



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**



## **Abordagem multicritério de apoio à decisão no planeamento da manutenção – Estudo de caso**

**CHANDNI HITESH PATEL**  
(Licenciada em Gestão)

Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia e Gestão Industrial

Orientadores:

Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

Júri:

Presidente: Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Vogais:

Doutor Daniel Augusto E. Marques Mendes Gaspar

Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

**dezembro de 2023**





**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Departamento de Engenharia Mecânica**

**Abordagem multicritério de apoio à decisão no  
planeamento da manutenção – Estudo de caso**

**CHANDNI HITESH PATEL**  
(Licenciada em Gestão)

Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia e Gestão Industrial

Orientadores:

Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

Júri:

Presidente: Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Vogais:

Doutor Daniel Augusto E. Marques Mendes Gaspar

Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

**dezembro de 2023**



# Agradecimentos

Aproveito para agradecer a todos os que me ajudaram na elaboração da dissertação ao longo do tempo. A realização desta tese não foi uma tarefa simples nem fácil, foi necessário imenso esforço e dedicação da minha parte, e muito apoio e ajuda dos que me rodeiam.

O meu maior agradecimento é dirigido ao meu orientador, Prof. Vítor Anes, pela dedicação e paciência oferecida durante este percurso, estando sempre disponível e prestável em todas as dificuldades que surgiram. Sem as instruções e ajuda do professor, seriam impossíveis o início e a conclusão desta dissertação. O seu apoio e as suas críticas foram elementos fundamentais para a construção da mesma.

Em especial, o diretor financeiro Dr. Miguel Martinha, o chefe do meu local de trabalho, pela ajuda e pelos esclarecimentos com determinados temas e dúvidas que existiram no desenvolvimento da tese. Sem a sua experiência, cultura e as suas observações não me era possível elaborar alguns capítulos de forma tão detalhada e estruturada.

Gostaria de agradecer, também, à minha família (à minha avó, às minhas irmãs e ao meu namorado) pela motivação e apoio que me têm proporcionado ao longo do meu percurso académico, especialmente na elaboração da tese. Existiram momentos difíceis e desmotivantes, nos quais apenas eles conseguiram fazer com que eu não desistisse neste caminho.

Espero que a proposta apresentada nesta dissertação, contribua para um melhor controlo de custos em manutenções, neste caso de elevadores, das pequenas e médias empresas.

Um sincero obrigada a todos os que estiveram do meu lado. Sem vocês isto não seria possível.



# Resumo

O papel da manutenção tem vindo a evoluir devido ao reconhecimento da sua importância em diversas vertentes, nomeadamente na qualidade das prestações do serviço de uma empresa, garantido a fiabilidade e a segurança dos equipamentos, mas também nas vertentes financeiras e económicas pela otimização do ciclo de vida dos equipamentos.

O objetivo do presente trabalho consistiu numa análise crítica da situação atual de uma PME, cuja finalidade é a prestação de serviços de alojamento a pessoas com incapacidade física e mental, e criar uma estratégia de gestão de manutenção a ser implementada, baseada na construção de um plano de manutenções de elevadores, de forma a melhorar o resultado empresarial e a qualidade do serviço prestado. Para atingir o objetivo mencionado acima foram necessários vários procedimentos, começando com a análise do equipamento mais crítico e o respetivo modo de falha mais crítico, com a ajuda das ferramentas de decisão multicritério AHP, Método dos 5 Porquês e FMEA, de forma a decidir para que equipamento e para que finalidade o plano de manutenções deverá ser desenvolvido.

Uma vez elaborado o plano de manutenções, fez-se um estudo da viabilidade económica do projeto através das ferramentas de análise de investimento, VAL e TIR, assim como a análise de risco através do processo do *Bowtie*. Através da identificação dos principais perigos e fontes de risco, desenvolveram-se duas barreiras de prevenção fundamentais a serem incluídas no plano de manutenções de forma a evitar a interrupção ou a não implementação mesmo. Após a introdução das barreiras de prevenção, avaliou-se novamente a viabilidade económica do projeto, onde foram necessários alguns reajustes em relação ao investimento inicial e o tempo de vida útil do projeto. Um dos trabalhos futuros a ser desenvolvido com base no plano de manutenções elaborado, será a criação do programa de Gestão *Lean* a longo prazo para a organização ser capaz de combater o aumento da taxa de inflação e os respetivos custos, promovendo uma melhor qualidade de serviço ao cliente. Outro aspeto a considerar seria o desenvolvimento de um programa de controlo de circulação diária nos elevadores, de forma a tornar o processo mais rápido e eficaz, regularizando a circulação por todos os elevadores.

**Palavras-Chave: Manutenção; decisão multicritério; *lean thinking*; estratégia de manutenção; risco; incerteza; AHP; Método dos 5 Porquês; FMEA**

# Abstract

The role of maintenance has been evolving due to the recognition of its importance in several aspects, such as the quality of a company's services, guaranteeing the reliability and safety of equipment, as well as in financial and economic aspects by optimizing the life cycle of the equipment.

The objective of this work was to critically analyze the current situation of an SME, whose purpose is to provide accommodation services to people with physical and mental disabilities, and to create a maintenance management strategy to be implemented, based on the construction of a elevator maintenance plan, in order to improve business results and the quality of the service provided. To achieve the objective mentioned above, several procedures were necessary, starting with the analysis of the most critical equipment and its most critical failure mode, with the help of the multi-criteria decision tools AHP, 5 Whys Method and FMEA, in order to decide for what equipment and for what purpose the maintenance plan should be developed.

Once the maintenance plan was drawn up, a study of the project's economic viability was carried out using investment analysis tools, VAL and IRR, as well as risk analysis through the Bowtie process. By identifying the main hazards and sources of risk, two fundamental prevention barriers were developed to be included in the maintenance plan in order to avoid interruption or non-implementation. After the introduction of prevention barriers, the economic viability of the project was again assessed, where some readjustments were necessary in relation to the initial investment and the useful life of the project. One of the future works to be developed based on the maintenance plan prepared, will be the creation of a long-term Lean Management program for the organization to be able to combat the increase in the inflation rate and the respective costs, promoting a better quality of service. to the client. Another aspect to consider would be the development of a daily circulation control program in elevators, in order to make the process faster and more efficient, regularizing circulation in all elevators.

**Keywords:** Maintenance; Multi-criteria Decision Tools; Lean Thinking; Maintenance Strategy; Risk; Uncertainty; AHP; 5 Whys Method; FMEA

# Índice

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>v</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>vii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>viii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>xi</b>
<b>Índice de Tabelas</b> .....	<b>xii</b>
<b>Índice de Expressões</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Lista de Siglas e Acrónimos</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1 Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivação e Contextualização da Dissertação .....	1
1.2 Objetivos e Metodologias .....	1
1.2.1 Pergunta de investigação .....	2
1.3 Organização da Dissertação .....	3
<b>2 Revisão Bibliográfica</b> .....	<b>5</b>
2.1 Manutenção.....	5
2.1.1 Tipos de Manutenção.....	5
2.1.2 Gestão de Manutenção.....	11
2.1.3 Engenharia de Manutenção .....	11
2.2 Qualidade na Manutenção .....	12
2.2.1 Ciclo PDCA.....	13
2.3 Produtividade .....	15
2.3.1 A Manutenção e a sua relação com a Produtividade Total.....	16
2.4 <i>Lean Thinking</i> .....	18
2.4.1 <i>Lean Manufacturing</i> .....	18
2.5 Gestão de Risco .....	20
2.5.1 O risco .....	21
2.6 Decisão multicritério.....	24
2.6.1 Método AHP: Analytic Hierarchy Process.....	25
2.6.2 Método FMEA: Failure Mode and Effects Analysis.....	27
2.6.3 Método FTA: Fault Tree Analysis .....	30

2.7	Ferramenta de identificação das causas raiz de um problema: Método dos 5 Porquês .....	33
2.8	O Ferramenta para priorizar as causas raiz de um problema: Diagrama de Pareto	34
2.9	O <i>Bowtie</i> .....	35
<b>3</b>	<b>Estudo de Caso .....</b>	<b>37</b>
3.1	Uma PME em Portugal .....	37
3.2	Setor de atividade da empresa .....	41
3.3	Problema identificado e a importância da sua resolução .....	41
3.4	Impacto dos gastos financeiros, de imagem e de reputação .....	42
3.5	Impactos na satisfação do cliente.....	44
3.6	Identificação dos problemas críticos e respetivos impactos .....	45
3.7	Seleção do problema e equipamento mais crítico.....	46
<b>4</b>	<b>Identificação e Análise de Propostas .....</b>	<b>57</b>
4.1	Elaboração de um plano estratégico de implementação de gestão da manutenção.....	59
4.1.1	Estratégia para a implementação da gestão da manutenção .....	62
<b>5</b>	<b>Estudo de Viabilidade.....</b>	<b>65</b>
5.1	Cálculo do VAL.....	66
5.2	Cálculo da TIR.....	69
5.3	Análise de risco: <i>Bowtie</i> .....	70
5.3.1	Análise SWOT.....	70
5.3.2	Análise de Risco <i>Bowtie</i> .....	71
5.3.3	Sugestões de melhoria resultantes da análise de risco.....	81
5.3.4	Reavaliação da viabilidade do projeto.....	83
<b>6</b>	<b>Conclusões Finais .....</b>	<b>85</b>
6.1	Trabalhos Futuros .....	86
	<b>Referências .....</b>	<b>87</b>

# Índice de Figuras

Figura 1 - Processo de análise AHP .....	26
Figura 2 - Procedimento para a elaboração do FMEA .....	30
Figura 3 - Simbologia para a elaboração da FTA.....	31
Figura 4 - Base da construção de FTA .....	31
Figura 5 - Indivíduos Empregados no setor Terciário.....	38
Figura 6 - Tela do Modelo de Negócios .....	41
Figura 7- Caldeira Elétrica (Exemplo) .....	47
Figura 8 - Elevadores (Exemplo).....	48
Figura 9 - Ar Condicionado (Exemplo).....	48
Figura 10 - 5 porquês.....	53

# Índice de Tabelas

Tabela 1 - Matriz Normalizada (Critérios) .....	50
Tabela 2 - Peso de cada critério .....	51
Tabela 3 – Matriz Normalizada (Equipamentos) .....	52
Tabela 4 - Peso de cada Equipamento .....	53
Tabela 5 – Método FMEA.....	54
Tabela 6 – Total de custos em manutenções em 2022 .....	64
Tabela 7 – EBITDA em 2022.....	65
Tabela 8 - Cashflows VAL (1) .....	68
Tabela 9 – Hazzard das Ameaças .....	72
Tabela 10 – Hazzard dos Pontos Fracos .....	77
Tabela 1 – Hazzards Detetados .....	81

# Índice de Expressões

Expressão 1 – Cálculo do VAL .....	67
Expressão 2 – Cálculo da TIR .....	69
Expressão 3 – Hazzard Custos .....	74
Expressão 4 – Hazzard Cliente.....	75
Expressão 5 – Hazzard Mão de obra .....	76
Expressão 6 – Hazzard Declínio.....	76
Expressão 7 – Hazzard 1 Gestor.....	79
Expressão 8 – Hazzard Informação .....	79
Expressão 9 – Hazzard Perturbações na circulação.....	80
Expressão 10 – Hazzard Resultados.....	80

# Lista de Siglas e Acrónimos

5S - *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

TMF – Tempo Médio entre as Falhas

PMP – Plano de Manutenção Preventiva

PCM – Planeamento e Controlo da Manutenção

PDCA – *Plan, Do, Check & Act*

TPM – *Total Productivity Maintenance*

MCDM – *Multi-Criteria Decison Making*

AHP – *Analytic Hierarchy Process* / Processo Hierárquico Analítico

FME - *Failure Mode and Effect Analysis* / Análise de Modo e Efeito da Falha

FTA - *Fault-Tree Analysis* / Árvore de Falhas

PME – Pequenas e Médias Empresas

PIB - Produto Interno Bruto

IE - Inquérito ao Emprego

TFM - Trabalho Final de Mestrado

EBITDA - *Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*

VAL - Valor Atual Líquido

TIR - Taxa Interna de Rentabilidade

IEFP – Instituto do Emprego e Formação Profissional

SME – *Small and Medium-sized Enterprises*

NPV – *Net Present Value*

IRR – *Internal Rate of Return*

# **1 Introdução**

Neste capítulo é apresentada uma visão geral do trabalho. A primeira parte consiste em contextualizar a gestão da manutenção e a sua importância nas pequenas e médias empresas. Logo de seguida, são apresentados os objetivos desta dissertação mencionando as perguntas de investigação, e por fim, a organização da mesma.

## **1.1 Motivação e Contextualização da Dissertação**

As empresas industriais encontram-se cada vez mais dependentes da disponibilidade e do desempenho dos seus equipamentos para permanecerem competitivas. Apesar das pequenas e médias empresas possuírem os recursos financeiros limitados, não justifica o facto de não implementarem um plano de manutenção dentro da organização, com o auxílio de uma programação simplificada de acordo com as necessidades da empresa, de forma a desfrutar de todos os benefícios da manutenção.

Atualmente, a falta da gestão de manutenção não só tem vindo a prejudicar o resultado das empresas, representando cerca de 30% a 40% dos gastos anuais, como também origina um impacto negativo na qualidade do produto/serviço e na imagem da respetiva organização. É necessário investigar todos os problemas resultantes da falta de gestão de manutenções, e ir à procura de uma solução viável para os mesmos, adequada para cada tipo de empresa.

Neste trabalho, pretende-se ir ao encontro do problema resultante de estratégias de manutenção insatisfatórias ou inexistentes, e uma estratégia de manutenção que permita reduzir ou eliminar o desperdício nesse mesmo sector, através de ferramentas de decisão multicritério. Para tal, selecionou-se um caso de estudo real que possui determinados impactos negativos resultantes de uma falta de controlo de manutenção dos equipamentos.

## **1.2 Objetivos e Metodologias**

Este trabalho visa analisar o impacto dos custos de manutenções da PME, em estudo, e a importância da sua resolução e controlo ao longo do tempo, para um melhor resultado

organizacional, progredindo a qualidade do serviço prestado. Para alcançar o objetivo geral desta dissertação, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Investigar o problema existente e quais os seus impactos (financeiros, de qualidade, de clientes e fornecedores), destacando a importância da sua resolução;
- ✓ Analisar o equipamento, da PME em estudo, mais crítico através do uso de uma ferramenta de decisão multicritério e avaliar as diferentes causas raízes e os respetivos modos de falha de forma a perceber qual deles é mais importante a resolver;
- ✓ Procurar formas de resolver o modo de falha mais crítico do equipamento, construindo um plano de manutenções a implementar na PME;
- ✓ Avaliar a viabilidade do plano de manutenções proposto;
- ✓ Analisar os diferentes perigos que poderão dificultar a implementação do plano de manutenções, para posteriormente serem criadas barreiras de prevenção para as respetivas fontes de risco.

A metodologia utilizada consiste numa pesquisa e análise a respeito do método de manutenções adotado para os equipamentos pela PME, dando prioridade à diminuição dos respetivos impactos negativos, através da recolha de informação e métodos necessários a implementar, com o objetivo de melhorar a eficiência da manutenção e os benefícios dos resultados da organização.

### **1.2.1 Pergunta de investigação**

Quando uma PME está na fase de crescimento e ao mesmo tempo apresenta custos elevados relativos a manutenções de equipamentos, poderá não atingir a produtividade pretendida, o que automaticamente afeta o resultado empresarial. A PME em causa, encontra-se nesta situação, onde os gastos de manutenções dos elevadores apresentam um valor elevado dentro do grupo dos restantes custos. O planeamento das manutenções surge como forma de conseguirmos atingir os objetivos de melhoria que incidem na redução das falhas na produção/serviço, redução dos custos não planeados, melhorar a vida útil dos equipamentos, aumentar a visibilidade das empresas (previsão e controlo dos custos) e aumento da qualidade de produção e mão-de-obra.

Ao analisar a situação atual da organização surge a questão: de que forma deverão ser realizadas as manutenções dos elevadores de forma a reduzir os gastos da empresa?

Refletindo sobre a questão acima, surgiu como hipótese desenvolver um plano de manutenção tendo em conta os constrangimentos e valências da empresa, i.e., desenvolver um plano de manutenção à medida. Para tal considerou-se uma situação atual de uma PME como caso de estudo e a subcontratação de serviços considerando uma abordagem de decisão multicritério de forma a otimizar custos em situações de incerteza, aplicando metodologias Lean juntamente com ferramentas de decisão multicritério para suportar a tomada de decisão. Para tal, abordaram-se diferentes temas através de uma pesquisa bibliográfica, tais como manutenção, a gestão de manutenção, a produtividade, o *Lean Thinking*, as ferramentas de decisão de multicritério e a gestão do risco de forma a unir todo o conhecimento recolhido e integrá-lo no plano desenvolvido.

### **1.3 Organização da Dissertação**

A dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. A primeira parte corresponde à introdução, onde enquadra-se o trabalho, referindo a motivação, o conhecimento e as possíveis melhorias através das aplicações práticas da investigação realizada. Também é neste capítulo que se relata, de uma forma sucinta, os temas a abordar nos capítulos que se seguem.

O segundo capítulo é composto pela revisão da bibliografia, onde são descritos os diferentes conceitos relacionados com a dissertação, tais como a manutenção e os seus diversos tipos, a sua gestão e engenharia, a qualidade na manutenção, a produtividade, e a relação da manutenção com a produtividade total. Neste capítulo é relatado também um pouco sobre o *Lean Thinking*, *Lean Manufacturing*, Gestão do Risco, Decisão Multicritério e as suas variadas ferramentas. No final, foi realizado um pequeno estudo acerca do estado da indústria, englobando os conceitos globais de uma PME, e o efeito da presente economia no setor onde se enquadra a PME em estudo.

A terceira parte do trabalho visou a investigação e a elaboração de um plano ideal de manutenções, de forma a reduzir os gastos da empresa, através do estudo de caso, onde é descrito o setor da empresa, o problema existente e a importância da sua resolução, avaliando os impactos dos gastos financeiros, de imagem e reputação numa PME, e o impacto na manutenção dos clientes e fornecedores. É no terceiro capítulo que é decidido o problema mais crítico e o respetivo equipamento.

No quarto capítulo são relatadas as considerações, através da elaboração de um plano ideal das manutenções propostas tendo em conta a situação atual da entidade em estudo

e de forma a reduzir os gastos da PME. Uma vez decididas as etapas do plano, foi criando um possível esquema do plano de manutenções a propor para melhorar o resultado.

O quinto capítulo consiste em avaliar a viabilidade económica do plano de manutenções desenvolvido, assim como a sua taxa de rentabilidade, de forma a analisar o impacto económico das melhorias propostas nos resultados da empresa. Foi também realizada uma análise de risco utilizando a ferramenta *Bowtie* para com o objetivo de identificar os perigos das ameaças e dos pontos fracos derivados do plano de manutenções, que possam vir a prejudicar a sua implementação, assim como identificar as barreiras de prevenção a adicionar de forma a evitar a materialização de impactos negativos resultantes destas ameaças e pontos fracos.

Por fim, a dissertação termina no capítulo 6, onde se descreve algumas sugestões de melhoria a implementar juntamente com o plano desenvolvido, de forma a proporcionar à PME a possibilidade de combater de uma forma mais eficiente todos os perigos que possam aparecer ao longo do tempo. Os resultados alcançados são uma contribuição para a melhor elaboração de um planeamento de manutenções preventivas e corretivas nas organizações.

## 2 Revisão Bibliográfica

### 2.1 Manutenção

Segundo a norma NP EN-13306:2021 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 a repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida (Carneiro, 2022).

A manutenção é um modo de prevenção de falhas dos equipamentos e instalações que controlam um processo (Rodrigues, 2016).

Conforme Silva (2020), a função da manutenção dentro da empresa representa um alto potencial de contribuição para o aumento de produtividade, à luz do seu relacionamento com a função produção.

Segundo Reis (2016), após o advento da Revolução Industrial no final do século XVIII, a sociedade aumentou a sua capacidade de produção, desenvolvendo equipamentos mais complexos, sofisticados, exigindo cada vez mais o conserto e a conservação dos equipamentos para garantir o bom estado de funcionamento daqueles no sistema produtivo.

A manutenção consiste em evitar a degradação dos equipamentos e instalações causada pelo desgaste natural em decorrência do uso. Este desgaste surge em diferentes formas, desde a má imagem dos equipamentos até ao mau desempenho e falhas de produção, fabricação de produtos de má qualidade e poluição do meio ambiente (Rodrigues; Santos; Serra; Pinheiro, 2017).

A manutenção concede aos equipamentos tanto disponibilidade quanto fiabilidade, sendo que a fiabilidade está ligada à operação eficaz de um processo, sem que ocorram falhas inesperadas. Sendo que, a fiabilidade é avaliada pela previsão de um equipamento executar as suas funções, num período predeterminado, sem irregularidades (Silva, 2019).

#### 2.1.1 Tipos de Manutenção

Segundo (Reis, 2016), para atender determinadas procuras ou planeamentos das áreas de produção, a manutenção pode ser apresentada sobre diversas configurações que incluem, basicamente, a corretiva, preventiva, preditiva e detetiva.

No entanto, Ozelim (2017) indica que existem nas empresas muitos tipos de abordagens de manutenção, que são definidos de acordo com o modo de intervenção

que aplicam no sistema produtivo durante a ocorrência ou previsão de uma falha. Tais intervenções podem ser definidas também como os diferentes procedimentos praticados num problema que possa causar uma avaria no sistema.

#### 2.1.1.1 Manutenção Corretiva

(Xenos, 2014) afirma que a manutenção corretiva ocorre após uma falha, que deve ser estudada para identificar as causas fundamentais bloqueando-as e evitando a reincidência. A manutenção corretiva, conhecida no ambiente industrial como “apaga incêndio”, é aquela que atua de forma a corrigir uma falha que inviabiliza ou possa inviabilizar o funcionamento de um instrumento da produção. Como a falha ocorreu de forma aleatória, não programada, aquele tipo de manutenção ocorre de tal forma a evitar grandes perdas de produção, acidentes ambientais e do trabalho.

A manutenção corretiva, segundo *Reis* (2016), significa deixar as instalações continuarem a operar até falharem. O trabalho da manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido e é considerada a mais simples da categoria. Apesar de sua singularidade pode-se subdividir essa linha de planeamento duas categorias:

- Manutenção corretiva não planeada: a correção da falha ou do desempenho abaixo do esperado é realizada sempre após a ocorrência da falha, sem acompanhamento ou planeamento anterior, aleatoriamente. Provoca gastos elevados e uma fiabilidade de produção reduzida, já que gera a paragem do equipamento e danos maiores, muitas vezes irreversíveis (*Reis*, 2016).

A manutenção corretiva não planeada, segundo *Custódio* (2016), é conhecida também como emergencial, caracteriza-se pela atuação da manutenção num fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho menor do que o esperado. Este tipo de manutenção implica altos custos, pois a quebra pode acarretar perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção, além de poder afetar a segurança e o meio ambiente.

Segundo *Desconzi* (2019), esta manutenção baseia-se no conserto após a falha, em que não há como preparar-se para o serviço, o que gera maiores gastos com a manutenção e prejuízos para as operações.

