



ISEL INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR DE
ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica



Modelo de Implementação dos princípios *lean* em projetos de melhoria contínua numa empresa do setor elétrico

ANA SOFIA COSTA ALMEIDA

(Licenciada em Engenharia Química e Biológica – Ramo de Ambiente)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador:

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor José Manuel Cardoso Igreja

Vogal: Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera

Outubro de 2021



ISEL
INSTITUTO SUPERIOR DE
ENGENHARIA DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

Modelo de Implementação dos princípios *lean* em projetos de melhoria contínua numa empresa do setor elétrico

ANA SOFIA COSTA ALMEIDA

(Licenciada em Engenharia Química e Biológica – Ramo de Ambiente)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador:

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor José Manuel Cardoso Igreja

Vogal: Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera

Outubro de 2021

Agradecimentos

Nesta etapa da minha vida, ao longo de dois anos, nem sempre tudo foi fácil. Ao longo deste processo, foram alguns os que, de alguma forma, me apoiaram e ajudaram a concluir com sucesso esta fase que me trará novas oportunidades e novos desafios profissionais.

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Central do Ribatejo da EDP Produção, em nome do Eng. Nuno Timóteo, pela oportunidade de poder abraçar este desafio, numa empresa que me é tão familiar. Não esquecendo também a passagem de conhecimento do Jesus Rodrigues e do Xavier Tomás, fundamental neste projeto, e que sempre me receberam bem e estiveram disponíveis para me ajudar a concluir este projeto.

Ao João Moura, o alentejano que cultivou em mim o gosto pela Melhoria Contínua, e que foi uma peça fundamental ao longo destes meses, sempre disponível e atencioso, o meu obrigada.

Ao Professor António Abreu, por ser meu orientador nesta dissertação e por acompanhar o desenvolvimento deste projeto.

À minha família, importante em todas as fases da minha vida, boas ou más, que sempre me apoiam nos momentos mais críticos e nos mais empolgantes.

Ao Pedro, por todo o apoio e “palestras motivacionais” que me foram guiando ao longo deste desafio.

Por fim, mas não menos importante a todos os amigos e colegas, que me acompanham há mais ou menos tempo. À Patrícia e à Sofia, obrigada por tudo, *you rock girls*. À Catarina, ao João Gouveia e ao Wellington, companheiros de trabalhos e trabalhinhos, fomos salvos nas noites frias pelas sopas e tostas do Firmino. Mesmo depois impedidos pelas aulas *online*, está feito!

A todos,

O meu obrigada!

Nomenclatura

AT	Autorização de Trabalho
BPD	<i>Business Process Diagram</i>
BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
CPM	<i>Critical Path Method</i>
DPMO	Defeitos Por Milhão de Oportunidades
DPU	Defeitos Por Unidade
EDP	Energias de Portugal, S.A.
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
FTT	<i>First Time Trought</i>
GQCDM	<i>Growth, Quality, Cost, Delivery e Motivation</i>
IDM	<i>Innovation and Development Management</i>
IDP	Índices de Desempenho Parciais
IDS	Índice de Desempenho global do Sistema
JIT	<i>Just-in-Time</i>
LC	Linha Central
LIC	Limite Superior de Controlo
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSC	Limite Inferior de Controlo
LSE	Limite Superior de Especificação
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
NPR	Número Prioritário de Risco
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OM	Ordem de Manutenção
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PMP	Plano de Manutenção Preventiva
P/T	<i>Processing Time</i>
SIPOC	<i>Suppliers, Inputs, Processes, Outputs, Customers</i>
TFM	<i>Total Flow Management</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>

TSM	<i>Total Service Management</i>
UNGE	Unidade de Negócio de Gestão de Energia da EDP
VA	Valor Acrescentado
VNA	Valor Não Acrescentado
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

Resumo

No paradigma atual, as empresas precisam de se tornar cada vez mais eficientes para que continuem a ser competitivas no mercado em que atuam, sendo importante implementarem práticas que permitam a redução de desperdícios, ou preferencialmente, a sua eliminação.

