consequências.

6.3 Trabalhos Futuros

De forma a dar continuidade ao estudo efetuado no presente trabalho dever-se-ia realizar um levantamento mais completo de todo o tipo de informação referente a todos os possíveis cenários de avaliação de custos, isto é, quais os tipos de falhas mais frequentes em outro tipo de objetos de custo e o fazer um levantamento ainda mais detalhado de todas as atividades envolventes do processo em estudo. Atividades esses como diferentes planos de manutenção e a sua eficácia monetária, acidentes com o pessoal, avaliações de risco, verificação dos equipamentos de trabalho pelo Decreto-Lei 50/2005 (segurança dos equipamentos de trabalho), isto tudo num plano temporal maior para se ter um maior detalhe e precisão na avaliação dos dados obtidos.

Referências Bibliográficas

[1] S. Gundes, "The Use of Life Cycle Techniques in the Assessment of Sustainability," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 216, no. October 2015, pp. 916–922, 2016.

[2] ISO office, "ISO/Guide 73:2009." Geneva, 2009.

[3] D. Elmakis and A. Lisnianski, "Life cycle cost analysis: Actual problem in industrial management," *J. Bus. Econ. Manag.*, vol. 7, no. 1, pp. 5–8, 2006.

[4] British Standards Institution, "BSI Standards Publication Maintenance — Maintenance terminology," p. 36, 2010.

[5] Afnor, "Norma Britânica BS 3811 Norma Militar MIL-STD-721C."

[6] Afnor, "FD X 60-000: Maintenance industrielle - Fonction maintenance," *Assoc. Française Norm.*, vol. 33, no. 0, pp. 1–29, 2002.

[7] V. M. Pinto, "Gestão da Manutenção," Edições IA., Lisboa, 1994.

[8] J. M. T. Farinha, "'Manutenção das Instalações e Equipamentos Hospitalares,'" *Livraria Minerva Editora*, Coimbra, 1997.

[9] J. S. Cabral, *Organização e Gestão da Manutenção*, 4º Edição. Lisboa: LIDEL, 2004.

[10] J. Wyrebski, "'Manutenção Produtiva Total – Um Modelo Adaptado,'" Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 1997.

[11] IPQ, *Norma Portuguesa NP EN 13306 - Terminologia de Manutenção*, Setembro. Caparica, 2007.

[12] F. R. Sacristan, "Gestão Industrial: Manutenção Mecânica e Elétrica na Indústria e nas Oficinas," Edição CET., 1975, pp. 7–34, 14–148.

[13] A. Ramalho, *Gestão da Manutenção*, DEM/FCTUC. 2009.

[14] Consultores em Gestão Industrial - Giagi, "Gestão da Manutenção e Disponibilidade dos Equipamentos," pp. 1–138, 2007.

[15] H. Opocenska and M. Hammer, "Reliability centred maintenance," *MM Sci. J.*, vol. 2016, no.

November, pp. 1451–1455, 2016.

[16] F. M. Barbosa, *Introdução à Fiabilidade de Sistemas Elétricos de Energia*. FEUP, 2010.

[17] metode penelitian Nursalam, 2016, *Life Cycle Cost*, vol. 53, no. 9. 2013.

[18] J. Moubray, *"Reliability centered maintenance"*. Amsterdam: ISBN: 0-7506-3358-1, 1997.

[19] Harold Ascher;Harry Feingold;, *Repairable systems reliability: modeling, inference, misconceptions and their causes*, Marcel Dek. 1984.

[20] V. Miranda, *Fiabilidade em Sistemas De Potência – Uma Introdução*, Versão 3.0. .

[21] S. Dunn, "The fourth generation of maintenance," *Conf. Proc.*, 2003.

[22] D. Mahto and A. Kumar, "Application of root cause analysis in improvement of product quality and productivity," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 1, no. 2, pp. 16–53, 2008.

[23] P. Martins, P. Pinto, and E. Gil, "Implementação de metodologias lean numa linha de produção de mobiliário," 2015.

[24] SKF, "Life Cycle Cost," 2019. [Online]. Available: https://www.skf.com/pt/services/asset-management-services/asset-efficiency-optimisation/optimize/live-cycle-costing/index.html. [Accessed: 15-Feb-2020].

[25] R. R. Brown, Robert J. & Yanuck, "'Introduction to Life Cycle Costing,'" *Fairmont Press. Inc. e Prentice-Hall, Inc*, 1985.

[26] R. M. . Wilson, *"Cost Control Handbook,"* 2a edição. Inglaterra, 1983.

[27] M. Yoshitake, "Gestão de custos do ciclo de vida de um ativo," p. 10, 2018.

[28] IPQ, "Espaço Q," *Dia Int. da Metrol.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.

[29] J. Woodhouse, M. Mustafa, P. Jay, A. Thomson, and G. Haskins, "Acknowledgement The development of this Publicly Available Specification has been led by the lnstitute of Management in collaboration wrth the British Standards with the assistance of the following and individuals : Steering Group."