- Manutenção corretiva planeada: quando a manutenção é preparada. Ocorre, por exemplo, pela decisão da administração de operar até a falha ou em função de um acompanhamento preditivo (Reis, 2016).

Para (Custódio, 2016), a manutenção corretiva planeada é a ação de correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão da administração, baseado no acompanhamento dos parâmetros de condições e diagnóstico levados a efeito pela preditiva e detetiva.

Este tipo de manutenção, possibilita prolongar a operação do equipamento até a sua falha. Este tipo de manutenção por permitir que se opere até a quebra do equipamento, possui alguns aspetos positivos como: a tarefa poderá ser executada com mais segurança, data da realização no melhor momento (produção x manutenção), peças salientes disponibilizadas e redução do tempo de execução (Desconzi, 2019).

Sabe-se que apesar deste tipo de manutenção não ser o mais indicado, são poucas as fábricas que buscam processos de manutenção que prevejam ações de prevenção de falhas. A maioria destas empresas utilizam os seus equipamentos, sem preocuparem-se com as revisões periódicas, e só são feitas manutenções quando, os mesmos, deixam de funcionar. Porém essa prática acaba por trazer altos custos que incluem peças sobressalentes, horas extras de trabalho, a ociosidade da linha de produção que em função de falhas acaba que permanece inativa por longo tempo, causando danos na qualidade da produção (Ozelim, 2017).

#### **2.1.1.2** Manutenção Preventiva

Reis (2016) cita que a manutenção preventiva é aquela que ocorre periodicamente, via inspeções, reformas e trocas de peças antes da rutura, falha ou limite de vida do equipamento. Ela deve ser considerada como atividade principal e obrigatória nas empresas, e para o seu sucesso, deverão ser definidos vários procedimentos padronizados e treinamentos adequados pelos gestores da manutenção.

Para Custódio (2016), a manutenção preventiva consiste em reduzir / evitar a falha ou o decréscimo do desempenho, obedecendo a um plano anteriormente elaborado, baseado em intervalos de tempo definidos. É utilizada para evitar falhas nos sistemas

ocorre quando o profissional prevê situações adversas e cria ações para evitar que, estas, aconteçam, eliminando assim muitos transtornos. Segundo o mesmo autor, este tipo de manutenção visa eliminar ou reduzir a probabilidade de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação das instalações em intervalos de tempo pré-planeados).

Segundo *Ozelim* (2017), manutenção preventiva parte do pressuposto que as máquinas e equipamentos apresentarão problemas no seu funcionamento dependendo da classificação que lhe é atribuída em particular. As avarias e a restauração dos sistemas das máquinas em sua grande maioria são planeadas a partir de estatísticas, e a mais utilizada para este fim é curva do tempo médio para falha, que é um valor atribuído a um determinado dispositivo ou aparelho a partir da análise e observação para descrever a sua fiabilidade.

No entanto este tipo de abordagem traz alguns problemas, pois sendo baseado em estatísticas, não se leva em consideração as variáveis específicas das máquinas que podem afetar diretamente a vida operacional do equipamento, dado que o TMF pode ser diferente dependendo de diversos fatores que podem vir a alterar estas estatísticas. Portanto ao adotar este método, dois problemas são passíveis de ocorrer durante o processo: paragens desnecessárias ou antecipadas e falhas inesperadas (*Ozelim*, 2017).

Segundo *Desconzi* (2019), a manutenção preventiva é muito importante, pois através das ações prévias consegue-se evitar a quebra e falha dos equipamentos. Este tipo de manutenção necessita de um plano de manutenção, chamado de Plano de Manutenção Preventiva (PMP).

### **2.1.1.3 Manutenção Preditiva**

*Reis* (2016) afirma que a manutenção preditiva visa aperfeiçoar as trocas das peças ou reformas dos componentes da produção. A preditiva, normalmente, é feita de forma mais sofisticada e com auxílio de ferramentas de melhor precisão.

As ferramentas típicas da manutenção preditiva incluem: o ensaio por ultrassom, que identifica defeitos e descontinuidades internas dos materiais; a análise de vibrações, que permite identificar esforços que resultam em fadiga, desgaste e na queda da resistência do material; análise de óleos e lubrificantes que impactam em desgastes; e por fim via termografia, para identificar desvios térmicos em componentes elétricos, propondo ações antes das falhas (*Reis*, 2016).

Para o autor *Custódio* (2016) a manutenção preditiva, também conhecida por manutenção condicionada ou manutenção com base no estado do equipamento, é realizada por base na modificação de parâmetros de condições ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

.Segundo *Ozelim* (2017) a manutenção preditiva tem como característica antecipar ações e possui um conjunto de programas especiais como medição de vibrações, termografia, análise de óleo entre outros programados para a monitorização das máquinas e equipamentos em serviço. Tem como finalidade antecipar falhas detetando mudanças físicas que apontem a necessidade de serviços de manutenção, com uma determinada antecedência, evitando dessa forma estragos maiores. Os principais objetivos da manutenção preditiva são:

- Reduzir os impactos dos procedimentos preventivos no resultado da operação;
- Eliminar desmontagens e remontagens para inspeção;
- Impedir propagação dos danos;
- Maximizar a vida útil total dos componentes de um equipamento.

Esta modalidade de manutenção objetiva e os respetivos mecanismos promovem a melhoria da produtividade, consequentemente aumentando a qualidade do produto final, o lucro das empresas, permitindo condições operativas com dados reais sobre as condições mecânicas de cada máquina determinando, de forma efetiva, o tempo médio real para detetar falhas e, o mais importante, a capacidade de se programar produzindo ações que permitem arranjos com menor impacto sobre produção (*Ozelim*, 2017).

Conforme *Desconzi* (2019), a manutenção preditiva assegura a operação constante da máquina visando prevenir as falhas previstas. Noutras palavras, pode-se afirmar que é a vigilância do equipamento, observando o desgaste do material, seja na temperatura, qualidade de óleo ou outro item que acuse a necessidade de uma interferência na operação, para que se faça a manutenção.

#### **2.1.1.4 Manutenção Detetiva**

O termo manutenção detetiva vem da palavra “detetar” e passou a ser utilizado na década de 90. Tem como objetivo desenvolver ações que permitam o aumento da

fiabilidade dos equipamentos, através de sistemas de proteção, detetando falhas ocultas e não perceptíveis aos profissionais envolvidos neste processo (*Ozelim, 2017*).

Para *Custódio (2016)*, a manutenção detetiva “é a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, de forma a detetar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção”. A função da manutenção detetiva é efetuar testes nos equipamentos em funções não utilizadas habitualmente para que, quando necessárias, não apresentem defeitos. A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a fiabilidade.

Em sistemas complexos, essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área da manutenção, com os devidos treinos e habilitações para tal, assegurado pelo pessoal da operação (*Custódio, 2016*).

Segundo *Custódio (2016)*, esta linha de ação descobre se os dispositivos e equipamentos estão em bom funcionamento incluindo instrumentos como:

- Testes de detetores de fumo e fogo;
- Inspeção de bombas de incêndio;
- Testes com válvulas de todos os tipos;
- Inspeção anual de automóveis;
- Teste de emergência on/off de sistemas de vasos de pressão;
- Testes de malhas de controlo de dispositivos de segurança;
- Testes de proteção de equipamentos elétricos;
- Testes de fornos e caldeira;
- Testes periódicos de válvulas (proteção contra incêndios) e sistemas de aspersão

Segundo o autor *Ozelim (2017)*, o método de aplicação da manutenção detetiva tem como objetivo aumentar a fiabilidade deste processo. Portanto, a manutenção detetiva torna-se importante dentro das indústrias que são totalmente automatizadas e não suportariam falhas decorrentes por falta de manutenção.

A manutenção detetiva também poder ser chamada de manutenção de ronda, de rotina ou de supervisão, que consistem em utilizar sistemas de proteção, comando e

controlo, na procura de falhas ocultas ou não perceptíveis aos operadores e aos indivíduos responsáveis pela manutenção (*Desconzi, 2019*).

### **2.1.2 Gestão de Manutenção**

Segundo *Reis* (2016), o planeamento e controlo da manutenção, surgem para garantir a fiabilidade e disponibilidade dos ativos a fim de aperfeiçoar os recursos da manutenção, e contribuem para um aumento das tecnologias e programas de qualidade, recursos humanos, produtos competitivos e um eficaz plano de manutenção dos ativos de produção, são fundamentais para o PCM, que possui o papel de controlar, organizar e melhorar estes recursos, deixando, para a manutenção, o papel de cuidar dos ativos e instrumentos.

Muitas empresas ainda acreditam que manutenção seja apenas manter os equipamentos em bom funcionamento dando suporte quando apresentam mau funcionamento, trocando peças ou reciclando as antigas, insistindo na velha prática de corrigir possíveis defeitos. As ações desenvolvidas com o intuito de manter o nível da produção de um produto dentro de uma fábrica, mais que simples manutenção, necessita administração que busque possibilidades de minimizar os impactos negativos que ocorrem quando não há um planeamento eficiente na área de manutenção (*Ozelim, 2017*).

Para gerir uma manutenção é necessário garantir os procedimentos que irão garantir os objetivos e metas que foram estabelecidas, bem como a perceção dos clientes. O sistema de gestão de manutenção deve seguir uma abordagem PDCA, orientando-se para a melhoria contínua (*Ferreira, 2018*).

### **2.1.3 Engenharia de Manutenção**

*Reis* (2016) defende que a engenharia da manutenção surge como alternativa, focada e especializada, na resolução de falhas, através da aplicação de conhecimentos técnicos e empíricos, para resolver os problemas encontrados nos processos e equipamentos. Além disso, esta engenharia está focada na melhoria contínua do desenvolvimento sustentável das máquinas, no aumento da produtividade, eliminação da insegurança no trabalho bem como evitar a poluição ao meio ambiente.

Segundo *Custódio* (2016), a engenharia de manutenção é uma nova concepção que constitui a quebra de paradigma na manutenção, e praticá-la, significa uma mudança cultural, através da consolidação de rotinas de trabalho e da implantação de melhorias.

A engenharia da manutenção é deixar de consertar continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas habituais, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver um crescimento sustentável, dar feedback ao projeto e interferir tecnicamente nas compras, perseguindo o benchmarking em manutenção (*Custódio*, 2016).

Ao praticar a Engenharia de Manutenção a empresa não está apenas a dedicar-se à conservação dos seus equipamentos e máquinas, mas também está a estruturar os seus dados e informações sobre manutenção que permitirá a realização de análises e pesquisas que tragam propostas fortes e apoiadas em fatos para garantir melhorias no futuro (*Ozelim*, 2017).

A Engenharia de Manutenção, segundo *Paladino* (2020), significa aplicar técnicas modernas, de forma a aumentar a fiabilidade, disponibilidade, segurança e manutenibilidade; eliminar problemas crônicos e solucionar problemas tecnológicos; melhorar gestão de pessoal, materiais e sobressalentes; participar em novos projetos e dar suporte à execução; fazer análise de falhas e estudos; elaborar planos de manutenção, fazer uma análise crítica e acompanhar indicadores.

## **2.2 Qualidade na Manutenção**

*Reis* (2016) indica a função qualidade como o conjunto das atividades que visa à adequação ao uso, não importando em que parte da organização essas atividades são executadas. O autor defende que a qualidade implica em atender as necessidades dos clientes de modo a não representar luxo, onde as expectativas dos clientes podem gerar um produto ou serviço com uma perspectiva de valor, que consiste na combinação de qualidade, entrega e custo.

Segundo (*Xenos*, 2014) quanto maior a qualidade sentida pelo cliente, tempo de entrega cumprido adequadamente e menores valores de custo, maior será o valor atribuído ao serviço, que é foco da manutenção, ou produto. Além da qualidade, entrega e custo, a qualidade total possui em suas dimensões o moral, que visa atingir os empregados com oportunidade de melhor remuneração e melhor ambiente de trabalho, e a segurança, que

visa a não ocorrência de acidentes aos clientes externos, internos e empregados de uma organização.

De acordo com *Silva* (2020), a gestão da qualidade tem como objetivos a padronização de processos e, por meio de um planejamento, controlo e aperfeiçoamento, a garantia da qualidade de produtos e serviços.

*Reis* (2016), explica que para atingir uma boa gestão da manutenção alguns princípios básicos necessitam de ser cumpridos que são: atender os imprevistos dos clientes; conhecer bem empresa e os seus objetivos; tomar decisões baseadas em prioridades; executar contramedidas visando, não mais, sua reincidência; sair do escritório e observar os problemas inerentes ao processo produtivo; atuar preventivamente e ter a noção de que a qualidade faz-se durante o processo; na ocorrência de uma falha, atuar imediatamente contra ela; respeitar os colegas de trabalho como seres humanos promovendo um ambiente agradável para todos.

Nesse sentido, o conceito de qualidade é amplo e pode variar dependendo do setor onde é empregado. Desta forma, podemos dizer que se entende por qualidade, de maneira objetiva, como a conformidade às exigências ou o pleno cumprimento dos requisitos.

Segundo *Hlioui, Gharbia e Hajjib* (2015), toda a empresa deve estar voltada para a tarefa de dar qualidade e padronização aos produtos, bem como realizar inspeções/manutenções constantes, sendo este item crucial para manter a padronização e qualidade dos produtos.

Para *Barros e Bonafini* (2015), o trabalho de Ishikawa, foi importante na difusão de ferramentas e técnicas de análise, solução de problemas e gestão da rotina, em especial as ferramentas da qualidade, mais frequentemente relacionadas ao controlo da qualidade.

### **2.2.1 Ciclo PDCA**

O ciclo PDCA é uma metodologia para solução de problemas baseada na melhoria contínua, possibilitando que as diretrizes traçadas pelo planejamento estratégico sejam viabilizadas na empresa, sendo de extrema importância o alinhamento de todos os colaboradores da organização com o método. Este ciclo é bastante essencial e tem como objetivo implementar uma melhoria contínua, pois, através do ciclo PDCA, pode-se começar outro ciclo, com uma tentativa mais complexa e, assim, sucessivamente. Com isso, o último ponto sobre o ciclo PDCA torna-se o mais importante, em que o ciclo assumirá um novo começo (*Rodrigues, Santos, Serra & Pinheiro, 2017*).

Ao medir o desempenho, são identificadas oportunidades de atuação. Com dados e informações são formulados planos de ação, visando a melhoria contínua de produtos, serviços e processos. Para isso, é importante identificar os problemas prioritários, observar e recolher dados, fazer uma análise para identificar as causas dos problemas, planejar e implementar as ações, e por fim, verificar os resultados. O método mais difundido nas práticas e programas de melhoria contínua é o ciclo PDCA (*Faria & Longhini, 2021*).

Para obter a melhoria contínua, o PDCA precisa de ser usado de forma interativa quanto às suas quatro etapas, que de acordo com os autores *Rodrigues, Santos, Serra & Pinheiro (2017)*, consistem em:

1. Plan: Definir uma experiência e uma hipótese sobre os resultados (saída esperada), estabelecendo metas para controle de itens e o caminho a ser seguido para alcançar os objetivos propostos. Esta etapa é considerada a mais importante, já que é nesta que todo o processo se inicia, devendo ser destacado que a eficácia futura do ciclo se baseia num planejamento cuidadoso, detalhado, bem preparado e capaz de fornecer dados e informações para todas as outras etapas seguintes.
2. Do: Implementar o plano, ou seja, realizar a experiência e coleccionar todos os dados necessários.
3. Check: Estudar os resultados, ou seja, analisar e discutir os dados e observações. Esta etapa é baseada nos resultados das ações anteriores do plano da etapa (P). Portanto, todas as ações devem ser monitorizadas e formalizadas adequadamente na etapa "Do", a fim de realizar a verificação de forma mais eficiente possível (*PRASHAR, 2017*).
4. Action: Refletir sobre o que foi aprendido, testando a hipótese e solicitando ações alinhadas com resultados de aprendizagem. Esta etapa é caracterizada pela padronização das ações executadas, visando uma melhoria contínua.

O PDCA permite o controle sobre os processos, gerindo-os continuamente através de uma diretriz de controlo determinada, do acompanhamento por meio de padrões e da continuidade dessa diretriz, preservando as necessidades do público alvo (*Vieira & Silva, 2018*).

## 2.3 Produtividade

Com o desenvolvimento tecnológico e ao aumento da competitividade, é necessário gerir continuamente os processos produtivos, de modo a garantir maior produtividade, eliminação de falhas e desperdícios. Para elevar a produtividade, é necessário produzir cada vez mais e melhor (*Faria & Longhini, 2021*)

A melhoria da produtividade está intimamente ligada à melhoria na qualidade de vida do trabalhador. A empresa tem que ter em consideração os seus funcionários e suas necessidades básicas, bem como a sua vida fora da rotina de trabalho. Caso o funcionário não consiga desempenhar bem os seus papéis na sociedade, nas suas atividades de lazer, desportivas de família, o mau desempenho individual (pessoal) tem impreterivelmente como consequência a improdutividade no local de Trabalho (*Marques, 2020*).

Os indicadores de desempenho auxiliam na monitorização da produtividade. Eles podem ser entendidos como dados ou informações numéricas na sua essência, que representam fenômenos e acontecimentos utilizados para medir um processo ou os, respetivos, resultados (*Silveira, 2018*).

A produtividade é a relação entre os recursos de entradas e saídas, ou seja, o volume de itens produzidos com a volume de inputs gerados num processo, sistema ou em máquinas (*Paladino, 2020*).

Segundo *Marques (2020)*, o desafio crescente de produtividade implica a modernização das tecnologias de processo e a forma de inserção das pessoas no sistema produtivo. Das mais atuais maneiras de aumentar a produtividade numa empresa está a metodologia de Lean e a metodologia Six Sigma (Seis Sigma). Estas metodologias têm motivado substanciais mudanças no sistema físico de produção, mas, para alcançar os resultados superiores, é necessário que as pessoas desenvolvam novas competências para trazer novos conhecimentos, habilidades e atitudes.

A metodologia Lean procura melhorar processos racionalizando o seu fluxo e removendo desperdícios e destaca ganhos em rapidez e eficiência, enquanto a metodologia Six Sigma promove a redução da variação em processos para se ter menos defeitos e, assim, focaliza ganhos em produtividade. Esta metodologia, no que se refere a produtividade, propõe o mínimo de gasto de capital e economia de energia e tempo. Basicamente, o pensamento Lean assume que existem desperdícios reais, de tempo, dinheiro e energia ou qualquer outra coisa importante, procurando diminuí-los ou eliminá-los. A produtividade entra nesse sentido, ao eliminar desperdícios, extinguem-se

os processos e procedimentos desnecessários, e assim modifica-se de forma positiva a vida dos colaboradores (*Marques, 2020*).

Desta forma, a metodologia Six Sigma, de acordo com *Marques (2020)* está relacionada com a estratégia de gestão, que atua de forma disciplinada e quantitativa, ou seja, estabelece uma disciplina de utilização objetiva do pensamento estatístico com o propósito central de busca de melhorias de processos e produtos, reduzindo as variações que geram defeitos, pelo entendimento das necessidades dos clientes, pela visão de processos, pelo uso correto de medições e pela sustentação por uma estrutura de gestão e pela condução de projetos.

A produtividade está na capacidade humana de gerar resultados através dos recursos que lhe são oferecidos ou criados. Uma empresa que queira obter resultados deve pensar em investir na mão-de-obra especializada, capacitar e motivar, gerando qualidade de vida e competitividade entre os membros constituintes da organização (*Marques, 2020*).

### **2.3.1 A Manutenção e a sua relação com a Produtividade Total**

A manutenção produtiva, segundo *Reis (2016)*, é aquela que estabelece como foco a melhor aplicação dos métodos de manutenção para que a produção não seja prejudicada, visando aumento da produtividade, melhorando na sua utilização, e reduzindo os custos, obtendo elevados resultados económicos.

A diretriz inerente à política *TPM* relaciona-se com a produtividade de uma organização (*Bacelar, 2018*).

Segundo *Filho, Herrera, de Souza e Souza (2017)*, o *TPM* pode aperfeiçoar o rendimento global das instalações por meio de uma organização fundamentada no respeito à criatividade humana e com a participação geral de todos os empregados da empresa.

Na manutenção produtiva total, a preocupação maior é com a relação entre a manutenção e a operação, buscando a melhoria da disponibilidade do equipamento, a sua fiabilidade, busca construir no próprio local de trabalho mecanismos para prevenir as diversas perdas. Para o autor *Reis (2016)* o *TPM* visa:

- ✓ A melhoria do pessoal através de treinos adequados a fim de que: operadores possam desempenhar múltiplas funções; a equipa da manutenção possa também executar múltiplas e complexas tarefas; e que os engenheiros possam

projetar equipamentos com vida útil maior e com maiores intervalos entre as manutenções preventivas;

- ✓ A melhoria contínua dos equipamentos, que deverão ser mais eficientes e que contribuam para uma operação com maior fiabilidade;
- ✓ Garantir a eficiência global das instalações com o trabalho dentro das especificações, isto é, na velocidade de projeto, taxa de produtividade planeada e com a qualidade esperada;
- ✓ Aumentar o ciclo de vida dos equipamentos através de um programa de manutenção via preventiva/preditiva/detetiva;
- ✓ Integração de todos os setores envolvidos no plano de elevação da eficiência, por exemplo, a inclusão da manutenção de equipamentos nas decisões de projeto/compras assegura que a padronização de peças e componentes necessários à manutenção será seguida;
- ✓ Criação de equipas de trabalho focadas em melhoria contínua da manutenção.

Um dos princípios básicos da TPM, é a eliminação total das perdas em toda a empresa. Além da melhoria dos resultados da empresa, obtidos por meio da eliminação das perdas e redução dos custos, existe também o objetivo de melhorar o ambiente de trabalho, transformando as instalações, normalmente infiltradas por impurezas, em ambientes agradáveis e seguros (*Filho, Herrera, de Souza e Souza, 2017*).

A manutenção produtiva total, realiza as mesmas atividades semelhantes à manutenção preditiva, mas com o foco voltado para a eliminação das perdas geradas no fluxo de produção, integrando os setores de manutenção e operação (*Paladino, 2020*).

O TPM procura melhorias na estrutura organizacional através da maximização da eficiência, mediante ao melhor aproveitamento das pessoas e dos equipamentos. É importante destacar que os trabalhadores recebem treinos e formações de forma a melhorarem as suas qualificações, e por outro lado, as máquinas recebem várias melhorias através de métodos *Lean* introduzidos pela equipa (*Pessoa, 2016*).

## **2.4 Lean Thinking**

De acordo com os autores *Ferreira & Da Silva* (2018), as organizações estão obrigadas a desenvolver processos inovadores e eficientes, de forma a conquistar a satisfação e fidelização do cliente. Como as empresas convivem num ambiente complexo, onde em qualquer momento ocorre uma mudança, estas, são obrigadas a oferecer produtos e serviços rapidamente e com as características adequadas aos clientes.

Uma forma de gestão largamente utilizada para aumentar a produtividade e a competitividade empresarial é o *Lean Thinking* (*Gupta; Sharma; Vijaya Sunder*, 2016; *De Freitas; Da Silva*, 2017).