Neste âmbito, surge a presente Dissertação de Mestrado, que pretende estudar a importância da abordagem *Lean* na competitividade das organizações. Para tal foram estudados a Filosofia *Lean* e o Pensamento *Lean*, a base para implementação de práticas de redução de desperdícios. Estes conceitos servem de suporte para toda a dissertação, tendo como ponto fulcral o conceito de desperdício.

O principal objetivo desta dissertação foi a criação de um modelo conceptual que envolve seis subfases: Definir, Caracterizar, Analisar, Classificar, Melhorar e Verificar. Em cada uma delas, foram utilizadas ferramentas *Lean*, contribuindo assim para alcançar os objetivos da respetiva subfase. O cerne deste estudo prende-se com a classificação das atividades de um determinado processo, em atividades de valor acrescentado e atividades de valor não acrescentado, seguido da medição do desempenho global desse processo através do Seis Sigma e do *Balanced Scorecard*.

Sendo o processo de manutenção o que, muitas vezes, devido a ineficiências, representa os maiores custos para a organização, o modelo conceptual foi aplicado a uma empresa do setor elétrico, analisando o processo de Manutenção, com o objetivo de tornar esse processo mais eficiente. O caso de estudo foi aplicado à empresa EDP Produção, na Central do Ribatejo, no âmbito do protocolo de estágio curricular entre a EDP Gestão da Produção de Energia, S.A. e o Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Aliado a este estudo, surge a importância do desenvolvimento e inovação tecnológica, que permite aumentar a eficiência do processo e reduzir ou eliminar atividades de valor não acrescentado. Ao utilizar um novo *software* aplicado ao processo de manutenção da Central do Ribatejo, prevê-se que seja possível reduzir 36% do *lead time*, com a sua total implementação, o que correspondente a uma redução de 2,1 horas de trabalho. Com a implementação de outras melhorias sugeridas, o processo de manutenção poderá atingir um aumento de 43% na eficiência, em comparação com o processo original (uma redução adicional de 0,5 horas de trabalho).

Palavras-chave: *Lean*, desperdício, melhoria de processos, desempenho, manutenção, Seis Sigma, *Balanced Scorecard*.

Abstract

Nowadays, companies need to become more and more efficient so that they continue to be competitive in the markets in which they operate. For this, it is important to implement practices that allow the reduction of waste, or preferably, its elimination. These practices can be based on a Lean Philosophy.

In this context, the present Master's Dissertation arises, aiming to study the importance of the Lean approach in the competitiveness of organizations. Thus, it was important to study the Lean Philosophy and Lean Thinking, which serve as a basis for implementing waste reduction practices. These concepts serve as support for the entire dissertation, having as its main point the concept of waste.

The main objective of this dissertation was to create a conceptual model that involves six phases: Define, Characterize, Analyse, Classify, Improve and Verify. In each of them, Lean tools were used, thus contributing to achieving the objectives of the respective phase. The core of this study is related to the classification of the activities of a given process into value-added activities and non-added-value activities, followed by the measurement of the overall performance of that process through Six Sigma and the Balanced Scorecard.

As the maintenance process is often the one that, due to inefficiencies, represents the greatest costs for the organization, the conceptual model was applied to a company in the electricity sector, analysing the Maintenance process, with the objective of making the process efficient. The case study was applied to the company EDP Produção, at the Central do Ribatejo, within the scope of the curricular internship protocol between EDP Gestão da Produção de Energia, S.A. and Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Allied to this study, there is the importance of technological development and innovation, which allows to increase the efficiency of the process and reduce or eliminate non-added value activities. By using a new software applied to the maintenance process of Central do Ribatejo, with its full implementation, it is expected that it will be possible to reduce 36% of the lead time, which corresponds to a reduction of 2.1 hours of work. With the implementation of other suggested improvements, the maintenance process can achieve a 43% increase in efficiency compared to the original process (an additional 0.5 hour of work reduction).

Keywords: Lean, waste, processes improvement, performance, maintenance, Six Sigma, Balanced Scorecard.