[30] U. Especial *et al.*, "Diário da República, 1.ª série — N.º 204 — 19 de outubro de 2015," pp. 9086–9108, 2015.

[31] Fhwa, *Asset Management Primer*. Washington, D.C., 1999.

[32] Aashto, *21st Century Asset Management*. Washington, D.C., 1997.

[33] OECD, "'Asset Management for the Road Sector. Organization for Economic Co-Operation and Development.'" Paris, 2001.

[34] C. Nemmers, "Transportation Asset Management," *Public Roads Magazine, Volume 61*, 2004.

[35] "Transportation Asset Management Guide," in *State, American Association of Officials, Highway and Transportation*, Washington, D.C., 2002.

[36] I. Alsyouf, "Journal of Quality in Maintenance Engineering Measuring maintenance performance using a balanced scorecard approach," 2006.

[37] P. Muchiri and L. Pintelon, "Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 46, no. 13, pp. 3517–3535, 2008.

[38] D. Ouertani, M.Z., Parlikad , A.K., McFarlane, "'Asset information management: Research challenges.,'" in *Proceedings of the 2nd International Conference on Research Challenges in Information Science*, 2008, pp. 361–370.

[39] M. N. Coatalem, M., Mazauric, V., Le Pape, C., *"Optimal Management of Power Generation Assets: Interaction with the Electricity Markets,"* Energy Pro. 2015.

[40] J. C. M. Trappey, A. J. C., Trappey, C. V., Ma, L., Chang, *"Intelligent engineering asset management system for power transformer maintenance decision supports under various operating conditions,"* Computers. 2015.

[41] M. Abdelhamid, M. S., Beshara, I., Ghoneim, "'Strategic asset management: Assessment tool for educational building in Egypt,'" *HBRC J.*, vol. 11, no. 1, pp. 98–106, 2015.

[42] B. Reidy, Robert; Davis, Megan; Coony, Regina; Gould, Scott; Mann, Chuck; Sewak, "GUIDELINES FOR LCCA," no. October, 2005.

[43] T. El-Akruti, Khaled; Dwight, Richard; Zhang, "'The strategic role of Engineering Asset Management'.," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. Volume 146, pp. 227–239., 2013.

[44] R. W. Peters, "'Define Your Physical Asset Management Strategy with the Scoreboard for Maintenance Excellence and Go Beyond ISO 55000,'" in *Reliable Maintenance Planning, Estimating and Scheduling*, 2015, pp. 39–65.

[45] O. Henderson, K., Pahlenkemper, G., Kraska, "'Integrated Asset Management – An Investment in Sustainability,'" in *Procedia Engineering*, 2014, pp. 448–454.

[46] L. Facciuto and R. Ufsc, "O modelo de custeio baseado em atividades (ABC) em uma empresa prestadora de serviços," p. 2011, 2011.

[47] ISO office, "INTERNATIONAL STANDARD Buildings and constructed assets —," vol. 2017. Geneva, 2017.

[48] M. Nakagawa, *Gestão Estratégica de Custos*, Editora At. 1991.

[49] A. Robles Jr, "Contribuição ao Estudo da Gestão e Mensuração de Custos da Qualidade, no Contexto da Gestão Estratégica de Custos," FEAUSP, 1992.

[50] J. A. Berliner, Callie & Brimson, "'Cost Management for Today's Advanced Manufacturing,'" *Harvard Bus. Sch. Press*, 1988.

[51] M. Antonio and I. Maria, "Contabilidade Vista e Revista," *Gestão Estratégica de Custos*, vol. 15, pp. 53–84, 2004.

[52] Ipq, "Norma Portuguesa: NP ISO 31000:2012," pp. 1–15, 2002.

[53] D. I. Augusto da Fonseca; Miyake, "Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade," *XXVI ENEGEP*, pp. 1–9, 2006.

[54] O. Žižlavský, "Net Present Value Approach: Method for Economic Assessment of Innovation Projects," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 156, no. November 2014, pp. 506–512, 2014.

[55] U.-3 C. Flow, "MG6863 Engineering Economics," pp. 23–33.

[56] P. F. da C. Braz, "O Controlo de Gestão e a sua Relação com a Rendibilidade, o Crescimento, a Dimensão e a I&D, nas Empresas Industriais Portuguesas," 2000.

[57] P. A. Fernandes *et al.*, "Target Costing e Kaizen Costing," *Rev. Otoc*, no. 77, pp. 50–57, 2006.

[58] R. L. A. e Silva, "Implementação de um modelo de custeio e orçamentação embalagens numa empresa de," 2013.

[59] D. Ferreira, C. Caldeira, J. Asseiceiro, J. Vieira, and C. Vicente, *Contabilidade de Gestão - Estratégia de Custos e de Resultados*. 2014.

[60] M. M. e R. S. Vitor Franco, Álvaro Oliveira, Ana Morais, Bemvinda Oliveira, Isabel Lourenço, Maria de Jesus, *Contabilidade de Cestão - Volume I - O apuramento dos custos e a informação de apoio à decisão*, vol. I. 2005.