Segundo *Silva* (2016), os princípios do *Lean Thinking* incidem sobre o aumento da eficiência no sistema produtivo através da eliminação dos desperdícios e a maximização dos fluxos nas organizações. Para isto, é necessário um esforço contínuo a partir da mudança da mentalidade, estrutura e comportamento, através do nível estratégico, estendido e difundido até o nível operacional. É um processo de transformação de desperdícios em valor, correspondendo aos cinco princípios fundamentais: (i) valor; (ii) fluxo de valor; (iii) fluxo contínuo; (iv) produção puxada; (v) perfeição.

O modelo de gestão Lean aplicado apenas em ambientes de manutenção ampliou-se por diversas áreas e ambientes produtivos, tendo como exemplo o administrativo. Como os setores administrativos integram toda e qualquer área de negócio, e nesse contexto a informação e o conhecimento são matérias-primas, a aplicação de técnicas do Lean Office vêm a contribuir para a redução dos desperdícios em termos de fluxos de informações e processos administrativos (*Da Cas*, 2015; *Da Silva*, 2016; *Chiminelli*, 2017)

### **2.4.1 Lean Manufacturing**

O Lean Manufacturing surge do desenvolvimento da manufatura clássica no Século XI, e até os dias atuais muitos processos e atividades de manutenção foram aperfeiçoados com a utilização de diversas metodologias e ferramentas. Incluem-se nesse contexto, destacadamente, a filosofia da melhoria contínua – Kaizen, 5S, as ferramentas just in time – JIT, produção Kanban, nivelamento – Heijunka, automação – Jidoka (*Reis*, 2016).

Segundo *Rolando* (2018), Lean Manufacturing, numa visão geral, é uma estratégia para alcançar a eficiência de recursos e do fluxo produtivo, priorizando a eficiência do fluxo. Os caminhos para alcançar estes dois objetivos são ditos como uma mistura de

aspectos técnicos e de gestão, assim como stock baixo e trabalhos de melhoria conduzidos pelo operador.

De acordo com *Reis* (2016), o Lean Manufacturing visa eliminar todas as atividades, que prejudicam o tempo, custo e que não agregam valor ao produto. O autor defende que todo o desperdício é um sintoma e não a causa da raiz do problema. Além disso, o lean manufacturing tem como objetivo eliminar desperdícios e manter empregos. A manutenção dos empregos garante a melhoria contínua, proporciona a troca de experiências entre os funcionários, que se desenvolvem à medida que interagem com o meio produtivo.

O Lean Manufacturing surge como uma forma de identificar e eliminar desperdícios inerentes ao processo produtivo. Busca-se, então, como o próprio autor destaca o corte do excesso “gordura” das atividades de produção. Nesse contexto, segundo *Reis* (2016) destacam-se sete desperdícios que são:

- **superprodução:** consiste em fabricar excessivamente ou num tempo muito inferior ao necessário, gerando grandes stocks. Como consequência, na produção de grandes lotes, os defeitos não são detetados de forma imediata;
- **espera:** inclui o tempo ocioso dos trabalhadores em executar uma tarefa, uma peça que demora a chegar ou entrar numa linha de produção/manutenção, que poderá aumentar o tempo de processamento da mesma devido a não coordenação das informações a fim de que elas possam chegar aos interessados no momento exato e com o devido detalhe;
- **transporte:** é dito quando a movimentação das pessoas e peças está exagerada, ou seja, quando as melhores rotas, as mais curtas, e de menor tempo não foram contempladas. Espera-se que, uma avaliação da planta de uma empresa seja feita como forma de planear um transporte mais eficiente, que não gere perda de combustível e tempos ociosos no transporte de pessoas e peças;
- **processamento:** ocorre naturalmente nas linhas de produção ou de manutenção, caso os procedimentos e escolha de peças para reparo e produção não forem adequados;
- **movimento:** implica no deslocamento maior, que não agrega valor à empresa, do que o necessário do trabalhador ou de máquinas. Por vezes, um ambiente

de trabalho desorganizado obriga ao trabalhador a perder tempo e energia para executar a sua função devido aos deslocamentos feitos dessa maneira errada (demorada);

- **produzir produtos defeituosos:** contribui para perda de valor na empresa. Com isso, o tempo de preparação do item defeituoso poderá implicar em prejuízos milionários numa empresa. Entende-se que, um serviço mal-executado poderá gerar falhas ao processo incorrendo paragens inesperadas na produção;
- **stock:** quando existe um armazenamento excessivo de matéria-prima e de produtos, que gera um aumento do custo de manutenção dos mesmos. Além disso, o espaço ocupado por esses produtos em excesso poderia ser utilizado para outros fins que pudessem gerar valor à empresa.

Há ainda um oitavo desperdício designado por subutilização do potencial do pessoal, relacionado diretamente com o poder de novas ideias, inovação e criatividade (Rolando, 2018).

## 2.5 Gestão de Risco

As atividades em todos os âmbitos carregam em si riscos de diversas naturezas que podem vir a gerar prejuízos ou oportunidades. Assim as decisões devem ser baseadas numa análise bem sintetizada nos objetivos a serem alcançados, avaliando todos os complementos envolvidos, de forma a que todos os riscos identificados transformem-se em melhores resultados (Esteves, 2015).

Segundo *Vieira & Barreto* (2019) a gestão de riscos consiste num conjunto de atividades coordenadas para identificar, analisar, avaliar, tratar e monitorar riscos. Para elevar a chance de alcançar objetivos, as organizações adotam desde abordagens informais até abordagens altamente estruturadas e sistematizadas de gestão de riscos, dependendo de seu porte e da complexidade das suas operações.

Na percepção de *Leite* (2019), a gestão de risco é uma abordagem científica para lidar com os riscos puros, de maneira a antecipar possíveis perdas acidentais e implementar procedimentos que minimizem a ocorrência da perda. Não tem por objetivo eliminar todos os riscos, mas tornar mais eficiente o uso dos recursos disponíveis, incorporando no processo de decisão, uma otimização do comportamento perante os riscos.

Assim, a gestão de riscos é a ciência, a arte e a função que visa a proteção dos recursos humanos, materiais e financeiros de uma empresa. Esta gestão, na indústria moderna, iniciou após a segunda guerra mundial, devido à rápida expansão das indústrias e crescimento dos riscos incorporados. Dessa forma, tornou-se imprescindível garantir a proteção da empresa em relação aos riscos de acidentes (*Rivas, 2016*).

Quando a gestão de riscos é corretamente implementada, de forma sistemática, estruturada e apropriada, gera benefícios que causam um impacto direto aos cidadãos e outras partes interessadas da organização, de forma a desenvolver o adequado suporte às decisões de alocação e uso apropriado dos recursos públicos, o aumento do grau de eficiência e eficácia no processo de criação, proteção e entrega de valor público, otimizando a conformidade e o desempenho, aumentando os resultados entregues à sociedade (*Vieira & Barreto, 2019*).

Segundo os autores *Tavares, Pacheco & Pires (2016)*, gestão do risco é um processo de planeamento, organização, direção e controlo de recursos para atingir os objetivos pretendidos, num contexto em que podem ocorrer acontecimentos não previstos (de sentido positivo ou negativo).

Além da avaliação das probabilidades de perdas, a necessidade de determinar quais são os riscos inevitáveis, assim como, os que poderiam ser diminuídos, passaram a ser calculados frente a relação custo e benefício das medidas de proteção a serem adotadas (*Rivas, 2016*).

Os riscos podem causar impactos positivos (oportunidades) e negativos, e, portanto, a identificação e classificação dos riscos só é possível se as empresas estiverem munidas com informações relevantes e reais, servindo de inputs à gestão de riscos (*Tavares, Pacheco & Pires, 2016*).

De acordo com *Santana, (2019)*, convém que a organização defina o modelo de gestão e os critérios a serem utilizados para avaliar os riscos envolvidos. Os modelos e critérios devem ser definidos no início de qualquer processo de gestão de riscos e devem ser analisados criticamente de forma contínua.

### **2.5.1 O risco**

A ISO 31010 tem como objetivo desenvolver de forma mais aprofundada o processo de apreciação do risco (identificação, análise e avaliação dos riscos). Nesta norma são expostas e explicadas diversas técnicas de apreciação do risco e, também a aplicabilidade

e a complexidade das mesmas. No entanto, quando são bem geridos, criam oportunidades de ganhos financeiros, de reconhecimento e de interação (V. F. Silva, 2012).

O risco é o efeito que a incerteza tem sobre os objetivos da organização. É definido como a possibilidade de ocorrência de fenômenos que afetam a realização ou a concretização dos objetivos, atuando sobre os resultados pretendidos de uma forma negativa. Não existe risco zero. O risco é inerente a qualquer atividade e impossível de eliminar. Há inúmeros riscos inerentes à gestão dos recursos públicos, às operações das agências públicas, à fiscalização dos resultados desses processos etc. É a gestão desse risco que é o elemento-chave para a gestão das agências públicas que visam efetivamente gerar valor para a sociedade (Vieira & Barreto, 2019).

De acordo com os autores *Tavares, Pacheco & Pires* (2016), falar em risco é geralmente falar num acontecimento que provoca efeitos negativos. Estes autores referem que o ambiente que rodeia uma empresa é caracterizado por um elevado nível de incerteza e, conseqüentemente, por um conjunto de fatores internos e externos que dificultam o comportamento empresarial, impondo às empresas desafios constantes. Os mesmos autores defendem que o risco se entende como a volatilidade dos resultados relativamente aos ativos e passivos. É possível, então, apresentar alguns tipos de riscos que podem surgir na esfera empresarial, nomeadamente:

- **Risco Estratégico:** Representa o impacto para a empresa decorrente de alterações a nível económico, social e político; alterações no ambiente económico e político que rodeia a empresa; pode ainda ser entendido como o resultado (perda de valor) de má gestão empresarial relativamente à concorrência, inovação e desenvolvimento ou ao modo como a empresa é administrada em relação a fatores que interferem no seu desempenho (*Tavares, Pacheco & Pires, 2016*)
- **Risco Operacional:** Respeita ao ambiente interno, processos e pessoas. O risco em si são as perdas relativamente a fraudes, arranjos, erros ou mau desempenho de funções; possibilidade de perdas financeiras ou não financeiras como resultado de falhas ou deficiências nos processos internos, nas pessoas e nos sistemas (*Tavares, Pacheco & Pires, 2016*); O risco operacional é definido como o risco da perda na produtividade ou que pode aumentar os custos da operação, resultado dos processos internos inadequados ou falhas, dos operadores, e dos sistemas, ou dos eventos externos (*Rivas, 2016*).

- **Risco Financeiro:** Representa o resultado de alterações em variáveis financeiras; reflete a exposição da empresa a operações financeiras, sendo o resultado de uma gestão ineficaz no que diz respeito a fluxos de Caixa (*Tavares, Pacheco & Pires, 2016*).
- **Risco Legal:** Resultante de alterações a requisitos legais e regulamentares que a organização não tem em conta ou não cumpre; representa o incumprimento legal ou regulamentar, relativamente a alterações na legislação e nos regulamentos aplicáveis à empresa (*Tavares, Pacheco & Pires, 2016*).
- **Risco de Imagem:** resulta das informações que são prestadas voluntariamente ou involuntariamente, por exemplo uma ação judicial contra a empresa, assim como uma conduta inadequada dos seus colaboradores (*Tavares, Pacheco & Pires, 2016*).

A análise de risco tem como objetivo determinar as consequências e as suas probabilidades de ocorrência, mesmo que elas existam ou não, e a eficácia de qualquer controlo existente. As consequências e as suas probabilidades de ocorrência atuam juntas para determinar um nível de risco (*Rosa & Toledo, 2015*).

Segundo *Rivas (2016)*, a análise de risco consiste em perceber as causas e as fontes de risco, assim como, as suas consequências e a probabilidade de as mesmas ocorrerem. Todos os fatores que afetam as consequências e a respetiva probabilidade, devem ser identificados. Um acontecimento pode ter várias consequências e pode prejudicar diversos objetivos.

Entende-se como gestão de riscos, todas as atividades coordenadas para gerir e controlar uma organização no que se refere ao risco. Isso significa reconhecer que a gestão de riscos é um processo contínuo que flui pela organização, em todos os níveis, aplicado à definição das estratégias conforme a exposição ao risco estabelecido, capaz de proporcionar garantia razoável às partes interessadas de que as atividades estão orientadas para a realização dos objetivos, gestão e preservação de valor (*Vieira & Barreto, 2019*).

A análise de riscos se baseia no uso da informação disponível para estimar o risco relativo a indivíduos ou populações, a propriedades ou ambientes, decorrentes de condições de perigo. Ela envolve a desagregação ou decomposição do sistema da barragem e fontes de riscos nas suas partes fundamentais (*Leite, 2019*).

Segundo estes, *Vieira & Barreto* (2019), a gestão de riscos é parte integrante e inerente das responsabilidades gerenciais e inclui atividades como:

- 1) estabelecer o ambiente apropriado, incluindo a estrutura para gerir os riscos;
- 2) definir, articular e comunicar os objetivos e o nível de risco;
- 3) identificar potenciais ameaças ou oportunidades ao cumprimento dos objetivos;
- 4) avaliar os riscos (determinar o impacto e a probabilidade da ameaça se materializar);
- 5) selecionar e implantar respostas aos riscos, por meio de controlos e outras ações;
- 6) comunicar as informações sobre os riscos de forma consistente em todos os níveis;
- 7) monitorizar e coordenar os processos e os resultados da gestão de riscos;
- 8) fornecer avaliação quanto à eficácia com que os riscos são geridos.

## **2.6 Decisão multicritério**

Os autores *Neves, Galhardi & Lucato* (2021), defendem que as abordagens multicritérios são formas de modelar os processos de escolha que envolve: uma decisão a ser tomada; as ocorrências desconhecidas que podem interferir nos resultados; as possíveis trajetórias de ação; e os respetivos resultados. Estes modelos demonstram, de maneira aceitável, o juízo de valores dos envolvidos.

Segundo *Rolando* (2018), muitas pessoas e organizações são confrontados diariamente com problemas grandes e pequenos, desde a escolha do melhor candidato para uma posição de trabalho à escolha da melhor forma de realizar a reforma agrária. Esses problemas também são rotineiramente tratados na esfera política e militar: lugares onde o número de opções (ou alternativas) é comparativamente pequeno, mas onde as escolhas são incrivelmente complexas.

Assim, os métodos multicritérios atuam como uma base para fundamentar os episódios nos quais existem conflitos entre os responsáveis pela tomada de decisão, e também para ajudar a perceber o problema existente, que ainda não foi detetada pelos participantes. Com a aplicação dos métodos multicritérios, o tomador de decisão pode ser capaz de presumir as possíveis implicações de cada curso de ação, de modo a obter uma

melhor compreensão das vinculações entre suas ações e seus objetivos *Neves, Galhardi & Lucato (2021)*.

Segundo *(Ohta, 2020)*, a tomada de decisão por múltiplos critérios ou *Multi-Criteria Decision Making (MCDM)*, é uma subdisciplina da pesquisa operacional que considera explicitamente vários critérios nos ambientes de tomada de decisão. O MCDM está preocupado com a teoria e a metodologia para tratar os problemas complexos encontrados nos negócios, na engenharia e em outras áreas da atividade humana. Os métodos de tomada de decisão lidam com três tipos principais de problemas: escolha, classificação e seleção *(Corrente, 2016)*.

Um problema complexo, segundo o mesmo autor, é caracterizado por critérios ou objetivos imensuráveis e conflitantes, como custo, desempenho, fiabilidade, segurança, produtividade e acessibilidade. Existem diferentes classificações de problemas e métodos do MCDM, sendo que usualmente são classificados como problemas de avaliação multicritério e problemas de projeto multicritério *(Ohta, 2020)*.

Segundo *Santana (2019)*, a análise de decisão por multicritérios, presente, é fortemente aplicável quanto à análise de riscos do processo de avaliação de riscos. Esta análise é utilizada para o apoio a decisão, quando envolve variáveis multidimensionais, sendo composta por diversos métodos, dentre esse destaca-se o Analytic Hierarchy Process - Processo Hierárquico Analítico (AHP), Failure Mode and Effect Analysis - Análise de Modo e Efeito da Falha (FMEA) e o método Fault-Tree Analysis - Árvore de Falhas (FTA), aplicados para a priorização e seleção de projetos e fatores de riscos.

### **2.6.1 Método AHP: Analytic Hierarchy Process**

O método AHP foi elaborado por Saaty na década de 70. O método serve como um recurso de suporte à decisão multicritério, que ajuda a selecionar ou a ordenar as diferentes alternativas de forma objetiva, num processo que considera diferentes critérios de avaliação *(Neves, 2020)*.

O AHP foi nomeado por causa do uso de hierarquias para apresentar decisões multicritérios. Este método permite aos tomadores de decisões estruturar um problema complexo sob a forma de uma hierarquia simples e avaliar grandes números de fatores quantitativos e qualitativos de forma sistemática em um ambiente com múltiplos critérios em conflito *(Ohta, 2020)*.

O AHP permite que o analista de decisão compare e transforme os julgamentos qualitativos em valores quantitativos, utilizando estes valores quantitativos em análises futuras na investigação, quando é criado um ranking de critérios para a seleção (Rolando, 2018).

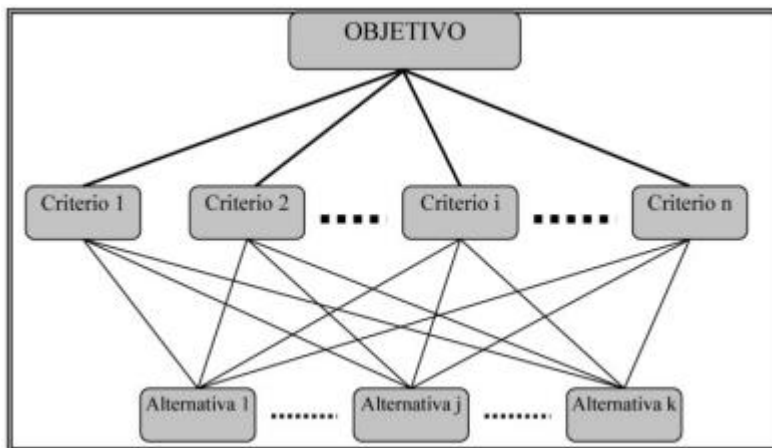


Figura 1 - Processo de análise AHP

Fonte: Adaptado de (Rivas, 2016)

De acordo com Rolando (2018) e de um ponto de vista processual, esta abordagem consiste em quatro etapas:

- a) Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento solicitado.
- b) Estruturar a hierarquia de decisões a partir do topo com o objetivo da decisão, então os objetivos de uma perspectiva ampla, por meio de níveis intermediários (critérios os quais os elementos subsequentes dependem) ao nível inferior (o qual geralmente é um grupo de alternativas).
- c) Construir um conjunto de matrizes para comparação de pares. Cada elemento no nível superior é usado para comparar os elementos no nível imediatamente abaixo em relação ao mesmo.
- d) Usar as prioridades obtidas nas comparações para pesar as prioridades no nível imediatamente abaixo. Fazer isso para cada elemento, e então, para cada elemento no nível inferior, adicionar os seus valores ponderados e obter sua prioridade global (ou geral). Continuar este processo de pesagem e adição até que são obtidas as prioridades finais das alternativas no nível mais baixo.

O AHP é um tipo de método de soma ponderada. Após obtidos os pesos, cada desempenho em um dado nível é então multiplicado com seu peso e então os

desempenhos ponderados são somados para obter a pontuação em um nível mais elevado. O procedimento é repetido para cima para cada hierarquia, até que o topo da hierarquia seja alcançado. Os pesos globais com respeito à meta para cada alternativa de decisão são então obtidos. A alternativa com a maior pontuação é a melhor (Rolando, 2018). O método AHP é utilizado por vários autores, para fundamentar as suas pesquisas, para a resolução de problemas de tomada de (Neves, 2020).

## 2.6.2 Método FMEA: Failure Mode and Effects Analysis

No ambiente industrial, as empresas procuram criar vantagens competitivas em relação aos concorrentes. Assim, o processo produtivo deve ser enriquecido, de forma a identificar os diferentes modos de falha do processo e estabelecer as medidas corretivas para evitar que essas falhas sucedam. Tendo isso em vista, o objetivo da metodologia FMEA é identificar os modos potenciais de falha de um processo numa empresa (Chaves, 2020).

A FMEA é uma técnica de engenharia que tem como principal proposta fornecer informações para a tomada de decisões em gestão de risco sendo amplamente usada nas indústrias. Ele atua identificando componentes críticos cujas falhas podem causar prejuízos físicos e financeiros, tornando assim os sistemas produtivos mais seguros e confiáveis (Menezes, 2020).

Na literatura pesquisada observou-se que muitos autores destacam os aspectos positivos relacionados à prática do uso da FMEA, como por exemplo, que é uma técnica amplamente utilizada como auxílio para gestores e engenheiros, ainda na fase de projeto, identificando os possíveis modos de falha e propondo ações para sua eliminação ou minimização, podendo ser aplicado até o final da vida útil do processo ou produto (Roy, Sarkar & Mahanty, 2016).

A metodologia FMEA ganha destaque, auxiliando na busca por excelência em projetos e em processos. O método fornece informação para a identificação dos pontos fracos, contribuindo na busca da melhoria contínua (Chaves, 2020).

Outra característica destacada é o fato da FMEA ser visto como uma ferramenta proativa de avaliação de riscos que mitiga potenciais falhas em produtos, processos ou sistemas antes que estas ocorram (Dagsuyu, 2016; Rezaee, Salimi & Yousefi, 2017).

Segundo Gupta & Mishra (2017), a técnica da FMEA foi citada como uma das primeiras técnicas estruturadas, sistemáticas e proativas utilizadas para análise de falhas,

e uma das ferramentas mais eficientes na prevenção de problemas e identificação de soluções mais eficazes.

A FMEA é uma técnica de fiabilidade e segurança que tem como objetivos: (i) identificar e avaliar as falhas potenciais que possam surgir num produto ou processo, (ii) averiguar ações que possam reduzir ou até mesmo eliminar a probabilidade de ocorrência dessas falhas, e (iii) comprovar o estudo, com o apoio de um modelo técnico que possa auxiliar as revisões e os desenvolvimentos futuros do projeto ou processo (*de Figueiredo, 2019*).

Segundo *Galvão & Amarante (2018)*, a FMEA tem como objetivo minimizar e até mesmo eliminar possíveis falhas durante o processo e produto, conseqüentemente, em alguns casos essa ferramenta pode diminuir o custo para a empresa e aumentar a qualidade do produto final. É uma técnica/processo sistemático que permite identificar e prevenir problemas (falhas e defeitos).

### **Elaboração do FMEA**

Para facilitar o entendimento de como se processa uma FMEA, *Menezes (2020)*, descreve uma sequência bem simplificada de ações:

- a) Listar os subsistemas e partes do sistema em análise;
- b) Listar e descrever os modos de falha para cada parte;
- c) Estimar a chance de ocorrência para cada modo de falha, a chance de não detetar as falhas e seu grau de severidade;
- d) Calcular o número de criticidade que mede o nível de risco para cada falha ( $RPN = S \times O \times D$ );
- e) Classificar as falhas em relação aos valores obtidos no cálculo do RPN;
- f) Tomar medidas sobre os problemas de maior risco;
- g) Verificar a eficácia da ação revendo a análise de risco.