Índice

Agradecimentos	I
Nomenclatura	III
Resumo	V
Abstract	VII
Índice de Figuras	XI
Índice de Tabelas	XIII
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento e Objetivos	1
1.2 Metodologia.....	2
1.3 Estrutura da Dissertação.....	4
2. A Importância da Abordagem <i>Lean</i> na Competitividade das Organizações	5
2.1 Filosofia <i>Lean</i>	6
2.1.1 História e Origem	6
2.1.2 Pilares Conceptuais do Toyota Production System	8
2.2 Pensamento <i>Lean</i>	15
2.2.1 Princípios do Pensamento Lean	15
2.2.2 Tipos de Inovação	16
2.2.3 Desperdícios.....	17
2.2.4 Classificação de Atividades	23
2.2.5 Benefícios e Barreiras do Pensamento Lean.....	24
2.3 O Papel da Manutenção <i>Lean</i> para a Eficiência dos Processos	26
2.4 Seis Sigma.....	34
2.5 Ferramentas <i>Lean</i> para a melhoria de processos	37
2.5.1 Ciclo PDCA	39
2.5.2 Relatório A3	40
2.5.3 Brainstorming vs. Brainwriting.....	42
2.5.4 Diagrama de Ishikawa	44
2.5.5 5 Porquês	45
2.5.6 5W2H	46
2.5.7 Trabalho padronizado	47
2.5.8 5 S.....	48
2.5.9 Indicadores Chave de Desempenho	50
2.5.10 Balanced Scorecard.....	52
2.5.11 Diagrama SIPOC	55

2.5.12	Voz do Cliente	56
2.5.13	Mapeamento do Fluxo de Valor	57
2.5.14	Fluxograma ou Mapeamento de Processos - BPMN	58
2.5.15	Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos.....	60
3.	Modelo Proposto.....	63
3.1	Fase de Pré-Avaliação	65
3.1.1	Definir.....	65
3.1.2	Caracterizar	66
3.1.3	Analisar.....	67
3.2	Fase de Implementação	69
3.2.1	Classificar	69
3.2.2	Melhorar	71
3.3	Fase Resultados.....	74
3.3.1	Verificar.....	74
4.	Caso de Estudo	77
4.1	Caracterização da Empresa.....	77
4.1.1	História do Grupo EDP	77
4.1.2	Central do Ribatejo	78
4.1.3	Funcionamento da Central do Ribatejo	79
4.1.4	Unidade de Negócio de Gestão de Energia	80
4.2	Processo de Gestão da Manutenção	82
4.3	Aplicação do Modelo Proposto.....	84
4.3.1	Definir.....	84
4.3.2	Caracterizar	87
4.3.3	Analisar.....	90
4.3.4	Classificar	102
4.3.5	Melhorar	107
4.3.6	Verificar.....	112
5.	Conclusões e Trabalhos Futuros	113
	Referências Bibliográficas.....	115
	Anexos	122

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Metodologia do Trabalho Final de Mestrado	3
Figura 2.1 - Casa TPS	9
Figura 2.2 - Sistema de produção puxada vs. Sistema de produção empurrada	10
Figura 2.3 - Etapas do processo de melhoria contínua	13
Figura 2.4 - Esquematização das ferramentas utilizadas para classificação de desperdícios	17
Figura 2.5 - Representação dos 3 MUs	19
Figura 2.6 - Os sete tipos de desperdícios	21
Figura 2.7 - Ferramenta <i>Tool Time</i> - classificação das atividades.....	23
Figura 2.8 - Significado do TPM	27
Figura 2.9 - Pilares do TPM	28
Figura 2.10 - Tipos de Manutenção	30
Figura 2.11 - Distribuição Normal.....	34
Figura 2.12 - Comparação dos diferentes níveis Sigma	36
Figura 2.13 - Representação do Ciclo PDCA	39
Figura 2.14 - Exemplo de estrutura de um Relatório A3	40
Figura 2.15 - Paralelismo entre o Relatório A3 e o Ciclo PDCA	42
Figura 2.16 - Representação de um Diagrama de Ishikawa	44
Figura 2.17 - Representação esquemática da utilização da ferramenta 5 Porquês	46
Figura 2.18 - Eficiência vs. Eficácia.....	52
Figura 2.19 - Estrutura do <i>Balanced Scorecard</i>	53
Figura 2.20 - Exemplo de representação de um VSM	58
Figura 2.21 - Etapas para análise FMEA.....	61
Figura 3.1 - Subfase Definir.....	65
Figura 3.2 - Subfase Caracterizar	66
Figura 3.3 - Subfase Analisar.....	67
Figura 3.4 - Classificação das Atividades mediante o Valor para o cliente e respectivas ações	68
Figura 3.5 - Subfase Classificar	69
Figura 3.6 - Subfase Melhorar	71
Figura 3.7 - Matriz de Prioridades	71
Figura 3.8 - Exemplo de um Diagrama de Atividades.....	72
Figura 3.9 - Exemplo de um Gráfico de Gantt	73
Figura 3.10 - Subfase Verificar.....	74