[61] G. Horngren, C., Datar, S., & Foster, *Cost Accounting: A Managerial Emphasis*. Pearson Prentice Hall, 2006.

[62] E. Martins, *Contabilidade de Custos: inclui o ABC*. São Paulo: Atlas, 2001.

[63] G. Bergmann Borges Vieira, B. H. Aita, F. J. Kliemann Neto, and F. Chies, "Identificação E Análise Dos Métodos De Custeio Aplicáveis a Uma Empresa Com Produção Terceirizada," *Rev. Gestão Ind.*, vol. 11, no. 1, 2015.

[64] J. M. da S. Cardoso, "Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Custeio por encomenda numa empresa de metalomecânica." Universidade do Minho, 2011.

[65] F. S. Hansen, Jens Erik, Teixeira, "O Processo do Target Costing no auxílio à sobrevivência empresarial: Estudo de Caso da Madaso Ltda." FEA/USP, São Paulo, 2001.

[66] R. L. Maher, M. W., Stinckney, C. P., & Weil, *Managerial Accounting*. SouthWestern: Cengage Learning, 2012.

[67] W. O. Horngren, C.T., Sudem, G. L. e Stratton, *Introduction to management accounting*, 12ª. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2004.

[68] G. Granja, A. D.; Picchi, F. A.; Robert, "Gestão de Custos na Construção Civil Sob um Enfoque de Processos: target costing e kaizen costing." Porto Alegre, 2005.

[69] M. Sakurai, "Past and future of Japanese management accounting.," *J. Cost Manag.*, pp. 21–30, 1995.

[70] Y. Monden and K. Hamada, "Target Costing and Kaizen Costing in Japanese Automobile Companies." pp. 99–122, 2000.

[71] Monden Yasuhiro; Bruce Talbot, *Cost reduction systems : target costing and kaizen costing*, English ed. Portland, Or. : Productivity Press, c1995., 1940.

[72] W. Megliorini, E; Rocha, “Uma reflexão sobre a filosofia do Target Costing no contexto histórico atual,” *CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 13., 2006*. Belo Horizonte, 2006.

[73] C. Penha, J; Parisi, “A utilização do target price e do target cost como técnicas complementares para o planejamento do lucro.” Porto Seguro, 2004.

[74] P. Guarnieri, L. S. de Oliveira, P. M. Purcidonio, R. N. Pagani, and K. Hatakeyama, “Sistema de custo Kaizen,” *Encontro Eng. e Tecnol. dos Campos Gerais*, p. 9, 2008.

[75] C.M.Drury, “Management and cost accounting,” Springer, Ed. 2013.

[76] R. S. S. De Melo and A. D. Granja, “Interorganizational cost management and its implications for target costing in construction,” *IGLC 2012 - 20th Conf. Int. Gr. Lean Constr.*, no. January, 2012.

[77] A. D. C. Ferreira, “Custeio-Alvo (Target Costing): Revisão de Bibliografia,” vol. 15, no. 1, pp. 101–126, 2015.

[78] K. Olszewska, “Cost management with budgeting and Kaizen Costing,” *World Sci. News*, vol. 133, no. July, pp. 171–190, 2019.

[79] A. R. Ramezani and M. Mahdloo, “Backflush Costing and Backflush Accounting,” vol. 2, no. 5, pp. 1–6, 2014.

[80] J. Burns, J., Quinn, M., Warren, L. e Oliveira, *Management Accounting*, 1ª. McGraw-Hill Irwin, 2013.

[81] Gloria Mcvay; Frances Kennedy; Rosemary Fullerton, *Accounting in the Lean Enterprise*. Nova Iorque: CRC Press, 2013.

[82] B. E. N. Susan V. Crosson, *Managerial Accounting*, 9ª., vol. 53, no. 9. 2019.

[83] A. M. Santos, “Custeio Baseado nas atividades (ABC) - Contabilidade de Gestão.” Universidade Atlântica, 2019.

[84] “Decreto-Lei nº 192/2015,” *Diário da República, 1ª Série - Nº178-11*, 2015.

[85] A. M. Santos, “Sistema de Custeio Básico - Contabilidade de Gestão.” Universidade Atlântica, 2019.

[86] R. W. Kates, *Direct costing. Management Accounting*. Londres: ICWA, 1970.

[87] Jorge Carneiro; Claudio Saito; Hélio Azevedo; Luiz de Carvalho, *Formação e administração de preços*, 4ª. Editora FGV, 2018.

[88] M. Accouting, "The Current Status of Activity-Based Costing: An interview with Robin Cooper and Robert S. Kaplan," 1991.

[89] R.-Q. e S. ACE, "Gestão, Manutenção e Segurança dos Tanques de Armazenagem'," in *Segurança e Garantia de Qualidade Na Armazenagem De Produtos Petrolíferos E Tóxicos, O Papel Do Organismo De Inspeção'*, 2007.