Um aspeto importante a ser abordado na análise do FMEA é a causa geradora do modo de falha. Embora muitos modos de falha sejam ao produto final em análise, o estudo dessas causas permite aprofundar a relação entre o produto final e a função de gerar procedimentos mais consistentes para aproveitar bem os efeitos, nas suas primeiras

manifestações, no sentido de tomar as providências exigidas antecipando-se à perda da função devido à ocorrência do modo de falha (*Galvão & Amarante, 2018*).

Segundo *Menezes (2020)* e *de Figueiredo (2019)*, existem várias versões do formulário FMEA. Deve-se escolher o formulário que melhor se adapta à organização. No entanto, todos os formulários deverão conter as seguintes etapas:

- I. **Cabeçalho/ Descrição:** Identificar e compreender as etapas do processo e suas funções, requisitos e especificações que estão dentro do escopo da análise;
- II. **Modo de falha potencial:** Descrever como cada item poderia falhar em atender aos requisitos do processo;
- III. **Efeitos Potenciais da Falha:** Descrever o impacto da falha em termos do que o cliente pode notar ou experimentar;
- IV. **Severidade:** Avaliar o valor associado ao efeito mais sério para um determinado modo de falha;
- V. **Causa da falha potencial:** Para cada modo de falha, identificar causas potenciais que fazem com que o item não atinja a função pretendida;
- VI. **Ocorrência:** Avaliar com que frequência uma causa específica é suscetível de acontecer no modo de falha em análise;
- VII. Priorizar os métodos que são usados para prevenir cada causa da falha;
- VIII. **Controles atuais:** Priorizar os métodos que são usados para detectar a causa ou o modo de falha;
- IX. **Deteção:** Classificar a capacidade de detectar uma causa ou um modo de falha resultante;
- X. **Riscos:** Calcular o número de prioridade de risco (RPN) multiplicando as classificações de Severidade, Ocorrência e Deteção;
- XI. **Ações Recomendadas:** Recomendar esforços adicionais para reduzir o risco, escolhendo a melhor forma de privilegiar esses esforços. Priorizando na seguinte ordem: reduzir a Severidade, reduzir a Frequência de Ocorrência e melhorar a Deteção;

XII. Verificar o desempenho real após a implementação das ações recomendadas.

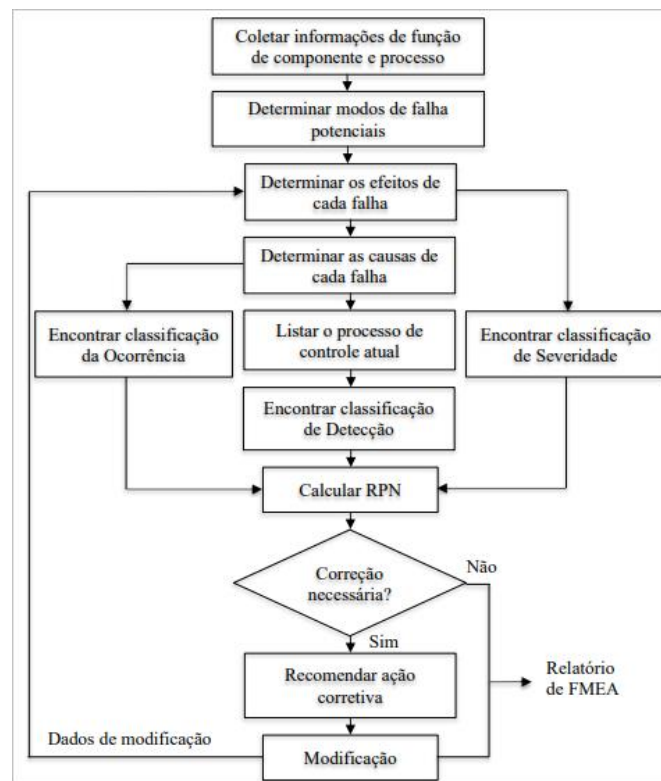


Figura 2 - Procedimento para a elaboração do FMEA

Fonte: *Menezes* (2020)

### 2.6.3 Método FTA: Fault Tree Analysis

A Análise de Árvore de Falhas é uma ferramenta da fiabilidade e recebe este nome devido à aparência de sua representação gráfica semelhante a uma árvore (*Gonçalves*, 2018).

Segundo *Vieira & Silva* (2018), para garantir a execução adequada dos equipamentos e dos seus componentes, a técnica de árvores de falhas é amplamente aplicada em fiabilidade com o intuito de auxiliar nas tomadas de decisão e controle por parte dos gestores da manutenção. O FTA é uma ferramenta gráfica de análise da fiabilidade, onde a combinação das falhas é descrita por uma ocorrência em série ou paralelo de eventos, e irá resultar na ocorrência do evento indesejado pré-definido. Os eventos e faltas podem ser do tipo falha do equipamento, erro humano, erro de software, ou qualquer outro evento pertinente que pode conduzir ao evento indesejado (*de Figueiredo*, 2019).

Para *Santana (2019)*, a FTA é frequentemente usada, como um método de avaliação qualitativa, para auxiliar a compreensão de como um sistema pode falhar, e que medidas podem ser usadas, para superar as causas da falha.

Segundo os diferentes autores, existem diferentes formas para elaborar uma FTA. A seguinte figura 3, indica os símbolos normalmente utilizados para construir uma FTA e qual o significado de cada um deles.



Figura 3 - Simbologia para a elaboração da FTA

Fonte: *Gonçalves (2018)*

No entanto, segundo *de Figueiredo (2019)*, a base da estrutura de uma FTA apresenta a definição de um evento inicial (falha funcional de um item específico). O evento inicial é interligado às falhas básicas, isto é, conjunto de falhas que originam a ocorrência do evento inicial de topo (falha de um sistema), e poderá ser apresentado da seguinte forma:

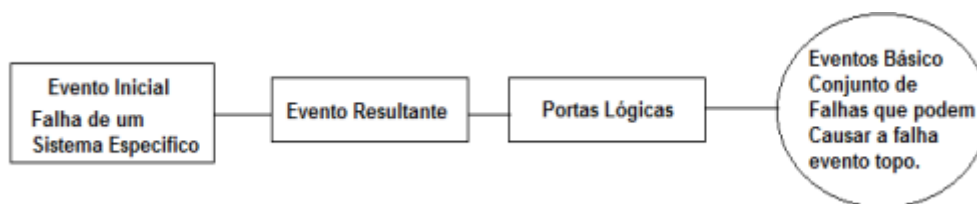


Figura 4 - Base da construção de FTA

Fonte: *de Figueiredo (2019)*

O processo de construção e desenvolvimento de uma análise de árvore de falhas é geralmente uma atividade complexa e que consome bastante tempo e dinheiro (*Gonçalves, 2018*). Segundo o mesmo autor, para a construção de uma FTA, são necessárias seis etapas:

- ✓ **Definição do evento indesejado (evento topo):** Uma árvore de falhas é sempre orientada para um evento topo singular, ou seja, deve ser construída para apenas um evento indesejado;
- ✓ **Entendimento do Sistema:** O objetivo desta etapa é determinar ou deduzir todas as combinações possíveis de como o sistema poderia falhar e causar o evento indesejado;
- ✓ **Construção da estrutura da árvore de falhas:** A árvore de falhas é construída relacionando corretamente todas as sequências possíveis de eventos que, quando ocorrem, resultam no evento indesejado;
- ✓ **Colecionar dados quantitativos:** Deve ser determinada a probabilidade numérica de ocorrência dos eventos. Apresentam-se dois métodos para esta etapa: o primeiro método consiste da realização de testes com os pequenos componentes constituintes do sistema/ equipamento e posterior análise estatística a respeito dos sucessos e fracassos resultantes, e somente é viável para falhas de componentes pequenos, erros humanos ou limitações humanas;
- ✓ **Avaliação da probabilidade de ocorrência do evento escolhido no primeiro passo:** É necessário determinar quais combinações de falhas são mais suscetíveis de causar o evento topo, ou seja, que caminhos de falha são dominantes; é necessário também determinar a probabilidade de ocorrência do evento topo através de todos os caminhos;
- ✓ **Análise da saída com auxílio de um computador, que é uma etapa constante em todo o processo:** As FTA tendem a ser muito grandes, logo desenvolvê-las, construí-las e avaliá-las sem o apoio de softwares seria praticamente impossível.

Para *Vieira & Silva* (2018), há duas importantes preocupações na análise da técnica da árvore de falhas. A primeira é referente a dificuldade em se medir a probabilidade de ocorrência de falhas no sistema e a segunda consiste na complexidade em obter e quantificar os cortes mínimos, que são as sequências de eventos que, quando ocorridas, levam à falha do sistema, sem a necessidade de acontecimentos de qualquer evento adicional.

A principal vantagem da ferramenta FTA é o fato de que ela exige que o analista tenha uma compreensão rigorosa do processo e da forma como ele é controlado, de maneira que os modos de falha de todos os componentes deverão ser claramente identificados e os seus efeitos sobre o sistema claramente definidos (Gonçalves, 2018).

Também é considerado que a principal vantagem da aplicação da ferramenta é o conhecimento adquirido sobre o funcionamento de um sistema. Isto é parcialmente perdido em uma abordagem totalmente computadorizada e automática, o que reforça a justificativa para a adoção de um procedimento misto, utilizando automação computacional e análise e crítica humana (Gonçalves, 2018).

## **2.7 Ferramenta de identificação das causas raiz de um problema: Método dos 5 Porquês**

O método dos 5 porquês é uma ferramenta simples de resolução de problemas que foi desenvolvida por Taiichi Ono, pai do Sistema de Produção Toyota e consiste em formular a pergunta “Por quê” cinco vezes para compreender o que aconteceu (descoberta da causa-raiz) (Costa & Mendes, 2018).

A aplicação da ferramenta da qualidade 5 porquês é especialmente indicada para problemas de poucas variáveis. É mais usada para análises mais simples, e mais específicas (Teles, 2021).

Costa & Mendes (2018) descreve de forma simplificada os 5 passos que devem ser dados para aplicar o método:

1. Inicie a análise com a afirmação da situação que se deseja entender – ou seja, deve-se iniciar com o problema;
2. Pergunte porque a afirmação anterior é verdadeira;
3. Para a razão descrita que explica que a afirmação anterior é verdadeira, pergunte porquê novamente;
4. Continue a perguntar porquê até que não se possa mais perguntar mais porquês;
5. A causa raiz foi identificada quando as respostas dos porquês terminaram.

## **2.8 O Ferramenta para priorizar as causas raiz de um problema: Diagrama de Pareto**

Segundo Silva et al. (2019), a ferramenta Diagrama de Pareto tem como objetivo identificar e classificar os problemas de maior importância, para que sejam corrigidos com maior urgência. Ao resolver o primeiro problema, o segundo torna-se mais importante, permitindo que se dediquem maiores esforços na resolução dos problemas mais importantes, possibilitando que a organização faça um uso adequado dos seus recursos à procura pela melhoria da qualidade dos seus processos e produtos. Logo, é perceptível a importância do Diagrama de Pareto na melhoria da qualidade de um sistema, desde os mais simples, até sistemas industriais de alta complexidade.

O Diagrama de Pareto consiste em identificar os aspectos que devem ser melhorados, corrigir os procedimentos que não estão a decorrer conforme planeados e definir um plano de ações que devem ser implementadas de acordo com a sua prioridade. É utilizado para verificar e classificar os processos das empresas de acordo com a sua importância, de forma a identificar os erros, os custos, os riscos e os problemas. O objetivo é criar um gráfico decrescente, que ajudará os processos que causam maior impacto para a empresa, (Santos & Pozzetti, 2019).

(Ponciano et al., 2021) defende que a análise de dados robustos, coesos e coerentes proporciona uma tomada de decisão mais clara e objetiva para as organizações, e para tal é utilizado Diagrama de Pareto, que é uma ferramenta representada a partir de um gráfico de barras (80% -20%) utilizado para priorizar as causas ou problemas mais relevantes de um processo. Este diagrama tem como objetivo mostrar que 20% dos problemas enfrentados pela organização são problemas que mais influenciam no processo, os restantes 80% influenciam sobre o custo, e, da mesma forma, 80% dos problemas da organização possuem 20% da responsabilidade sobre o custo. Assim, a deteção da relevância de cada problema, possibilita a definição de estratégias para solucionar tais dificuldades (Ponciano et al., 2021).

## 2.9 O *Bowtie*

O modelo original do *Bowtie* foi desenvolvido para aplicação em indústrias de alta tecnologia, para avaliação probabilística de riscos de acidentes industriais graves. Contudo, tal como acontece com muitas outras técnicas de avaliação, a sua utilização está a alastrar rapidamente ao domínio da segurança no trabalho. Existem dois tipos principais de *Bowties*: *bowties* quantitativos e *bowties* qualitativos. A maioria dos *bowties* quantitativos usa uma árvore de falhas juntamente com uma árvore de eventos e barreiras para calcular o risco. O *bowtie* do Modelo de Risco Operacional também pode ser considerado um *bowtie* quantitativo, embora a sua estrutura seja diferente de uma árvore de falhas e eventos. Os *bowties* qualitativos usam cenários de causa-efeito mais simples com barreiras, de forma a impedir que determinados desvios aconteçam, para comunicar o risco ao público. Propõe-se permitir que estas variações do método existam e sejam utilizadas quando aplicável.



## 3 Estudo de Caso

### 3.1 Uma PME em Portugal

A sigla PME (Pequena e Média Empresa) significa pequenas e médias empresas. O estatuto de PME confere a uma empresa a possibilidade de ser elegível para variados tipos de apoios por parte da comissão europeia. Devido a este facto, é a Comissão Europeia quem tem a atribuição de definir os critérios necessários para que uma empresa seja considerada PME (Azevedo, 2020).

De acordo com este organismo, são 3 os critérios que definem uma micro, pequena, média ou grande empresa. Os critérios definidos são o número total de colaboradores, o volume de negócios anual ou o balanço total anual. Entende-se por PME uma empresa composta por 250 colaboradores, com um volume de negócios inferior a 50 milhões de euros ou um balanço anual que não exceda os 43 milhões de euros. Para além destes critérios, se uma determinada empresa tiver acesso a outros recursos significativos poderá não ser elegível para o estatuto de PME (Azevedo, 2020).

De acordo com a distribuição populacional, a economia está dividida em três setores: (i) o setor primário, mais enraizado no interior de Portugal, incluem-se a agricultura, a pecuária, a silvicultura, a extração mineira e a pesca - esta, naturalmente, no litoral; (ii) no setor secundário cabem a indústria e, por exemplo, a construção civil; (iii) no setor terciário entram os chamados serviços: a saúde, a educação, a banca, o turismo e os transportes, entre outros. O crescimento do setor dos serviços em Portugal acelerou nos primeiros meses do ano, sugerindo um contributo positivo para a evolução do PIB nacional no primeiro trimestre.

Segundo os dados do Por Data, conclui-se que cerca de 3 500 milhares de indivíduos trabalham no setor dos serviços. A figura 5 indica a análise da comparação destes valores com os setores primário e secundários durante os últimos 7 anos.



Figura 5 - Indivíduos Empregados no setor Terciário  
 Fonte - («População empregada», 2022)

Através do gráfico apresentado anteriormente verifica-se que o setor dos serviços (terciário) é o setor que tem um maior número de indivíduos empregados, o que significa que se este setor sofrer elevadas consequências em termos de gastos ou outras situações que prejudicam a sua funcionalidade, a taxa de desemprego irá aumentar bastante. O setor que possui menos empregabilidade é o primário (agricultura, a pecuária, a silvicultura, a extração mineira e a pesca).

No entanto, a pandemia está a devastar o setor terciário em Portugal, devido ao estado de calamidade. No terceiro trimestre do ano de 2020, 54% dos prestadores de serviços registados na plataforma não obtiveram qualquer rendimento, revela um inquérito da Fixando a 18.600 profissionais portugueses, realizado entre 14 e 18 de outubro de 2020.

Segundo o mesmo inquérito, 22% dos profissionais assumiu ter recorrido às ajudas estatais criadas para o efeito - lay-off (39%), moratórias e créditos (57%), subsídio de desemprego (22%) e outros (17%).

"Neste cenário, o inquérito indica que 68% dos prestadores de serviços considera que o atual estado de calamidade será devastador para os seus negócios, sendo que 43% afirma não ter capacidade de sobreviver mais do que três meses. No terceiro trimestre deste ano, de acordo com as conclusões do mesmo inquérito, "o lucro médio mensal dos prestadores de serviços quebrou para os 746 euros, quando a média em 2019 ascendia aos 1.026 mensais.

Quanto a expectativas, os inquiridos avançam que "o objetivo para o quarto trimestre é atingir lucros mensais de 800 euros e recuperar para os 1.117 em 2021". Entre outras sugestões dos inquiridos, um profissional da atividade de bem-estar defendeu a criação de "mais apoios à manutenção dos postos de trabalho, flexibilização para pagamento de impostos e apoios da banca mais alargados, com medidas de apoio a investimento para microempresas".

( Confina Média, 20 de outubro de 2020)

Ainda que se tenha registado um pequeno crescimento nos meses posteriores ao primeiro confinamento, e que seja expectável que esse crescimento se verifique nos próximos tempos, aquando do alívio das medidas deste segundo confinamento, o setor dos serviços continuará em crise por não ter tido espaço para recuperar rapidamente o impacto negativo da pandemia que se fez sentir num primeiro momento.

"Estimamos que o primeiro confinamento tenha provocado quebras mensais na ordem dos 880 milhões de euros aos profissionais deste setor, o que, tendo em conta a conjuntura de todo o ano de 2020, se possa ter traduzido numa perda anual superior a 66 mil milhões de euros para o setor dos serviços".

Com base no estudo efetuado, o setor dos serviços registou um decréscimo nos meses de março e abril de 2020 superior a 89% em comparação aos dois meses anteriores, verificando-se uma forte melhoria em julho, atingido uma taxa de crescimento semelhante aos valores de janeiro do mesmo ano, a partir do mês de maio após o desconfinamento.  
(Confina Média, 05 de fevereiro de 2021)

De acordo com o (*Boletim Económico - dezembro, 2021*),

A dinâmica de mercado revela uma forte diferenciação setorial. A taxa de entrada das empresas da indústria transformadora e dos transportes e comunicações é inferior à das empresas dos restantes serviços e da construção. Além disso, as empresas daqueles dois setores entram no mercado com uma dimensão relativa em termos de número de trabalhadores que está abaixo da registada nos outros setores. Estas regularidades relacionam-se com a natureza da atividade industrial e dos serviços de transportes e comunicações, que envolvem simultaneamente maiores custos de entrada do que em outros setores e ganhos de escala mais pronunciados ao longo da vida das empresas. Os setores dos serviços, designadamente o do alojamento e restauração, e a construção caracterizam-se por dimensões relativas de entrada mais elevadas.

O crescimento médio do PIB em Portugal entre período de 2022 a 2024 estimado é de 3,6%, o que compara com uma projeção do Euro sistema de 2,9% para a área do euro. Entre os anos de 2019 e 2021, verificou-se um decréscimo brusco do PIB em Portugal devido à pandemia na economia nacional, onde o setor mais afetado foi o dos serviços. Em termos acumulados desde 2019, o crescimento em Portugal no final do horizonte deverá ser semelhante ao da área do euro.

Após o aumento ligeiro em 2020, a taxa de desemprego reduz-se no período de projeção, atingindo 5,6% em 2024. A redução da taxa de desemprego beneficia da recuperação esperada para a atividade económica no setor dos serviços.

O aumento do desemprego na pandemia foi superior entre os jovens e ainda não reverteu. De acordo com o IE, entre o terceiro trimestre de 2019 e o terceiro trimestre de 2021, o desemprego jovem aumentou 9,5%. Os centros de emprego do IEFP registaram um aumento da taxa de desemprego jovem, sobretudo para os indivíduos com ensino secundário que procuram um novo emprego, derivados do setor dos serviços.

No setor dos serviços diversos e consultoria, que inclui atividades muito diferenciadas, observou-se uma redução de 0,8% da produtividade média agregada, o que corresponde ao segundo pior desempenho setorial. Apesar do contributo importante da produtividade média das empresas, estimado em 6,3 pontos percentuais, observa-se uma evolução mais adversa na componente associada ao efeito de estrutura e um contributo de -0,2 pontos percentuais da entrada e saída de empresas.

(Banco de Portugal, 31 de dezembro de 2021)



Figura 6 - Tela do Modelo de Negócios  
 Fonte: (Piazza, 2020)

## 3.2 Setor de atividade da empresa

O presente caso de estudo é sobre as entidades inseridas no setor terciário, o setor dos serviços, prestado na área da saúde e alojamento, ou seja, entidades com diferentes lares direcionados a idosos em situações de dependência, que necessitam de um acompanhamento diário e mais cuidado.

Este TFM (Trabalho Final de Mestrado) direciona-se, mais concretamente, a uma PME e aos possíveis gastos que ela enfrenta devido ao mau planeamento de manutenção dos equipamentos da sua organização, que posteriormente afetam o seu resultado financeiro e rentabilidade.

## 3.3 Problema identificado e a importância da sua resolução

A manutenção de equipamentos, atualmente é inevitável numa organização, no entanto a elaboração do plano de manutenções provavelmente será desenvolvida com alguma dificuldade, dado que o objetivo é reduzir os custos associados a estas manutenções, não afetando a produtividade da organização. Uma manutenção ineficiente gera gastos desagradáveis e falhas na produção, o que automaticamente prejudica a produtividade. Esses problemas na maioria das empresas são descobertos quando surgem avarias inesperadas nos equipamentos, causando elevados gastos devido à gravidade da falha, sendo essa, na maioria dos casos, muito alta.

Tendo em mente as consequências negativas de um mau planeamento das manutenções no lucro de uma empresa, torna-se muito importante a redução desses

efeitos, e, nesse sentido, teremos de avaliar todos os tipos de manutenção existentes, verificando as que são mais eficientes para a elaboração do mesmo plano.

É muito difícil explicitar as causas das falhas dos equipamentos que levam à realização de uma manutenção corretiva (muitas vezes), dado que cada equipamento tem as suas características e funcionalidades, e as falhas variam de equipamento para equipamento. No entanto, os desperdícios associados a essas falhas normalmente são: os gastos nas obras e reparações de equipamentos, compra de novos equipamentos, avarias que prejudicam a produtividade, o tempo de espera perdido (falha do equipamento e a reparação da falha), transportes desnecessários (ferramentas necessárias, etc.) e até movimentações desnecessárias para adquirir informações do equipamento durante a reparação da falha, e nalguns casos o retrabalho (causado devido à possibilidade de erros na execução do reparo).

Porém, o possível obstáculo que poderá surgir é não conseguir encontrar o plano de manutenções perfeito, ou seja, aquele plano onde conseguimos atingir todos os objetivos de melhoria e ainda conseguirmos reduzir significativamente os gastos associados a essas manutenções. O facto de não conseguir explicitar as todas as causas-raiz das falhas dos equipamentos, poderá dificultar a realização do planeamento das manutenções.

### **3.4 Impacto dos gastos financeiros, de imagem e de reputação**

Cada indústria apresenta uma dinâmica interna própria mais ou menos ágil e eficaz, que resulta de uma cultura organizacional específica. No entanto todas estão sujeitas a falhas, ruturas, trocas e ajustes periódicos nos seus equipamentos. Esses procedimentos prolongam a vida útil das máquinas e fazem que sejam mais produtivas e mais seguras.

Qualquer impacto gerado no fluxo de caixa da empresa por uma falha operacional que envolva a linha de produção, também prejudica o rendimento da organização. A empresa deverá promover uma gestão mais eficiente dos procedimentos de manutenção de forma a gastar menos e, conseqüentemente, tornar mais competitiva no mercado, uma vez que todo o custo desenvolvido com a reparação de um equipamento, gera impacto no preço e na própria qualidade dos produtos e serviços.

Uma má gestão de manutenção causa vários impactos na organização, impactos esses que poderão ser financeiros, de qualidade e até mesmo de reputação da própria organização. Dentro do mundo dos impactos financeiros podemos considerar os mais críticos:

- Aumento dos custos de manutenção corretiva, devido a maiores necessidades de substituição ou reparação de equipamentos e mão-de-obra especializada associada;
- Aumento das necessidades de investimento, devido à redução da vida útil dos equipamentos;
- Aumento dos custos de produção, caso as avarias impliquem a paralisação temporária de linhas de produção e, por sua vez, haja a necessidade de uma subcontratação e/ou recurso a horas extraordinárias do pessoal;
- Aumento das necessidades de fundo de manuseio, devido à existência de maiores tempos de produção;
- No limite, a diminuição das vendas, devido à diminuição da capacidade produtiva que é provocada através da paragem dos equipamentos por um tempo indeterminado.

A organização também poderá ter impactos na qualidade a nível empresarial, devido à diminuição da precisão e fiabilidade dos equipamentos produtivos. Estes impactos, como consequência, poderão aumentar a taxa de rejeição ao longo da linha de montagem, e aumentar, também, as devoluções e reclamações dos clientes perante o serviço prestado.

Havendo a existência de impactos financeiros críticos e impactos na qualidade do serviço dentro de uma organização, esta automaticamente sofre a terceira categoria dos impactos avaliados – os impactos negativos na reputação da empresa. Diminuindo a produtividade, aumentando os custos e prejudicando a qualidade do serviço prestado, ocorre a deterioração do valor da marca organizacional. Outro impacto na reputação existente é o aumento da probabilidade de acidentes de trabalho, que afetam posteriormente a tesouraria e a credibilidade da empresa. De um modo geral, as instalações com a ausência de planos de manutenção adequados tendem a ter uma imagem de desmazelo e falta de cuidado, ou seja, provoca um envelhecimento e um aspeto sujo da empresa, que contribui para desvalorização da sua reputação.

Todos estes impactos mencionados prejudicam diretamente o EBITDA (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization) e a margem de EBITDA organizacional, reduzem o cash-flow libertado pelas operações, reduzem a capacidade de resistência da empresa a ameaças externas e aumentam, desta forma, a probabilidade de falência da empresa, a longo prazo.

### **3.5 Impactos na satisfação do cliente**

Por outra perspectiva, quando ocorre uma deterioração da imagem de marca organizacional e uma diminuição da qualidade do serviço prestado, este facto leva redução da satisfação do cliente levado a que possa ocorrer uma queda das vendas e dos resultados financeiros, ou seja, é prejudicada a permanência dos clientes, e posteriormente, a dos fornecedores.

Os clientes são a razão da existência da empresa, e os fornecedores a forma dela satisfazer os seus consumidores. A manutenção dos clientes é a forma da organização sobreviver à concorrência existente no setor dos serviços prestados, uma vez que relações mantidas a longo prazo são mais benéficas em termos financeiros (é mais económico manter um cliente do que tentar captar a atenção de um novo cliente), e mantendo estas relações, o volume de vendas poderá aumentar, caso os clientes antigos façam referência, desta organização, a novos clientes, e assim sucessivamente. Desta forma, tendo diferentes impactos financeiros e de qualidade que prejudicam automaticamente a reputação da empresa, e por isso, é previsível que a manutenção dos clientes seja danificada, o que torna a gerar outros impactos financeiros na rentabilidade da empresa.

Por outro lado, os fornecedores são os elementos-chave para conseguirmos recolher todos os recursos necessários de forma a satisfazermos o nosso público-alvo, aumentando assim o lucro e quota de mercado. Caso a manutenção dos fornecedores seja desvalorizada, não iremos conseguir atingir os nossos objetivos necessários para atrair e satisfazer os clientes, o que, automaticamente, prejudica qualidade do serviço, posteriormente a qualidade e o resultado empresarial, danificando a manutenção dos clientes (mau serviço), o que contribui para a deterioração da sua reputação (ciclo entre manutenção de clientes e fornecedores com os impactos financeiros, de qualidade e reputação).

Todos estes impactos poderão ser minimizados caso uma organização opte por um bom planeamento de manutenção dos seus equipamentos, dado que este, é essencial e influencia a produtividade, rentabilidade e a imagem empresarial perante o mercado, onde a mesma se insere.

### **3.6 Identificação dos problemas críticos e respetivos impactos**

A PME onde se insere o caso de estudo em análise possui várias residências, algumas delas com sistemas complexos dos quais se destacam 1) climatização (AVAC); 2) águas quentes sanitárias (AQS); 3) deteção de incêndio; 4) rede elétrica.

Em nenhuma destas residências existem recursos humanos com conhecimentos técnicos para assegurar:

- 1) a correta utilização dos vários equipamentos;
- 2) a deteção e reporte de problemas de funcionamento em tempo útil;
- 3) o correto acompanhamento do plano de manutenções preventivas entregue a várias empresas subcontratadas.

Tem assim cabido aos serviços centrais administrativos e financeiros da empresa (onde não existe nenhum membro da equipa com competências na área da manutenção) a tentativa de garantir pelo menos a existência de um plano abrangente de manutenções preventivas e que esse plano é cumprido. A função manutenção acaba assim por ficar secundarizada pelas restantes atribuições dos referidos serviços centrais.

Este deficiente enquadramento da manutenção tem levantado os seguintes problemas:

- 1) Aumento dos custos relacionados com as manutenções corretivas;
- 2) Incapacidade de criar um manual de boas práticas para a utilização dos equipamentos mais críticos e complexos, incluindo procedimentos rápidos de correção de avarias;
- 3) Tempo e recursos humanos excessivos alocados à resolução de avarias;
- 4) Desmotivação das equipas;
- 5) Percas pontuais na qualidade dos serviços prestados.

Em resumo, vive-se um círculo vicioso nos temas da manutenção. A raiz no problema reside simplesmente no facto de a empresa ainda não ter tomado a decisão de investir num responsável geral para a manutenção com a formação, experiência e atitude adequadas a este importante desafio.

Dado que a organização estudada, é uma PME que está em crescimento no mercado competitivo, é essencial que estes gastos, que ela enfrenta, sejam controlados, uma vez que uma organização nesta fase tem de realizar investimentos para conquistar quota de mercado, e se, nesta fase, os resultados não coincidirem com os esperados, a organização facilmente entra na fase de declínio. O planeamento das manutenções não é a solução para todos os problemas existentes na organização, mas uma forma da mesma, conseguir alcançar os objetivos definidos.

Desta forma, o planeamento das manutenções surge como forma de conseguirmos atingir os objetivos de melhoria que incidem na redução das falhas na produção/serviço, redução dos custos não planeados, melhorar a vida útil dos equipamentos, aumentar a visibilidade das empresas (previsão e controlo dos custos) e aumento da qualidade de produção e mão-de-obra.

Assim, pretende-se desenvolver um plano de manutenção para um conjunto de residências através da subcontratação de serviços considerando uma abordagem de decisão multicritério de forma a otimizar custos em situações de incerteza, aplicando metodologias *Lean* neste projeto e utilizando algumas ferramentas da decisão multicritério para suportar a tomada de decisão.

Devemos ter em conta que a manutenção não é apenas uma despesa para a empresa, mas também uma forma de prevenir os problemas e falhas que originam riscos, com um impacto negativo superior no resultado da organização, causando um enorme prejuízo na qualidade do serviço e rentabilidade da própria empresa.

### **3.7 Seleção do problema e equipamento mais crítico**

Uma vez já estudadas as causas dos problemas devido a um mau planeamento de manutenções numa PME, é importante analisá-los e escolher o problema mais crítico que deverá ser resolvido, uma vez que este leva à existência de outras dificuldades.

Dentro dos cinco problemas mais comuns apresentados anteriormente, aquele que necessita mesmo de ser resolvido, é o aumento dos custos relacionados com as manutenções corretivas. Se ultrapassarmos esta dificuldade dentro de uma organização, através da criação de um manual de boas práticas para a utilização de equipamentos mais críticos e complexos, incluindo procedimentos rápidos de correção de avarias, iremos reduzir automaticamente os tempos de avarias de equipamentos e o seu tempo de resolução, as equipas mantêm-se motivadas para aumentar a produtividade organizacional, o que promove uma qualidade excessiva na prestação dos serviços da empresa.

Os equipamentos existentes, nos diferentes lares da PME em estudo, que necessitam de boas práticas de manutenção são:

- a) Caldeiras - necessárias para o aquecimento da água para os banhos dos idosos. A caldeira é um equipamento com o objetivo de aquecer as águas, sustentar máquinas térmicas, entre outras funções. É utilizado para aquecer líquidos ou produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica.



Figura 7- Caldeira Elétrica (Exemplo)

Fonte: Google Imagens

- b) Elevadores - facilitam a deslocação dos membros da organização e o transporte dos idosos de um local para o outro dentro do respetivo lar. São os elevadores que vão permitir o acesso a todos os pisos, bem como a espaços exteriores.



Figura 8 - Elevadores (Exemplo)

Fonte: Google Imagens

- c) Ar Condicionado – utilizado para tornar o ambiente agradável de acordo com as temperaturas climáticas, principalmente na estação do calor excessivo. O ar condicionado tem um papel fundamental para manter a saúde por evitar a exposição a temperaturas extremas.



Figura 9 - Ar Condicionado (Exemplo)

Fonte: Google Imagens

Os três equipamentos referidos acima são os que causam mais gastos relativos a manutenções corretivas, no entanto, neste estudo apenas se escolheu um destes equipamentos e posteriormente aplicar a solução para a diminuição desses custos. Para a escolha do equipamento mais crítico, foi utilizada a ferramenta AHP (Analytic Hierarchy Process) para conseguir decidir o equipamento que possui um maior peso de gastos no resultado organizacional.

Para isto, o equipamento mais crítico necessita de ser avaliado em termos de diferentes critérios, no entanto é importante saber qual desses mesmos critérios é mais relevante de ser analisado. Desta forma, utilizei a mesma ferramenta AHP para avaliar o peso dos seguintes critérios:

- I. **C1:** Número de ocorrências de avarias do equipamento – o número de vezes que um equipamento avaria prejudica a qualidade do serviço prestado e requer vários investimentos nas obras e reparações associadas.
- II. **C2:** Custos financeiros gerados (gerados com as obras e as reparações) – os gastos gerados pelas obras e reparações realizadas num equipamento por vezes são superiores ao investimento de aquisição de um novo equipamento.
- III. **C3:** Custos de qualidade do serviço / insatisfação do cliente – quando a qualidade de serviço é prejudicada pela avaria de um equipamento, este gere, automaticamente, uma insatisfação por parte do cliente que posteriormente acaba por deteriorar a reputação da organização no mercado competitivo.
- IV. **C4:** Tempo desperdiçado em obras e reparações – o tempo ocupado no arranjo das avarias dos equipamentos e à aquisição de ferramentas necessárias para o reparo do estrago por vezes é bastante superior ao esperado, o que prejudica, mais uma vez a qualidade do serviço prestado, uma vez que o equipamento se encontra indisponível por muito tempo.
- V. **C5:** Custos gerados com manutenções preventivas (pagamentos anuais) – o valor das manutenções preventivas de determinados equipamentos é demasiado elevado, e como esse valor é pago várias vezes ao ano (de acordo com o contrato realizado com a entidade de manutenções), este custo que acaba por prejudicar o resultado líquido organizacional.

Reverendo os critérios mencionados acima, apliquei o método AHP para verificar qual dos critérios é o mais significativo.

Tabela 1 - Matriz Normalizada (Critérios)

Critérios	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1	1/3	1/5	2	3
C2	3	1	5	3	5
C3	3	1/3	1	5	3
C4	1/3	1/5	1/3	1	3
C5	1/3	1/5	1/3	1/3	1
<b>Total</b>	<b>7,67</b>	<b>2,07</b>	<b>6,87</b>	<b>14</b>	<b>15</b>

Segundo a tabela 1:

- O critério C1 (Número de ocorrências de avarias do equipamento) é menos importante que o C2 (Custos financeiros gerados) e o C3 (Custos de qualidade do serviço / insatisfação do cliente), uma vez que os custos financeiros possuem um peso superior no resultado organizacional, que afeta diretamente a qualidade do serviço prestado (se temos imensos gastos não conseguimos investir na melhoria do serviço ao cliente). Porém, o C2 consegue ser mais importante que o C4 (Tempo desperdiçado em obras e reparações) e o C5 (Custos gerados com manutenções preventivas), porque o número de ocorrências de avarias está diretamente ligado ao tempo desperdiçado na correção das mesmas, logo se as avarias diminuïrem, não existe muito tempo desperdiçado. Os custos gerados com manutenções preventivas conseguem ser inferiores aos custos desenvolvidos com as ocorrências de avarias de equipamentos.
- O critério C2 é o mais importante uma vez que, os custos acumulados nas obras e reparações dos equipamentos, para além de serem influenciados pelo número de ocorrências de avarias dos equipamentos, são eles que irão afetar a produtividade da organização. Se estes custos excederem o lucro que o equipamento fornece à entidade, este automaticamente afeta a qualidade do serviço prestado e gere uma insatisfação por parte do cliente.
- O critério C3 (Custos de qualidade do serviço / insatisfação do cliente) é mais significativo em termos dos critérios C1, C4 e C5, uma vez que a qualidade do

serviço é o que gere mais lucro para a organização, ou seja, se a qualidade do serviço prestado é melhor que a concorrência, significa que a organização satisfaz os clientes da melhor forma possível, obtendo automaticamente uma vantagem competitiva perante o mercado. No entanto o critério C3 é menos importante o o C2, pela mesma razão anteriormente relatada. Estes dois critérios estão relacionados, onde os custos da qualidade de serviço aumentam quando estamos perante a elevados custos financeiros.

- O critério C4 (Tempo desperdiçado em obras e reparações), assim, é considerado menos importante que o C1, C2 e C3, pelos motivos explicados acima, no entanto é mais crítico que o critério C5 (Custos gerados com manutenções preventivas). Se o tempo desperdiçado em obras e reparações for demasiado elevado, significa que o equipamento esteve indisponível durante muito tempo, o que prejudica automaticamente a qualidade do serviço ao cliente.
- Por fim, o critério C5 (Custos gerados com manutenções preventivas) é considerado o menos crítico uma vez que, estes custos por um lado, ajudam a organização a prevenir as futuras avarias dos equipamentos, e os custos acumulados das manutenções preventivas conseguem ser inferiores aos gastos originados com as reparações dos mesmos.

Após a análise realizada, procedeu-se à determinação do peso dos critérios considerados, dividindo cada valor da matriz do critério pelo total calculado em coluna. Feito isto, calculou-se o total de cada critério em linha, e depois obteve-se a média, em percentagem, dos mesmos.

Desta forma, obtemos os seguintes pesos dos critérios:

Tabela 2 - Peso de cada critério

	C1	C2	C3	C4	C5	Total	Peso (%)
C1	0,13	0,16	0,03	0,18	0,20	0,70	<b>14%</b>
C2	0,39	0,48	0,73	0,26	0,33	2,20	<b>44%</b>
C3	0,39	0,16	0,15	0,44	0,20	1,34	<b>27%</b>
C4	0,04	0,10	0,05	0,09	0,20	0,48	<b>10%</b>
C5	0,04	0,10	0,05	0,03	0,07	0,28	<b>6%</b>

Analisando a tabela acima, conclui-se que o critério que tem maior peso é o C2 - Custos financeiros gerados (gerados com as obras e as reparações) – com um peso de 44% - que levam ao aumento dos custos relacionados com as manutenções corretivas. Obtendo o critério mais significativo a avaliar, resta saber qual o equipamento mais crítico a ser avaliado tendo em conta este critério considerado. Para isto temos:

- I. **E1:** Caldeiras Elétricas
- II. **E2:** Elevadores
- III. **E3:** Ar Condicionado

Após a recolha dos equipamentos que geram mais custos financeiros em obras e reparações, apliquei o critério AHP, novamente para saber qual equipamento com maior peso nestes custos, para depois conseguir gerar um método que diminua estes custos desse mesmo equipamento.

Tabela 3 – Matriz Normalizada (Equipamentos)

<b>Critérios</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
<b>E1</b>	1	2	5
<b>E2</b>	1/2	1	5
<b>E3</b>	1/5	1/5	1
<b>Total</b>	<b>1,70</b>	<b>3,20</b>	<b>11,00</b>

Segundo a tabela 3:

- O equipamento E1 – Elevador, é mais importante, uma vez que, para além de exigir manutenções corretivas semestrais, muitas das vezes, acaba por ter outros problemas frequentes que requerem imensas manutenções corretivas, com as reparações na porta dos elevadores, falta de funcionalidade de teclas, a lenta movimentação do elevador entre os pisos, a brusca paragem em cada piso, etc. Visto que existem imensos problemas com os elevadores, os custos das obras também chegam a ser elevados, acabando por ter um impacto negativo no final do mês. Ora, se estes custos forem sucessivos, isto automaticamente, prejudica o resultado organizacional. Desta forma, o E1 consegue gerar custos superiores aos equipamentos E2 – Caldeiras elétricas; E3 – ar condicionado.

- O equipamento E2, desta forma, gera menos custos que o equipamento E2, no entanto, consegue produzir gastos mais elevados que o equipamento E3. O ar-condicionado é o equipamento que apresenta menos gastos em reparações, apenas necessitando, maior parte das vezes, uma manutenção preventiva. Caso ocorra algum problema com uma das funcionalidades do ar-condicionado, o valor da sua reparação não chega a ser tão elevado como a reparação de uma caldeira elétrica ou de um elevador.
- Por fim, o equipamento E3 – ar condicionado, devido às razões acima mencionadas, é o que apresenta menos custos em obras e reparações., dentro dos equipamentos.

Após esta análise, resta saber o peso de cada equipamento na análise dos custos:

Tabela 4 - Peso de cada Equipamento

	E1	E2	E3	Total	Peso (%)
E1	0,59	0,63	0,45	1,67	<b>56%</b>
E2	0,29	0,31	0,45	1,06	<b>35%</b>
E3	0,12	0,06	0,09	0,27	<b>9%</b>

Segundo a tabela acima, conclui-se que o equipamento E1 – elevador, gera mais custos de obras e reparações devido a manutenções corretivas que os restantes equipamentos.

Desta forma, passamos à fase de identificar as causas raízes do problema e equipamento crítico. Neste caso o problema será: elevados custos financeiros gerados, devido a obras e reparações, nos elevadores, e para tal análise, decidi utilizar a ferramenta dos **5 porquês**.



Figura 10 - 5 porquês

Fonte: Google Imagens

Refletindo sobre o problema identificado temos:

**1º porquê?** – porque os números de avarias identificadas anualmente, nos elevadores, acabam por ser recorrentes, e têm um grande peso no resultado.

**2º porquê?** – As avarias recorrentes são provocadas devido à falta de conhecimentos técnicos acerca dos elevadores, que sejam colocados em prática, de forma a evitar as manutenções corretivas.

**3º porquê?** - As manutenções corretivas não estão a ser diminuídas ou eliminadas, uma vez que a PME não possui nenhum gestor com conhecimentos técnicos suficientes para gerir melhor o planeamento das manutenções.

**4º porquê?** – Atualmente, é difícil encontrar alguém com tais conhecimentos, sem que seja contratada uma organização de manutenções preventivas e corretivas, que acabam por gerar mais gastos financeiros à organização.

**5º porquê?** – até à data, não existe nenhum ‘manual ‘de instruções para indicar a melhor forma de planear as manutenções dos equipamentos, neste caso, dos elevadores.

Através do desenvolvimento do método dos 5 porquês conseguimos identificar as diferentes causas dos problemas detetados, que se tornam automaticamente os diferentes modos de falha a englobar no método FMEA, de forma a decidir qual dos modos de falha mais críticos a resolver.

Tabela 5 - Método FMEA

Modos de Falha		Severidade	Ocorrência	Detetabilidade	RPN
Elevados custos financeiros gerados, devido a obras e reparações, nos elevadores	Avarias	9	10	2	180
	Falta de conhecimentos técnicos	7	5	3	112
	Falta de um responsável	5	4	4	75
	Dificuldade em encontrar/contratar um gestor de manutenções	5	4	6	112
	Inexistência de um manual de instruções	3	9	6	156

Nota: A ocorrência dos diferentes modos de falha foi calculada através do número de intervenções realizadas por ano, neste caso, foram consideradas 75 avarias por ano nas diferentes residências. Visto que é um número bastante elevado, dado que cada intervenção tem um custo de 2 000€, aproximadamente, a ocorrência do modo de falha – elevadas avarias – é 10. Para o modo de falha – falta de conhecimentos técnicos – foi estimado o número de intervenções onde a falta de conhecimento técnicos teve um impacto negativo na manutenção, e dividir pelo total de intervenções realizadas, multiplicando este rácio por 10, de forma a ter uma escala de 1 a 10. Este cálculo foi aplicado para os restantes modos de falha.

Aplicando uma das ferramentas da decisão multicritério, FMEA, conseguimos observar que os modos de falha mais críticos são as elevadas avarias dos equipamentos e a inexistência de um manual de instruções para conseguir elaborar um plano de manutenções de forma a reduzir os gastos financeiros. No entanto, ambas estão relacionadas – as avarias constantes só acontecem devido à falta de uma boa gestão de manutenção. Desta forma, pode-se concluir que a causa raiz dos elevados custos financeiros gerados pelos elevadores, é a má gestão da manutenção, e desta forma, a sua solução incide em saber de que forma deverá ser realizada a gestão das manutenções de forma a reduzir os gastos da empresa.



## 4 Identificação e Análise de Propostas

Para reduzir os desperdícios identificados anteriormente, é necessário corrigir os problemas existentes na PME em estudo, e descrever várias soluções possíveis a serem implementadas, de forma a eliminar/corriger os diferentes modos de falha.

Este capítulo tem como objetivo recolher várias propostas para a resolução dos problemas existentes, analisá-las e englobá-las num plano de manutenções que possa ser implementado na entidade organizacional. Para tal, foi realizado um *brainstorming* entre os colegas de trabalho, para analisar e avaliar diferentes soluções que possam ser praticadas na PME.

Do processo do *brainstorming* surgiram as seguintes propostas:

1. Elaborar uma análise de custos das manutenções dos elevadores (histórico de ocorrências de avarias), estabelecendo horas de trabalho limitadas de cada elevador;
2. Contratar um operador capacitado que seja responsável pelas manutenções na residência e que ‘vigie’ a equipa profissional contratada para resolver os problemas, no momento das reparações/manutenções;
3. Adotar um sistema de elevadores com mais partes mecânicas como os dos prédios, ou criar algo mais simples, tal como um monta carga (que possui um êmbolo hidráulico).

Para avaliar as propostas obtidas, é necessário identificar os prós e contras de cada uma:

### **1. Elaborar uma análise de custos das manutenções dos elevadores (histórico de ocorrências de avarias), estabelecendo horas de trabalho limitadas de cada elevador**

Pros: através do plano de custos das manutenções preventivas e corretivas, temos a perceção qual dos elevadores apresenta mais avarias. Provavelmente esse é o que está a ser mais utilizado, e por isso poderemos estabelecer um horário limitado de uso para esse elevador, de forma a reduzir, também, as avarias.

Contras: elevadores com acesso limitado faz com que as pessoas percam mais tempo em deslocar-se até outro elevador. Como trata-se de uma unidade de cuidados intensivos poderá prejudicar os idosos devido ao tempo desperdiçado em busca de material necessário que poderá estar alocado em pisos diferentes.

**2. Contratar um operador capacitado que seja responsável pelas manutenções na residência e que ‘vigie’ a equipa profissional contratada para resolver os problemas, no momento das reparações/manutenções**

Pros: Ter um operador que esteja sempre de ‘olho’ no momento das reparações dos elevadores, faz com que a equipa contratada se empenhe mais a resolver o problema. É como se a presença de um ‘vigilante’ garantisse que a avaria do elevador fica resolvida definitivamente.

Contras: O investimento em contratar um operador e numa equipa profissional poderá prejudicar também o resultado organizacional caso os resultados não sejam tão agradáveis (eliminar/reduzir os gastos através destas duas contratações pode sair mais caro do que reparar simplesmente a avaria).

**3. Adotar um sistema de elevadores com mais partes mecânicas como os dos prédios, ou criar algo mais simples, tal como um monta carga (que possui um êmbolo hidráulico)**

Pros: Um monta carga é o tipo de elevador que tem uma grande capacidade de transporte de peso, o que poderá facilitar no grande transporte de mercadorias que chegam para a residência e que necessitam de serem alocados em diferentes pisos. Neste caso, se o material for transportado de uma vez para o piso correto, reduz automaticamente o uso do elevador, para estes efeitos.

Contras: como trata-se de uma unidade de cuidados continuados, todos os elevadores presentes não poderão ser semelhantes a um monta carga, uma vez que este é utilizado mais para transporte de mercadorias com acesso dificultado a pessoas, e na residência estão presentes funcionários que estão constantemente a circular entre os pisos. A implementação de um monta carga poderá prejudicar o sistema.

Analisando as propostas acima, juntamente com os prós e os contras, o que vai mais de encontro com os problemas identificados, anteriormente, são as duas primeiras:

1. Elaborar um plano de custos das manutenções dos elevadores (histórico de ocorrências de avarias), estabelecendo horas de trabalho limitadas de cada elevador;
2. Contratar um operador capacitado que seja responsável pelas manutenções na residência e que ‘vigie’ a equipa profissional contratada para resolver os problemas, no momento das reparações/manutenções;

E agora surge a fase do desenvolvimento/elaboração de um plano para a implementação das propostas seleccionadas.

## **4.1 Elaboração de um plano estratégico de implementação de gestão da manutenção**

O plano “ideal” consiste na fusão das duas propostas seleccionadas, e para tal, resolveu-se descrever passo a passo a construção deste plano:

**1. Contratar um gestor que fique responsável pela gestão das manutenções das residências:** a pessoa que ocupar este cargo, necessita de conhecimentos a nível da gestão, contabilidade e engenharias (para se relacionar com as manutenções);

**2. Dar formação ao contratado, passado o histórico dos acontecimentos dos elevadores, de forma que este adquira os conhecimentos necessários para melhorar o desempenho destes equipamentos:** para tal é necessário um estudo para que este contratado perceba os distúrbios que ocorreram ao longo do tempo em que ele não estava presente, contactando cada empresa de manutenção contratada pela entidade, que à partida tinha como objetivo resolver os problemas que aparecessem nos elevadores. Será necessária também uma visita guiada por parte deste novo gestor à residência para ter uma perceção do tamanho dos elevadores e a zona onde, os mesmos, se situam.

**3. Elaborar um projeto de investigação acerca das avarias dos elevadores nos últimos tempos:** este projeto incluirá as datas das manutenções preventivas, as datas das manutenções corretivas (obras e reparações), as causas dessas mesmas avarias, em que data as avarias foram ‘definitivamente’ corrigidas, os custos das manutenções preventivas, e os gastos de corrigir cada avaria identificada (manutenções corretivas) – recolher todas as informações para cada elevador. Para isto, é necessário que o gestor crie uma relação próxima com todas as empresas de manutenções contratadas, neste caso, com os responsáveis pela resolução das avarias, para obter os dados importantes a incluir no projeto.

**4. Após analisar este projeto desenvolvido, no ponto anterior, será possível identificar o elevador que apresenta frequentes problemas de funcionamento, ou seja, aquele que se avaria mais vezes num dado período de tempo:** esta análise deverá de ser realizada para um período de 6 meses.

**5. Depois identificar o elevador (ou elevadores) que apresenta mais do que uma avaria dentro de meses, é preciso estabelecer um horário de funcionamento limitado por dia, de forma que este seja menos utilizado (se um equipamento for utilizado menos tempo, pode não ter muitas avarias):** o horário de funcionamento do elevador tem de ser estabelecido de forma a não prejudicar a circulação dos funcionários e utentes na residência. Para esta análise, é necessário que o gestor faça um estudo de circulação horária e o tempo de utilização de cada elevador da residência (este estudo, terá de ser realizado, no mínimo, durante 1 mês, uma vez que existem semanas em que os enfermeiros circulam mais devido a novas encomendas e arrumações, etc.). A única circulação que não poderá ser estimada será a das emergências com algum utente na unidade.

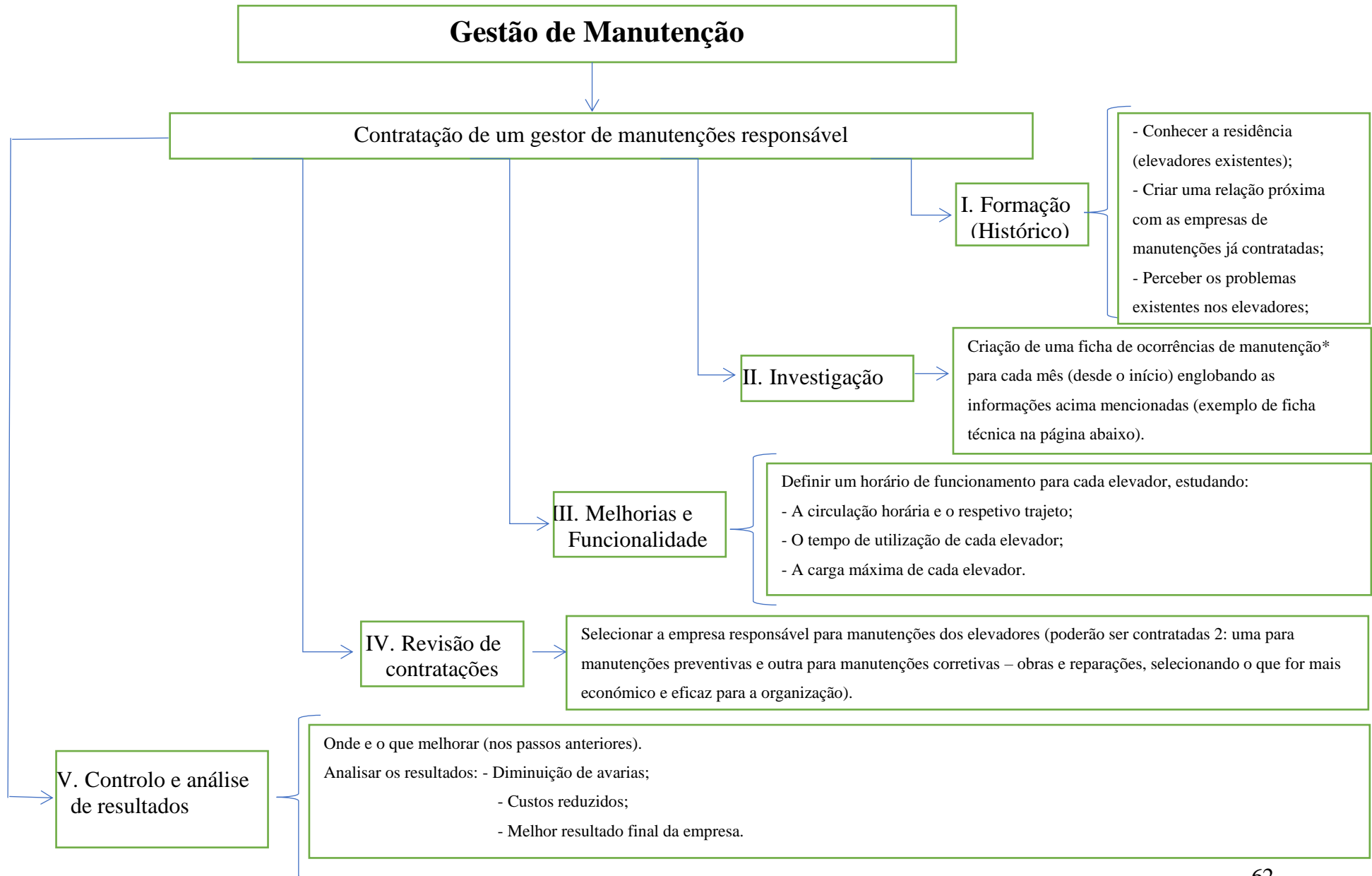
**6. Após os passos anteriores, é necessário rever as contratações de empresas de manutenções ou contratar uma nova equipa responsável pela resolução das avarias dos elevadores, mas na presença deste gestor de manutenções de forma a garantir que o problema é resolvido no mesmo dia:** a empresa que ficará responsável pelas manutenções dos elevadores tem de ser escolhida com base no histórico (caso seja uma já contratada), avaliando a forma de resolução das avarias e o tempo gasto nesse

problema (se a avaria ficou resolvida no tempo estimado e se o custo não excedeu o esperado). Caso seja uma nova empresa, o gestor deverá garantir que esta nova contratação é melhor em termos de valores monetários e capacidades de resolução (análise de várias propostas e comparar).

7. Avaliar os resultados nos primeiros dois anos, no máximo, e perceber:
  - a. Este plano, de facto, fez com que as avarias diminuíssem?
  - b. Os custos com as manutenções corretivas destes equipamentos reduziram?
  - c. O resultado da empresa melhorou?

Uma vez definidas as etapas para a criação de uma estratégia para a implementação da gestão da manutenção, é necessário colocá-las num esquema (apresentado na pág.59) para uma melhor compreensão.

### 4.1.1 Estratégia para a implementação da gestão da manutenção



\*A ficha de ocorrências de manutenção mencionada no ponto **II. Investigação** tem como objetivo controlar o tempo de ocorrência de avarias, assim como os gastos envolvidos e perceber quais as avarias mais frequentes dos diferentes elevadores. Desta forma, na página seguinte apresenta-se a proposta de uma possível ficha técnica a ser implementada na organização que deverá ser preenchida assim que é realizada algum tipo de manutenção, completando todos os dados solicitados. A pessoa a preencher deverá ser o responsável pelo controlo dos gastos das manutenções, neste caso o novo contratado, gestor de manutenções.

Este gestor fica, também, responsável pelo acompanhamento das manutenções ocorridas, atualizando a ficha sempre que ocorre algum acontecimento. Posteriormente, passado 1 ano são retiradas as conclusões necessárias (o elevador que apresenta mais avarias, que tipo de avarias mais acontecem, o gasto total em manutenções corretivas, qual o elevador está a ser mais utilizado, etc. Estas conclusões deverão ser comunicadas ao departamento operacional e, principalmente, à gestão de topo para serem tomadas medidas de controlo de custos e melhoria de qualidade dos elevadores, para que consigam atingir os resultados mencionados na última etapa da estratégia de gestão de manutenção elaborada acima.

## Ficha de ocorrências de manutenção

Elevador	Manutenção Preventiva			Manutenção Corretiva					
	Data	Custo	Responsável pelo ato	Data	Avaria existente	Data	Custo	Responsável pelo ato	Causas da Avaria
Elevador 1	# Data em que ocorreu a manutenção preventiva	# Custo de realização da manutenção preventiva	#nome do responsável pela manutenção realizada	# Data em que foi detetada a avaria	# Avaria 1	# Data em que a avaria foi resolvida	# Custo das obras e reparações desenvolvidas	#nome do responsável pela manutenção realizada	# Causa 1
					# Avaria 2				# Causa 2
					...				...
					...				...
Elevador 2	...	...		...	...	...	...		...
					...				...
					...				...
					...				...
Elevador 3	...	...		...	...	...	...		...
					...				...
					...				...
					...				...
Elevador 4	...	...		...	...	...	...		...
					...				...
					...				...
					...				...
Elevador 5	...	...		...	...	...	...		...
					...				...
					...				...
					...				...

## 5 Estudo de Viabilidade

Este capítulo consiste em avaliar o impacto financeiro que o plano criado no capítulo anterior tem no problema em estudo, comparando a situação atual com a situação após a implementação da gestão de manutenção, com um estudo estimado para 5 anos. Nem todos os valores apresentados nesta avaliação são reais, apenas, estabelecidos com base nos conhecimentos adquiridos ao longo do estudo.

Para uma primeira análise, é necessário saber qual foi o gasto total em manutenções preventivas e corretivas num ano, gastos estes, que entram no custo total da conservação e reparação - incluem os bens e os serviços destinados à manutenção dos elementos do ativo imobilizado e que não provoquem um aumento do seu custo ou da sua duração. Para tal, foi realizado um estudo de uma ‘situação atual’ de uma PME que se encontra na fase de crescimento, e apresenta elevados gastos em conservação e reparação. Posto isto, no ano 2022 temos:

Tabela 6 - Total de custos em manutenções em 2022

<b>Total dos custos em manutenções preventivas e corretivas 2022</b>	
obras e reparações	1 704,72 €
obras e reparações	1 473,50 €
Taxa re-inspeção elevador 1	140,00 €
Taxa re-inspeção elevador 2	140,00 €
Taxa re-inspeção elevador 3	140,00 €
Taxa inspeção elevador 1	115,00 €
Taxa inspeção elevador 2	115,00 €
Taxa inspeção elevador 3	115,00 €
Taxa inspeção elevador 4	115,00 €
Taxa re-inspeção elevador 4	140,00 €
obras e reparações	1 348,45 €
obras e reparações	2 046,79 €
Taxa re-inspeção elevador 1	140,00 €
Taxa re-inspeção elevador 2	140,00 €
Taxa re-inspeção elevador 3	140,00 €
<b>Total</b>	<b>8 013,46 €</b>

Tabela 7 - EBITDA em 2022

Vendas	877 886,59 €
CMV	184 973,31 €
<b>Margem Bruta</b>	<b>692 913,28 €</b>
Economato	17 388,00 €
UTILITIES	93 419,00 €
Avenças, Outros FSE e Outros Ganhos/Perdas	17 122,00 €
Seguros	- €
RH	200 134,00 €
Conservação e reparação	20 972,00 €
Serviços Partilhados	- €
<b>EBITDAR</b>	<b>343 878,28 €</b>
Rendas	169 030,00 €
<b>EBITDA</b>	<b>174 848,28 €</b>

A PME em estudo apresenta um total de 20 972€ em custos de conservação e reparação no ano 2022, dentro dos quais 8 013,46€ são custos em manutenções preventivas e corretivas, ou seja, os gastos em manutenções de elevadores têm 38% do peso no custo total. As taxas de reinspeção surgem quando os elevadores apresentam falhas quando é realizada uma inspeção de avaliação, portanto, quando existe uma inspeção e o elevador é considerado não conforme, é necessário de ter em conta o custo de reparação e posteriormente um custo da taxa de reinspeção para certificar que os elevadores estão em conformidade para circulação dentro das residências. Nas PMEs, pequenas alterações ou melhorias fazem grandes diferenças no resultado final – se reduzimos os gastos conseguimos investir mais para melhorar a qualidade do serviço. O objetivo é tentar reduzir os custos da conservação e reparação, através da implementação de um bom plano de manutenções dos elevadores.

Segundo o plano de manutenções criado, se contratarmos um gestor de manutenções, supondo oferecer um salário 1300€ mensais brutos com subsídio de refeição (7,23€ p/dia), teremos um custo anual de 25 000€, que será acrescido nos custos de Recursos-Humanos.

Após a contratação do gestor, temos de considerar um valor que será utilizado para corrigir todas as anomalias de vez, de todos os elevadores da residência (neste caso, contamos com 5 elevadores). Tendo em conta os custos apresentados acima, este objetivo estima-se ser cerca de 16 000€ - (se no ano em estudo foram gastos cerca de 8 000€, onde foram realizadas obras e operações em três elevadores diferentes da residência, e o restante foi em pagamento de taxas de manutenções preventivas, então foram considerados mais 8 000€ para outros tipos de reparações ou gastos semelhantes nos cinco elevadores). Desta forma, o valor total de investimento a realizar no ano 0 será 16 000€, uma vez que o custo de contratação do novo gestor será um custo constante na empresa.

## 5.1 Cálculo do VAL

Após estabelecer o valor de investimento inicial, passamos para a fase de análise de viabilidade do projeto em causa, e para tal, foi realizada uma análise do VAL<sub>(0)</sub> – Valor Atual Líquido atual, comparado com o VAL<sub>(1)</sub> – Valor Atual Líquido após a implementação do projeto.

O objetivo do VAL é avaliar a viabilidade de um projeto empresarial através do cálculo do valor atual líquido do saldo entre os fluxos de caixa da empresa, calculando a rentabilidade do investimento em termos absolutos.

O VAL é o critério mais vantajoso, uma vez que não sofre com as limitações que a TIR enfrenta, nomeadamente das diversas taxas de rentabilidade. Quando existem várias variações numa série dos cashflows de um projeto, é possível identificar-se mais do que uma TIR, tornando-se injustificável como critério de decisão.

Uma vez que este projeto, trata-se de uma análise de um investimento com o objetivo de melhorar a situação atual, ou seja, reduzir os custos da empresa, o valor do VAL será sempre negativo, quer seja na situação atual ou na situação melhorada. O objetivo, neste caso, é obter um VAL (1) superior ao VAL (0), ou seja, um VAL (1) menos negativo que o VAL (0).

Para o cálculo do VAL (0) consideramos a situação atual da empresa, ou seja, não temos investimento inicial, mas gastamos cerca de 10 000,00€ por ano em manutenções preventivas e corretivas dos 5 elevadores da residência. Nesse caso os cashflows, ao longo dos 5 anos, serão constantes. Para este cálculo foi aplicada a seguinte fórmula:

$$VAL = -Investimento + \frac{1k}{1+i} + \frac{2k}{(1+i)^2} + \frac{3k}{(1+i)^3} + \frac{4k}{(1+i)^4} + \frac{5k}{(1+i)^5}$$

*Expressão 1 – Cálculo do VAL*

Em que:

$i$  = Taxa de Inflação (TMA)

$k$  = cashflows do ano

(Nota: A taxa  $i$  é o valor da moeda, ou seja, a taxa de inflação atual, neste caso é de 5,8% segundo o Banco de Portugal, “Banco de Portugal vê PIB a crescer 1,5% e inflação de 5,8% em 2023. O Banco de Portugal melhorou ligeiramente as previsões de crescimento do PIB para 6,8% este ano, mas piorou as de 2023 para 1,5%, e está mais pessimista quanto à inflação, prevendo 8,1% este ano e 5,8% em 2023. “)

$$VAL = 0 + \frac{(-10000)}{1 + 5,8\%} + \frac{(-10000)}{(1 + 5,8\%)^2} + \frac{(-10000)}{(1 + 5,8\%)^3} + \frac{(-10000)}{(1 + 5,8\%)^4} + \frac{(-10000)}{(1 + 5,8\%)^5}$$

Aplicando a fórmula apresentada anteriormente, obtemos um VAL (0) de -42 353,82€.

O facto de termos um custo constante de 10 000€ durante 5 anos, reduz bastante a viabilidade da empresa, uma vez que nesta avaliação da situação atual, só os gastos em manutenções corretivas e preventivas dos elevadores, num período de 5 anos, gera um VAL de -42 353,82€, o que significa que estes, automaticamente, têm um grande impacto negativo no resultado da empresa.

Para o cálculo do VAL<sub>(1)</sub> incluímos um investimento inicial de 16 000€, e os seguintes cashflows:

Tabela 8 - Cashflows VAL (1)

Ano n + 1	-2 500€	Supondo que os custos desceram 75%
Ano n + 2	-2 000€	Supondo que os custos desceram 80%
Ano n + 3	-3 000€	Supondo que os custos desceram 70%
Ano n + 4	-1 500€	Supondo que os custos desceram 85%
Ano n + 5	-1 000€	Supondo que os custos desceram 90%

- Para o ano  $n + 1$ , considera-se uma redução dos custos de 75%, uma vez que no ano anterior tivemos a possibilidade de investir na resolução a 100% dos elevadores;
- Para o ano  $n + 2$ , estima-se uma redução de 80% para mantermos um valor reservado em qualquer gasto imprevisto que possamos ter com alguns elevadores;
- Para o ano  $n + 3$ , como as manutenções preventivas são realizadas de 2 em 2 anos, pondera-se um aumento de custos de 10% em comparação ao ano  $n+2$ , reduzindo assim o cash-flow em 70%;
- Para o ano  $n + 4$ , dado que a constante correção das falhas dos elevadores e o controlo de horário de funcionamento de cada elevador influencia a ocorrência de falhas pela positiva, considera-se uma redução de custos em 85%, apresentando apenas um custo total em manutenções de 1 500€;
- Tendo em conta os motivos descritos acima, no ano  $n + 5$  poderemos apenas apresentar cerca de 1 000€ em custos de manutenções preventivas dos cinco elevadores no total, originando uma redução de custos de 90%.

Desta forma, aplicamos a mesma fórmula com os cashflows ponderados acima:

$$VAL = -16000 + \frac{(-2500)}{1 + 5,8\%} + \frac{(-2000)}{(1 + 5,8\%)^2} + \frac{(-3000)}{(1 + 5,8\%)^3} + \frac{(-1500)}{(1 + 5,8\%)^4} + \frac{(-1000)}{(1 + 5,8\%)^5}$$

Calculando novamente o VAL tendo em conta a situação descrita acima, obtemos um VAL<sub>(1)</sub> no valor de -24 634,35€. Ou seja, conseguimos melhorar o VAL em 17 719,47€, o que significa que recuperamos o investimento inicial, e ainda conseguimos gerar um excedente no valor de 1 719,47€. Supondo os valores descritos, podemos concluir que o projeto é economicamente viável.

## 5.2 Cálculo da TIR

Após a análise do valor atual líquido da situação atual comparada ao valor atual líquido da situação depois da implementação das melhorias, passamos para a fase da análise da Taxa Interna de Retorno – a TIR. A TIR é um indicador usado para medir a rentabilidade de um projeto de investimento. Quanto maior for a TIR, maior será a rentabilidade do projeto (o projeto é viável quando a TIR é superior à taxa de custo de capital).

O valor da TIR é determinado a partir da fórmula do cálculo do Valor Atualizado Líquido. Se igualarmos o VAL a zero e resolvermos a equação em função da taxa de desconto, encontramos o valor da TIR. Para tornar o projeto viável, é necessário determinar a taxa de rentabilidade mínima, e a TIR ajuda a determiná-la. Uma vez que estamos a avaliar os custos atuais na empresa, tal como o VAL, o valor da TIR<sub>(0)</sub> será inferior a zero, ou seja, a situação atual não é rentável, e como não existe um investimento inicial, necessita-se apenas de obter uma TIR<sub>(1)</sub> superior a zero e minimamente atrativa, de forma a comprovar que a aplicação do plano de manutenções elaborado anteriormente aumenta a rentabilidade da empresa, mesmo sendo uma proposta que engloba um investimento inicial.

Posto isto, aplica-se a seguinte fórmula:

$$0 = -Investimento + \frac{1k}{1 + TIR} + \frac{2k}{(1 + TIR)^2} + \frac{3k}{(1 + TIR)^3} + \frac{4k}{(1 + TIR)^4} + \frac{5k}{(1 + TIR)^5}$$

*Expressão 2 – Cálculo da TIR*

O facto dos cash-flows anteriormente apresentados serem negativos, impossibilita o cálculo da TIR<sub>(1)</sub> pela fórmula apresentada acima. Desta forma, resolveu-se dividir o lucro estimado pelo VAL<sub>(1)</sub>, 17 719,47€, pelos 5 anos, obtendo um valor de 3 543,89€ de cash-flows constantes ao longo do período de tempo estimado. Assim o cálculo da TIR<sub>(1)</sub> será:

$$0 = -16000 + \frac{3543,89}{1 + TIR} + \frac{3543,89}{(1 + TIR)^2} + \frac{3543,89}{(1 + TIR)^3} + \frac{3543,89}{(1 + TIR)^4} + \frac{3543,89}{(1 + TIR)^5}$$

Aplicando a fórmula acima descrita, obtemos uma TIR<sub>(1)</sub> de 4%, o que significa que o projeto é viável dado que a TIR<sub>(1)</sub> é superior a zero, contudo não consegue ser superior à TMA considerada (4% < 5,8%). Como trata-se de uma proposta de investimento para melhorar a situação atual, conclui-se que a proposta do plano de manutenções elaborado anteriormente é economicamente viável e a taxa de rentabilidade mínima para tornar este plano viável é de 4%, uma vez que se considerarmos os cash-flows da situação atual para o cálculo da TIR, esta taxa seria negativa.

### 5.3 Análise de risco: *Bowtie*

Após a análise de viabilidade económica do projeto, passamos para a fase da análise dos diferentes cenários do projeto desenvolvido anteriormente, avaliando as oportunidades e ameaças que poderão surgir durante a implementação do projeto de manutenção, assim como os respetivos pontos fortes e fracos. Esta análise tem como objetivo obter informação que permita identificar os perigos associados à implementação/funcionamento da proposta de manutenção. Esta identificação irá permitir avaliar o risco associado ao insucesso na implementação desta proposta, e desta forma permitir encontrar medidas de prevenção e de mitigação que irão aumentar a robustez da estratégia de implementação da gestão de manutenção proposto.

#### 5.3.1 Análise SWOT

Para gestão de manutenção proposta, elaborou-se a análise SWOT seguinte:

##### a) Oportunidades:

- Novos programas de controlo de custos;
- Constantes melhorias e desenvolvimentos de gestão;
- Capacidade de investimentos externos (Mais poupanças -> mais investimentos);  
PME em crescimento (probabilidade de entrar na fase da maturidade -> expansão no mercado);
- Novos programas de controlo de custos.

**b) Ameaças**

- Aumento da taxa de inflação (aumento de custos);
- Escassez de mão-de-obra (poucos candidatos para este cargo);
- PME entrar na fase de declínio.

**c) Pontos fortes**

- Controlo constante dos custos de manutenções de elevadores;
- Otimização do tempo e utilização correta dos elevadores para tarefas diárias necessárias;
- Existência, no mínimo, de 2 empresas de manutenções de forma a haver disponibilidade imediata para resolução de falhas;
- Criação de uma próxima relação com empresas de manutenções;
- Melhor mobilidade de idosos;
- Aumento da satisfação do cliente (serviço de qualidade).

**d) Pontos fracos**

- Existência de apenas 1 gestor encarregue pelo funcionamento do plano;
- Dificuldade na investigação: demora na recolha de informação de acontecimentos anteriores;
- Dificuldade na coordenação da circulação horária com o tempo de utilização máximo de cada elevador (exemplo) no processo de estabelecimento do horário de funcionamento dos elevadores.

### 5.3.2 Análise de Risco *Bowtie*

Através do reconhecimento das ameaças e dos pontos fracos, realizou-se uma análise de risco *Bowtie* quantitativo, de forma a identificar os perigos Hazzard que estão ligados às fontes de risco e o impacto causado através dos mesmos. Apartir desta avaliação, consegue-se implementar estratégias de forma a prevenir as fontes de risco (através de barreiras de prevenção) ou então reduzir/evitar impactos negativos (através de barreiras de mitigação).

Cada fonte de risco e respetiva barreira de prevenção é avaliada com uma probabilidade de ocorrência (fonte de risco) e de falha (barreira de prevenção), entre 0 a 1. Por outro lado, cada impacto é avaliado qualitativamente numa escala de 1 a 10 e a probabilidade de falha das barreiras de mitigação avalia-se, à semelhança das barreiras de prevenção, numa escala de 0 a

1. De acordo com a teoria dos blocos de fiabilidade o risco agregado de fontes de risco, barreiras de prevenção e barreiras de mitigação calcula-se através da multiplicando de todas as probabilidades juntamente com o respetivo impacto (avaliado na escala de 1 a 10). Os perigos identificados através da análise de risco *Bowtie*, perigos com o maior risco, são aqueles que deverão ser controlados através de soluções alternativas resultando em novas estratégias de prevenção e de mitigação.

Esta ferramenta foi utilizada para analisar cada uma das ameaças e pontos fracos identificados através da análise SWOT realizada. Para as ameaças temos:

Tabela 9 - Hazzard das Ameaças

Fontes de Risco		Barreiras de Prevenção	Hazzard (perigo)	Barreiras de Mitigação	Impactos
Aumento da Taxa de inflação (P=0.5)		Implementação de um programa de gestão <i>LEAN</i>  Preço ao cliente = margem + custo suportado pela empresa (P_falha=0.3)	Custos	Promoções ou estratégias similares (P_sucesso=0.7)	Redução do retorno do investimento (I=8)
Fiabilidade reduzida (P=0.3)		Negociação de garantias de manutenção (P_falha=0.4)		Aumento dos preços (condições de mercado) (P_sucesso=0.6)	Abandono do cliente (o cliente abandona o serviço) (I=9)
Aumento do preço dos serviços		Marketing e Comunicação (P_falha=0.2)	Cliente	Negociar com Cliente (P_sucesso=0.8)	O cliente abandona o serviço

(P=0.4)					(I=9)
Falta de Candidatos (P=0.3)		Publicidade, empresa externa de captação de funcionário, HeadHunter (P_falha=0.2)	Mão de Obra	Empresa de trabalho temporário (P_sucesso=0.7)	Interrupção do plano de manutenção (I=7)
Formação (P=0.4)	Triagem com teste avaliativo (P_falha=0.3)	Desenvolver um programa interno de formação para candidatos com falta de experiência. (P_falha=0.3), custo 20 000 euros (sala, mobiliário, computadores, certificação, formação dos formadores, consultadores externos)		Empresa externa de manutenção temporária (P_sucesso=0.8)	Não implementação do programa de manutenção (I=9)
Elevada Concorrência (P=0.4)		Forte Publicidade (apresentação do serviço da melhor forma	Declínio no mercado	Negociar com Cliente (P_sucesso=0.8)	Impossibilidade de obter o retorno do investimento do

		possível, incluindo a relação preço- qualidade) (P_falha=0.2)			plano na totalidade (I=8)

Observando a análise realizada anteriormente, podemos concluir que:

- **Hazzard (Custos):** Foi considerada uma probabilidade de falha de 0,3 para a barreira de prevenção da implementação de um programa de gestão *Lean* de forma a combater os custos, dado que este programa apenas será implementado, caso seja desenvolvido com as ferramentas e métodos ideais para conseguir combater o respetivo perigo, ajustando-se às condições da empresa, por exemplo, começar por estabelecer o preço ao cliente consoante a margem e os custos presentes (uma vez o programa desenvolvido, a máxima probabilidade de falha considerada é de 0,3). Para a barreira de prevenção da negociação de garantias de manutenção foi classificada com uma probabilidade de falha de 0,4, isto porque, caso esta negociação fosse realizada com entidades que já são parceiras, a probabilidade de falha seria de 0,2. No entanto, se não conseguirmos negociar com as empresas de manutenção já contratadas, será mais difícil conseguir com uma nova empresa (menos confiança). Desta forma, a probabilidade de falha considerada é de 0,4.

O aumento da taxa de inflação é uma fonte de risco provável de acontecer, atualmente, devido aos acontecimentos que nos rodeiam e por isso estima-se uma probabilidade de 0,5 da mesma aumentar. Caso a inflação aumentar o retorno do investimento realizado reduz, gerando um impacto alto no planeamento (impacto = 8).

Obter uma fiabilidade reduzida é pouco provável, mas não impossível, uma vez que se os custos aumentarem, a empresa não conseguirá prestar um serviço qualificado, o que gera uma desconfiança por parte do cliente (a probabilidade de este acontecimento ocorrer estima-se para 0,3). Se o cliente abandonar a residência, deixaremos de ter lucro o que irá piorar ainda mais a situação, pois não teremos forma de dar continuidade ao plano (impacto = 9).

$$\text{Hazzard (Custos): } (0,5 \times 0,3 \times 0,7 \times 8) + (0,3 \times 0,4 \times 0,6 \times 9) = 1,49 \approx 1,5$$

Expressão 3 – Hazzard Custos

- **Hazzard (Cliente):** A barreira de mitigação desenvolvida para combater os custos de forma a evitar uma fiabilidade reduzida, também funcionam como uma fonte de risco – aumento dos preços do serviço. A probabilidade de os preços aumentarem foi considerada como 0,4, pois existe uma ligação com probabilidade de redução da fiabilidade e a probabilidade do aumento da taxa de inflação (se ocorrer uma das fontes de risco, os preços irão aumentar).

A barreira de prevenção - estratégia charme e contrapartidas – para combatermos o risco do abandono do cliente foi estimada com uma probabilidade de falha de 0,2, uma vez que os clientes quando estão presentes numa residência por muito tempo, criam uma sensação de conforto e os respetivos familiares preferem mantê-los nas mesmas residências, concordando com 80% das estratégias implementadas, do que rejeitá-las e abandonar o lar. O impacto resultante desta fonte de risco será o abandono do cliente devido a um aumento de preços, o que implica a não continuidade do plano devido a redução do volume de negócios, tal como explicado anteriormente (impacto = 9).

$$\text{Hazzard (Cliente): } 0,4 \times 0,2 \times 0,8 \times 9 = 0,58 \approx 0,6$$

*Expressão 4 – Hazzard Cliente*

- **Hazzard (Mão – de – obra):** Atualmente, existe o problema da falta de candidatos para um determinado cargo, nomeadamente candidatos devidamente qualificados, e por isso para esta fonte de risco, foi considerada uma probabilidade de ocorrência de 0,3. Para combater o perigo descrito, foi considerada a barreira de prevenção – Empresa externa de captação de funcionário através da publicidade - com uma probabilidade de falha de 0,2. Existem muitas empresas, neste momento, destinadas a contratar pessoal para exercer funções noutras entidades, o que facilita o processo de recrutamento juntamente com a publicidade em plataformas de ofertas de trabalho. Caso não existir o candidato ideal ou a empresa de manutenções temporária que consiga executar o plano, este será automaticamente interrompido por um dado período (impacto =7).

Por outro lado, a mão-de-obra gera outra fonte de risco – formação. Como a PME em estudo, de momento, não possui nenhum tipo de formação formada ou planeada, existe a possibilidade de esta não preparar o candidato da melhor forma, ou seja, existe a probabilidade da formação falhar ( $p_{falha}=0,4$ ). Para um bom funcionamento do plano de manutenções desenvolvido, é necessário saber implementá-lo, e, para tal, deverá ser criado um programa interno de formação para atribuir as capacidades e conhecimentos necessários ao candidato, de forma a evitar que a implementação do plano seja interrompida. Para esta barreira de prevenção foi considerada uma

probabilidade de falha de 0,3. Caso não exista nenhuma empresa temporária apta para o funcionamento do plano, o mesmo não será implementado, pois não terá ninguém para liderá-lo (impacto=9).

$$\text{Hazzard (Mão-de-obra): } (0,3 \times 0,2 \times 0,8 \times 7) + (0,4 \times 0,3 \times 0,3 \times 0,8 \times 9) = 0,59 \approx 0,6$$

*Expressão 5 – Hazzard Mão de obra*

- **Hazzard (Declínio no mercado):** Uma vez que a empresa estudada está numa fase de crescimento, facilmente poderá entrar na fase do declínio caso não consiga suportar os custos apresentados. Por outro lado, se a concorrência aumentar existe a possibilidade da empresa entrar em declínio, e uma vez que o serviço prestado é um dos que tem tido uma procura elevada ao longo do tempo, este facto torna-se como uma fonte de risco (probabilidade de ocorrência = 0,4). Uma forte publicidade ao serviço foi julgada como uma barreira de prevenção de forma a lidar com o perigo do declínio da empresa no mercado de trabalho. Desta forma, será necessário investir numa forte publicidade para angariar novos clientes, aumentando o volume de negócios e melhorando a rentabilidade para conseguir dar seguimento do plano elaborado (probabilidade de falha = 0,2). Se a estratégia da publicidade falhar, será impossível obter o retorno do investimento do plano, na totalidade o que será interpretado como um prejuízo (Impacto = 8).

$$\text{Hazzard (Declínio): } 0,4 \times 0,2 \times 0,8 \times 8 = 0,512 \approx 0,5$$

*Expressão 6 – Hazzard Declínio*

Ao avaliar os perigos acima descritos, conclui-se que os perigos com o maior risco associado são os custos derivados da possibilidade de aumento da taxa de inflação, ou da redução da fiabilidade.

Para os pontos fracos temos a seguinte análise:

Tabela 10 – Hazzard dos Pontos Fracos

Fontes de Risco	Barreiras de Prevenção	Hazzard (perigo)	Barreiras de Mitigação	Impactos
Doença (P=0.2)	Formação de um funcionário que poderá fazer a vez de forma temporária (P_falha=0.3)	1 Gestor	Gestor em trabalho temporário, ou contratação de empresa de manutenção externa em regime de serviços pontuais (P_sucesso=0.7)	Interrupção do plano (I=7)
Mudança de emprego (P=0.3)	Atratividade das condições de trabalho (P_falha=0.2)		Gestor interino da empresa (temporariamente) (P_sucesso=0.8)	Interrupção do plano (I=7)
Falta de colaboração das empresas antigas (P=0.3)	Oferta de contrapartidas (P_falha=0.2)	Informação	Estratégia de estimativa da informação em falta, estratégia de estimativa conservadora de dados (P_sucesso=0.7)	Redução de eficiência do programa de manutenção (I=8)
Falhas na fase de coordenação de	Estudo elaborado e intenso da circulação	Perturbações na circulação para clientes	Ajustar a circulação constantemente até não existirem	Desmotivação e frustração de colaboradores;

funcionalidades dos elevadores (P=0.6)		das pessoas durante um dado período (P_falha=0.3)	e colaboradores	perturbações (controlo constante) (P_sucesso=0.7)	Insatisfação de cliente (perda de clientes) (I=9)
Falta de Comunicação (Prazo de tempo de implementação do plano excedido) (P=0.3)		Melhorar a comunicação entre: Gestor-residência Gestor-empresas de manutenção (P_falha=0.4)	Resultados	Controlo constante em todas as fases do plano de manutenções (parar imediatamente de executá-lo assim que uma fase não corre como esperada) (P_sucesso=0.6)	Redução do retorno do investimento (I=8)

Observando a análise dos perigos dos pontos fracos realizada anteriormente, podemos concluir que:

- Hazzard (1 Gestor): O facto de contratar apenas um responsável pela implementação do plano, gera duas fontes de risco: a doença e a mudança de emprego. A probabilidade de o contratado ser afetado por alguma doença foi considerada de 0,2, uma vez que antes da contratação são questionados vários temas, incluindo sobre as de saúde. Porém, existe a possibilidade de o gestor desenvolver uma outra doença enquanto executa o plano e por isso, é necessária uma barreira de prevenção. Caso o contratado seja afetado pela doença, a barreira de prevenção será a contratação e formação de um funcionário que irá ocupar o cargo num período temporário, de forma a evitar a interrupção da implementação do plano. Esta barreira de prevenção foi considerada com uma probabilidade de falha de 0,3. Se existir a necessidade de

interromper a implementação do plano, este terá um impacto de nível 7, tal como explicado anteriormente.

Avaliando a segunda fonte de risco – mudança de emprego -, esta tem uma probabilidade de ocorrência de 0,3, uma vez que poderá haver outra entidade a oferecer condições melhores para um cargo semelhante, ou o contratado simplesmente mostrar-se desinteressado pela tarefa. Caso o gestor revele um desinteresse pelo cargo e tencione abandoná-lo, terá de ser desenvolvida uma estratégia para aumentar a atratividade do trabalho, melhorando as condições de trabalho oferecidas – aumento salarial e prémios. A probabilidade de falha desta barreira foi estimada como 0,2. Mais uma vez, se a implementação do plano for interrompida, isso terá um impacto de nível 7.

$$\text{Hazzard (1 Gestor): } (0,2 \times 0,3 \times 0,7 \times 7) + (0,3 \times 0,2 \times 0,8 \times 7) = 0,63 \approx 0,6$$

*Expressão 7 – Hazzard 1 Gestor*

- **Hazzard (Informação):** A falta de informação irá dificultar o desenvolvimento do plano, dado que sem histórico, o responsável não terá uma noção dos elevadores que originam mais gastos nem os problemas mais frequentes, o que, automaticamente, atrasa os processos, gerando uma fonte de risco – falta de colaboração das empresas de manutenção antigas (probabilidade de ocorrência de 0,3, porque a colaboração também é influenciada pelo nível de antiguidade de relação entre as partes). Assim, para o perigo da falta de informação foi criada uma barreira de prevenção que consiste na oferta de contrapartidas às empresas de manutenção já contratadas anteriormente, fazendo com que elas colaborem com o responsável. A probabilidade de falha desta barreira é de 0,2, pois como as empresas são parceiras desde que iniciaram as manutenções dos elevadores da residência, é natural a empresa de manutenção irá facilitar com a recolha de informação e de outros dados.

Caso esta colaboração falhe e o plano seja implementado com informações incompletas, a eficiência do programa de manutenção irá reduzir-se, provocando uma fiabilidade reduzida (impacto=8).

$$\text{Hazzard (Informação): } 0,3 \times 0,2 \times 0,7 \times 8 = 0,34 \approx 0,3$$

*Expressão 8 – Hazzard Informação*

- **Hazzard (Perturbações na circulação):** A fase de definição de uma circulação ideal dos funcionários e clientes é a mais crítica, porque a alteração de circulação de um trajeto para um

dados objetivos, poderá dificultar o funcionamento do dia-a-dia da residência. Qualquer falha identificada nesta fase de coordenação das funcionalidades distribuídas em elevadores provocará perturbações, tanto para os funcionários como para os clientes, e sendo uma fonte de risco que envolve muito detalhe e que requer muita atenção, a probabilidade de ocorrência é de 0,6, inicialmente. Para tal, é necessário um estudo diário, robusto e intenso por um dado período de forma a ter a perceção da circulação ideal para reduzir as avarias dos diferentes elevadores (principalmente os que estão constantemente com problemas). Como esta é uma barreira que tem de ser ajustada sempre que existe uma perturbação, foi considerada uma probabilidade de falha de 0,3.

Caso ocorram perturbações constantes na circulação, automaticamente, gera-se uma frustração por parte dos funcionários e dos clientes, havendo a possibilidade de perda de clientes e criar uma desmotivação dos colaboradores (impacto=9).

$$\text{Hazzard (Perturbações na circulação): } 0,6 \times 0,3 \times 0,7 \times 9 = 1,13 \approx 1,1$$

*Expressão 9 – Hazzard Perturbações na Circulação*

- **Hazzard (Resultados):** Os resultados da organização são afetados também pela falta de comunicação. Sempre que existe uma avaria, uma perturbação, uma dificuldade quer seja na residência quer seja no plano de manutenções, é necessário comunicar e tentar resolver da forma mais clara e eficaz. Atualmente a PME em estudo enfrenta problemas relativas a falta de comunicação, e por isso a probabilidade de ocorrência desta fonte de risco foi considerada como 0,6. A barreira de prevenção deste perigo consiste em criar uma ligação clara e objetiva, desde a residência até as empresas de manutenção, para uma resolução de obstáculos mais rápida (probabilidade de falha considerada de 0,4). Caso o risco se mantenha, existe a possibilidade de o retorno do investimento ser mais reduzido, uma vez que os resultados que estavam previstos não foram alcançados na totalidade (impacto = 8).

$$\text{Hazzard (Resultados): } 0,3 \times 0,4 \times 0,6 \times 8 = 0,58 \approx 0,6$$

*Expressão 10 – Hazzard Resultados*

Ao avaliar os perigos acima descritos, conclui-se que o perigo com probabilidade mais elevada é devido às possíveis perturbações na circulação do pessoal da residência, devido ao trajeto estabelecido de acordo com a estratégia de gestão da manutenção elaborada.

Assim sendo, conclui-se que as barreiras de prevenção pertinentes a implementar na estratégia de implementação de gestão da manutenção proposta, serão baseadas nos custos e nas perturbações na circulação dos colaboradores e dos clientes, de forma a combater as ameaças e os pontos fracos detetados.

Tabela 11 - Hazzards Detetados

<b>Hazzard (Perigos)</b>		
<b>Ameaças</b>	Custos	1,5
	Cliente	0,6
	Mão-de-obra	0,6
	Declínio no mercado	0,5
<b>Pontos Fracos</b>	1 Gestor	0,6
	Informação	0,3
	Peturbações na circulação	1,1
	Resultados	0,6

### 5.3.3 Sugestões de melhoria resultantes da análise de risco

Através da análise de risco *Bowtie*, chega-se à conclusão que é necessário implementar algumas barreiras de prevenção, na estratégia de implementação de gestão da manutenção, de forma a evitar os impactos negativos dos perigos que possam surgir na área dos custos dos custos e das falhas na coordenação de circulação, derivados do aumento da taxa de inflação e das perturbações na circulação.

Para evitar que o retorno do investimento seja inferior ao previsto é necessário sugere-se como trabalho futuro a implementação de que seja implementado um programa de gestão *LEAN* e que o preço do cliente seja colocado tendo em conta o custo do serviço com a margem. Assim, consegue-se confrontar os impactos resultantes do causado pelo aumento da taxa de inflação. Por outro lado, deverão ser implementadas, também, formas de negociação de garantias para combater as perturbações na circulação dos clientes e dos colaboradores. Para tal, sugere-se a realização de estudos adicionais sobre os padrões que será fundamental estudar de forma elaborada e intensa a circulação diária, num dado período, e criar um trajeto de deslocamento ideal, para cada dia e para cada situação, através da ajuda dos colaboradores da residência. Prevê-se que inicialmente, neste processo, irão aparecer diversas falhas e complicações o que poderá levar a uma frustração por parte dos colaboradores e do cliente, e para neste sentido para evitar este dilema, é necessário ajustar a circulação constantemente, reduzindo as perturbações

existentes ao longo do tempo. Este perigo é um dos mais importantes a controlar, porque gera dois impactos críticos: perda de clientes e desmotivação de colaboradores. Caso a PME perca clientes, o seu volume de negócios automaticamente diminuirá, e a uma certa altura a empresa já não terá possibilidade de suportar os custos diários e os custos originados pelo plano de manutenções, transformando o investimento num prejuízo (risco de entrar na fase de declínio). Por outro lado, se os funcionários da empresa mostrarem uma sensação de desmotivação perante as alterações, a qualidade do serviço prestado automaticamente diminuirá, uma vez que os enfermeiros/auxiliares não irão mostrar uma disposição agradável aos clientes, o que por sua vez, poderá potenciar também o abandono do cliente da residência, e para tal a manutenção para evitar o abandono do cliente da residência devido à fiabilidade reduzida.

Desta forma, o ideal será implementar as barreiras de prevenção acima descritas juntamente com o plano de manutenções proposto, para evitar a interrupção do mesmo ou reduzir o retorno do investimento.

Com base nos resultados obtidos na análise de risco realizada na secção anterior, foram identificadas as barreiras de prevenção e mitigação, implementação de um programa de gestão *LEAN* e o estudo intenso da circulação diária, que potencialmente irão aumentar a probabilidade de sucesso da implementação do programa de manutenção proposto. No entanto, a inclusão destas barreiras no programa de manutenção proposto irá implicar um aumento do investimento inicial, neste sentido, torna-se necessário realizar uma nova análise de investimento. Para implementar as barreiras, decidiu-se estabelecer um investimento inicial de 20 000€ mantendo o mesmo tempo útil do projeto (5 anos), uma vez que o desenvolvimento de um programa de gestão *LEAN* é a barreira que poderá causar mais gastos. Assim, aplicou-se a mesma fórmula anteriormente descrita, com os mesmos cashflows ponderados, com o novo investimento inicial:

$$VAL = -20000 + \frac{(-2500)}{1 + 5,8\%} + \frac{(-2000)}{(1 + 5,8\%)^2} + \frac{(-3000)}{(1 + 5,8\%)^3} + \frac{(-1500)}{(1 + 5,8\%)^4} + \frac{(-1000)}{(1 + 5,8\%)^5}$$

Calculando novamente o VAL tendo em conta a situação descrita acima, obtemos um o valor de -28 634,35€. Ou seja, conseguimos melhorar o VAL em 13 719,47€, mas não é possível a recuperação do investimento inicial, e por isso o projeto perde a sua viabilidade.

### 5.3.4 Reavaliação da viabilidade do projeto

Para tornar o projeto viável com o aumento do investimento, será necessário aumentar o tempo de vida útil do projeto para os 6 anos. Considerando os cashflows constantes para todos os anos, para a análise da situação inicial, obtém-se:

$$VAL = 0 + \frac{(-10000)}{1 + 5,8\%} + \frac{(-10000)}{(1 + 5,8\%)^2} + \frac{(-10000)}{(1 + 5,8\%)^3} + \frac{(-10000)}{(1 + 5,8\%)^4} + \frac{(-10000)}{(1 + 5,8\%)^5} + \frac{(-10000)}{(1 + 5,8\%)^6}$$

Significa que apenas os gastos em manutenções corretivas e preventivas dos elevadores, num período de 6 anos gera um VAL<sub>(0)</sub> de -49 483,76€, prejudicando a rentabilidade da empresa.

Para o cálculo do VAL<sub>(1)</sub> incluímos um investimento inicial de 20 000€ mantendo os cashflows ponderados e com um cash-flow de (-1 000) para o ano  $n + 6$ , considerando que o custo nesse período se mantém inalterado.

Recalculando o VAL para as alterações descritas acima, obtemos:

$$VAL = -20000 + \frac{(-2500)}{1 + 5,8\%} + \frac{(-2000)}{(1 + 5,8\%)^2} + \frac{(-3000)}{(1 + 5,8\%)^3} + \frac{(-1500)}{(1 + 5,8\%)^4} + \frac{(-1000)}{(1 + 5,8\%)^5} + \frac{(-1000)}{(1 + 5,8\%)^6}$$

Aplicando a fórmula indicada, obtém-se um VAL<sub>(1)</sub> de -27 789,96€, o que indica que melhorou se o valor em 21 693,80€ comparando com a situação inicial para o período de 6 anos, e ainda gera um excedente de 1 693,80€. Significa que após os 6 anos de implementação do plano, obtemos o retorno do investimento, e recuperamos a viabilidade económica do projeto.

Uma vez comprovada a viabilidade do projeto, pode-se recalculer a TIR incluindo o novo investimento inicial estabelecido. Assim, resolveu-se dividir o lucro estimado pelo VAL<sub>(1)</sub>, 21 693,80€, pelos 6 anos, obtendo um valor de 3 615,63€ de cash-flows constantes ao longo do período de tempo estimado. Assim o cálculo da TIR<sub>(1)</sub> será:

$$0 = -20000 + \frac{3615,63}{1 + TIR} + \frac{3615,63}{(1 + TIR)^2} + \frac{3615,63}{(1 + TIR)^3} + \frac{3615,63}{(1 + TIR)^4} + \frac{3615,63}{(1 + TIR)^5} + \frac{3615,63}{(1 + TIR)^6}$$

Utilizando a fórmula acima descrita, obtemos uma TIR<sub>(1)</sub> de 2,4%, o que significa que o projeto é viável dado que a TIR<sub>(1)</sub> é superior a zero, contudo não consegue ser superior à TMA

considerada (  $2,4\% < 5,8\%$ ). Mais uma vez, como trata-se de uma proposta de investimento para melhorar a situação atual, concluí se que a proposta do plano de manutenções elaborado incluindo as novas barreiras de prevenção e estabelecendo um período de 6 anos, é economicamente viável e a taxa de rentabilidade mínima para tornar este plano viável é de 2,4%.

## 6 Conclusões Finais

O presente trabalho teve como objetivo criar um plano de manutenções corretivas e preventivas dos elevadores, de forma a reduzir os gastos da empresa e para tal, foi necessária uma análise aprofundada dos custos de manutenção dos diferentes equipamentos presentes numa residência de alojamento de idosos com incapacidade física e psicológica.

Através da ferramenta AHP foi possível chegar à conclusão que os elevadores geram mais custos de obras e reparações devido a manutenções corretivas que os restantes equipamentos, apresentando um peso maior nos gastos totais em obras e reparações, cerca de 38%. Aplicando outra ferramenta da decisão multicritério, FMEA, conseguimos concluir que os modos de falha mais críticos são as elevadas avarias dos equipamentos e a inexistência de um manual de instruções para conseguir elaborar um plano de manutenções de forma a reduzir os gastos financeiros.

Sobre as conclusões e resultados, a primeira observação a ser feita é em relação aos métodos de controlo adotadas pela empresa. Verificou-se que a empresa, de momento, não tem acesso a nenhum histórico de acontecimentos acerca das manutenções preventivas e corretivas dos cinco elevadores presentes no lar, o que dificulta o processo do controlo. Um dos aspetos fundamentais é a criação de uma ficha técnica para o registo de todas as manutenções realizadas, assim como as obras e reparações das diferentes anomalias, incluindo a data de inspeção e a data em que cada elevador ficou apto para nova inspeção. Este será o passo fundamental, para conseguir-se destacar quais dos elevadores estão constantemente com problemas, para posteriormente serem definidas as regras de utilização diária limitada, para os mesmos.

A estimativa de valores e informação foi necessário e é considerada como uma limitação do trabalho, no entanto estas estimativas foram obtidas com base num racional lógico e com base em informação limitada, mas real. Percebeu-se o quão é importante corrigir e melhorar estes custos, de forma a evitar o abandono do cliente da residência, por falta de qualidade de prestação do serviço. Apesar de ser um projeto de investimento, a implementação do plano de manutenções criado, numa primeira visão, é economicamente viável gerando um excedente no valor de 1719,47€, com uma taxa de rentabilidade mínima de 4%, para um período de 5 anos.

Após uma análise de risco *Bowtie* quantitativo do plano de estratégia elaborada, chega-se à conclusão de que é necessário implementar algumas barreiras de prevenção para evitar a interrupção do plano de manutenções ou prejudicar o retorno do seu investimento. No entanto, para manter a viabilidade económica do projeto com um investimento inicial de 20 000€, o tempo de vida útil do projeto a considerar será de 6 anos.

## 6.1 Trabalhos Futuros

Para a proposta do plano de manutenções desenvolvido, uma das sugestões para trabalhos futuros é em relação às dificuldades de coordenação da circulação dos clientes e dos colaboradores, hoje com os avanços tecnológicos poderá existir alguma forma de criar um programa para controlo e facilitação deste processo. Desta forma, a primeira sugestão de um trabalho futuro a desenvolver seria um programa que ajudasse cada funcionário a perceber qual a melhor circulação, numa determinada hora para um determinado motivo, registando novos trajetos todos os dias, melhorando e facilitando a circulação no dia-a-dia, sem reforçar o uso de apenas dois dos cinco elevadores presentes da residência.

Outra proposta de trabalho futuro o desenvolvimento de um programa de gestão *LEAN* para enfrentar o aumento da taxa de inflação, que hoje em dia é um fator importante a considerar. É essencial a implementação de uma estratégia de manutenção ou um plano de manutenção, com os devidos recursos de forma a controlar os gastos existentes na PME. O objetivo é facilitar os processos através do uso das tecnologias existentes ou através da evolução das mesmas, desenvolvendo e implementando um software onde seja possível apurar os dados, num ponto de vista de custos de manutenção.

A estratégia de implementação de gestão de manutenção elaborada ficará completa com o desenvolvimento destes novos programas, e assim será possível melhorar o resultado da empresa, com menos custos em manutenções de elevadores e uma melhor qualidade de serviço prestado ao cliente.

# Referências

- Análise das falhas no serviço de manutenção de uma petroquímica por meio das ferramentas da qualidade | *Silva / Exacta*. (sem data). Obtido 14 de Dezembro de 2021, de <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/8894/8911>
- Aplicação e comparação de métodos de apoio à decisão multicritério: *AHP, TODIM e PROMETHEE II* | *Neves / Exacta*. (sem data). Obtido 28 de Novembro de 2021, de <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/17531/9024>
- Atividades económicas em Portugal. (sem data). *RTP Ensina*. Obtido 14 de Março de 2022, de <https://ensina.rtp.pt/artigo/atividades-economicas-em-portugal/>
- Bacelar, L. M. F. (sem data). Universidade Federal de Pernambuco Centro de Tecnologia e Geociências Departamento de Engenharia Elétrica Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/33444>
- Boletim Económico—Dezembro 2021. (sem data). [https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/pdf-boletim/be\\_dez2021\\_p.pdf](https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/pdf-boletim/be_dez2021_p.pdf)
- Chaves, B. M., Oliveira, B. R., Rabaioli, S., Teixeira, I. E., & Pizzolato, M. (2020). Aplicação da metodologia FMEA em um processo de uma indústria metalúrgica. *Tecno-Lógica*, 24, 308–316. <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v2i0.15749>
- Costa, T. B. da S., & Mendes, M. A. (2018). Análise da causa raiz: Utilização do diagrama de *Ishikawa* e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura. <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/10450>
- Custódio, S. F. (2016). Fundação Universidade Federal de Rondonia – Unir Campus Professor Francisco Gonçalves Quiles. <https://www.ri.unir.br/jspui/handle/123456789/1388>

Daroit, D. J., & Feil, A. A. (2016). Modelo de gestão de riscos em uma prestadora de serviços (Risk management model in a service provider). *Revista Ciências Administrativas*, 22(2), 637. <https://doi.org/10.5020/2318-0722.22.2.637-668>

de Figueiredo, D. L. (sem data). *Gestão da Manutenção: Metodologias e Ferramentas para Análises de Falhas*.

[https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/10202019\\_011052\\_5dabdc30a9927.pdf](https://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/10202019_011052_5dabdc30a9927.pdf)

Desconzi, D. F. (2019). *Academia Militar das Agulhas Negras Academia Real Militar (1810) Curso de Ciências Militares*.

<https://bdex.eb.mil.br/jspui/bitstream/123456789/6314/1/6474.pdf>

*EBSCOhost | 127784599 | A utilização do ciclo PDCA para melhoria da qualidade na manutenção de shuts*. (sem data). Obtido 23 de Setembro de 2023, de

<https://web.s.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=21758018&AN=127784599&h=ZOK1pALn0%2fHnwkT1r0HBpIL36rdVTwoXzab6T4YYqQxYhjx%2bIgcqvEwv6aBR6h9II4%2buGLd7sRudeHp7yJn3wQ%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d21758018%26AN%3d127784599>

Faria, G. N. L. de, & Longhini, T. M. (2021). Ciclo PDCA Aplicado à Gestão da Manutenção de Equipamentos Laboratoriais de Uma Indústria de Celulose. *Produto & Produção*, 22(2), 2. <https://doi.org/10.22456/1983-8026.101859>

Ferreira, R. R. (2018). *Análise de riscos em serviços de manutenção predial*. <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/18342>

- Ferreira, R. S., & Silva, M. G. D. (2018). Lean Office: Uma aplicação no planeamento de ordens de manutenção. *Revista de Iniciação Científica da ULBRA*, 1(16), 16. <https://doi.org/10.4322/ic.v1i16.4682>
- Filho, E. D., Souza, C. J. A. de, Herrera, V. É., & Souza, M. de F. C. (2017). Otimização da performance da linha de produção mediante a implantação da Manutenção Produtiva Total. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, 5(7), 7. <https://doi.org/10.5380/relainep.v5i7.49109>
- Fontanive, F., Corso, L. L., Zeilmann, R. P., & Biasin, R. N. (sem data). Aplicação do Método de Análise Multicriterial AHP como Ferramenta de Apoio a Tomada de Decisão. <https://revistaespacios.com/a17v38n19/a17v38n19p06.pdf>
- Galvão, S. de O., & Amarante, M. dos S. (2018). A Conceituação do FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). *Revista Pesquisa e Ação*, 4(1), 1. <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/362>
- Girão, A. H. F., Amorim, A. A., & Masih, R. T. (2016). Análise do processo da aplicação da manutenção produtiva total no setor de tingimento de uma indústria têxtil. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/53776>
- Gonçalves, F. C. (2018). Uma abordagem *multistakeholder* para análise de árvore de falhas no setor terciário. <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/25896>
- Gupta, S., Sharma, M., & Sunder M., V. (2016). Lean services: A systematic review. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 65(8), 1025–1056. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-02-2015-0032>
- Leite, S. R. (2019). Modelo para Avaliação de Riscos em Segurança de Barragens com associação de métodos de análise de decisão multicritério e Conjuntos *Fuzzy*. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/36965>

Marques, C. I. (2020). Aplicação da metodologia *Lean*, para o aumento de produtividade.

<https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/33038>

Menezes, C. A. G. (2020). FMEA de processo na indústria automotiva: Uma análise sobre a aplicação do número de prioridade de risco (RPN).

<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/191819>

Ohta, R. (sem data). Universidade Estadual Paulista Campus de Guaratinguetá.

<https://repositorio.unesp.br/items/1ca28050-1886-47a1-9f3e-52fb523662d1>

Ozelim, R. D. P. (2017). Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento de Engenharia de Produção.

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16059>

Paladino, A. Á. B. (2020). Diagnóstico para melhoria da produtividade do setor de Estamparia de uma fábrica do polo industrial de Manaus (PIM).

<http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/3326>

Pessoa, J. (sem data). Análise do Processo da aplicação da Manutenção Produtiva Total no setor de Tingimento de uma Indústria Têxtil.

[https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=pt-](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=pt-)

[PT&user=3jHACocAAAAJ&citation\\_for\\_view=3jHACocAAAAJ:Y0pCki6q\\_DkC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=pt-PT&user=3jHACocAAAAJ&citation_for_view=3jHACocAAAAJ:Y0pCki6q_DkC)

Ponciano, K. R., Sena, J. R., Pereira, L. S., & Moreira, S. (2021). Aplicação do diagrama de Pareto e a metodologia TPM como forma de melhoria do processo produtivo e redução Downtime. *South American Development Society Journal*, 7(21), 21.

<https://doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v7i21p173-189>

População empregada: Total e por grandes sectores de actividade económica. (sem data).

Obtido 16 de Março de 2022, de

<https://www.pordata.pt/Portugal/Popula%C3%A7%C3%A3o+empregada+total+e+por+grandes+sectores+de+actividade+econ%C3%B3mica-32-2745>

Reis, G. de P. dos. (2016). *Lean manufacturing* aplicado à gestão da manutenção: Estudo de múltiplos casos. <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/2495>

Relatório n.º 5/2021 | DRE. (sem data). Diário da República Eletrónico. Obtido 14 de Março de 2022, de <https://dre.pt/>

Rivas, R. E. G. (sem data). Uso do método multicritério para tomada e decisão operacional tendo em conta riscos operacionais, à segurança, ambientais e à qualidade. [https://pei.ufba.br/sites/pei.ufba.br/files/rene\\_ernesto\\_garcia\\_rivas.pdf](https://pei.ufba.br/sites/pei.ufba.br/files/rene_ernesto_garcia_rivas.pdf)

Rodrigues, R. A. (sem data). O contributo da metodologia AHP no processo de seleção e priorização de projetos estratégicos.

Rolando, D. A. R. [UNESP. (2018). Aplicação de método de tomada de decisão multicritério para priorização de projetos *Lean Six Sigma*. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/153428>

Santana, E. C. de S. (2019). Gestão de risco nos critérios de priorização para aprovação de projetos. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/35249>

Santos, A. P., & Pozzetti, J. V. T. (sem data). Utilização da ferramenta Diagrama de Pareto para auxiliar na identificação dos principais problemas nas empresas. 12. <https://unisalesiano.com.br/aracatuba/wp-content/uploads/2020/12/Artigo-Utilizacao-da-ferramenta-Diagrama-de-Pareto-para-auxiliar-na-identificacao-dos-principais-problemas-nas-empresas-Pronto.pdf>

Setor dos serviços já perdeu mais de 66 mil milhões de euros devido à covid-19. (sem data). Obtido 16 de Março de 2022, de <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/comercio/detalhe/setor-dos-servicos-ja-perdeu-mais-de-66-mil-milhoes-de-euros-devido-a-covid-19>

Setor dos serviços regista forte crescimento no primeiro trimestre. (sem data). Obtido 14 de Março de 2022, de <https://www.jornaldenegocios.pt/economia/conjuntura/detalhe/setor-dos-servicos-regista-forte-crescimento-no-primeiro-trimestre>

Setor terciário em rotura com a maioria dos prestadores de serviços sem rendimentos. (sem data). Obtido 16 de Março de 2022, de <https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/comercio/detalhe/setor-terciario-em-rotura-com-a-maioria-dos-prestadores-de-servicos-sem-rendimentos>

Silva, M. S. da. (2019). Gestão da manutenção - Planeamento e Controle da Manutenção: Princípios para aumentar a produtividade e a eficiência da manutenção. <http://repositorio.unitau.br:8080/jspui/handle/20.500.11874/4496>

Silva, T. B. da, Gebran, M. E., & Silva, O. R. da. (2016). Análise das estratégias de manutenção de equipamentos: Um estudo para a redução de custos na empresa GEOFUND Engenharia. *Refas - Revista Fatec Zona Sul*, 3(1), 1. <http://www.revistarefas.com.br/index.php/RevFATECZS/article/view/66>

Silva, M. G. D. (2016). Jidoka: Conceitos e aplicação da autonomação em uma empresa da indústria eletrônica. *Revista ESPACIOS | Vol. 37 (Nº 02) Año 2016*. <http://es.revistaespacios.com/a16v37n02/16370218.html>

Silva, S. B., Araujo, P. V. G., Santos, P. F. T., Barreto, L. C. C., & Carneiro Neto, J. A. (2019). Diagrama de Pareto: Verificação da ferramenta de qualidade por patentes. <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/12564>

Teles, F. M. M. (2021). Análise de dados com utilização de métodos para encontrar causas fundamentais de problemas aplicado em um estudo de caso para redução do prejuízo logístico em uma cervejaria. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34687>

Universidade Portucalense - Infante D. Henrique, Tavares, F. O., Pacheco, L., Universidade Portucalense - Infante D. Henrique, Pires, M. R., & Universidade Portucalense - Infante

- D. Henrique. (2016). Gestão do Risco nas “PME de Excelência” Portuguesas. *Tourism & Management Studies*, 12(2), 135–144. <https://doi.org/10.18089/tms.2016.12215>
- Vieira, J. B., & Barreto, R. T. de S. (2019). Governança, gestão de riscos e integridade. <http://repositorio.enap.gov.br/jspui/handle/1/4281>
- Vieira, L. F., & Silva, V. C. da. (2018). Melhoria de rotinas da manutenção a partir do acompanhamento de indicadores de fiabilidade. <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/16418>
- Xenos, H. G. (2014). Gerenciando a manutenção produtiva: Melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade. <https://books.google.pt/books?id=ByfwDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-PT#v=onepage&q&f=false>
- Piazza, A. (2020). Como Usar a Tela do Modelo de Negócios | LAB020 • Octanage. *Octanage*. <https://octanage.com/podcast/2020/como-usar-a-tela-do-modelo-de-negocios-lab020/>
- Carneiro, J. P. dos S. (2022). *Desenvolvimento de manutenção produtiva*. <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/20830>
- Silva, V. F. (2012). *ANÁLISE DE RISCO NA CONSTRUÇÃO – GUIA DE PROCEDIMENTOS PARA GESTÃO*. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72676/1/000154217.pdf>
- de Ruijter, A., & Guldenmund, F. (2016). The bowtie method: A review. *Safety Science*, 88, 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.03.001>
- Jacinto, C., & Silva, C. (2010). A semi-quantitative assessment of occupational risks using bow-tie representation. *Safety Science*, 48(8), 973–979. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.08.008>