Figura 3.11 - Metodologia para verificação de resultados	74
Figura 3.12 - Exemplo de uma carta de controlo	76
Figura 4.1 - Evolução histórica do Grupo EDP	78
Figura 4.2 - Organograma da Central do Ribatejo	78
Figura 4.3 - Funcionamento simplificado de uma central termoelétrica de ciclo combinado	79
Figura 4.4 - Esquema simplificado de um grupo da Central do Ribatejo	80
Figura 4.5 - Relatório A3 do projeto em estudo	86
Figura 4.6 - Mapeamento do processo de gestão da manutenção da Central do Ribatejo	88
Figura 4.7 - Diagrama VSM do processo de gestão da manutenção da Central do Ribatejo	92
Figura 4.8 - Diagrama de Ishikawa do caso de estudo	94
Figura 4.9 - Número de notas de avaria criadas e respetivo encerramento	99
Figura 4.10 - Ordens de Manutenção dos diferentes tipos (em 2020)	100
Figura 4.11 - Número de ordens de manutenção com origem no Plano de Manutenção Preventiva, por tipo	100
Figura 4.12 - Horas despendidas por tipo de manutenção (dados de 2018, 2019 e 2020)	101
Figura 4.13 - Processo de Manutenção com utilização do <i>Mobipro</i>	109
Figura 4.14 - VSM do processo de manutenção com utilização do <i>Mobipro</i>	110
Figura 4.15 - VSM do processo de manutenção com implementação de melhoria sugerida	111

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Comparação da produção em massa com a produção <i>Lean</i>	8
Tabela 2.2 - Os 5 M + Q + S e os possíveis desperdícios.....	20
Tabela 2.3 - Identificação dos desperdícios associados a um processo de manutenção.....	32
Tabela 2.4 - Alocação dos desperdícios associados a um processo de manutenção genérico	33
Tabela 2.5 - Comparação dos diferentes níveis Sigma	36
Tabela 2.6 - Ferramentas <i>Lean</i> selecionadas e justificação da escolha	37
Tabela 2.7 - Tabela para registo de propostas no <i>Brainwriting</i>	43
Tabela 2.8 - Identificação e descrição das cinco fases da metodologia 5 S	49
Tabela 2.9 - Representação de um diagrama SIPOC	55
Tabela 2.10 - Valores a atribuir à Severidade, Ocorrência e Detecção.....	61
Tabela 3.1 - Estrutura do Modelo conceptual proposto	64
Tabela 3.2 - Procedimento para determinar o nível Seis Sigma da organização	70
Tabela 4.1 - <i>Project Charter</i> do projeto	85
Tabela 4.2 - Diagrama SIPOC do processo de gestão da manutenção - Central do Ribatejo.....	87
Tabela 4.3 - 5W2H aplicado ao processo de gestão da manutenção.....	95
Tabela 4.4 - Identificação dos modos de falha no processo de gestão da manutenção e respetiva quantificação do NPR.....	96
Tabela 4.5 - Tempo médio de reparação de avarias em cada um dos Grupos da Central Ribatejo ..	101
Tabela 4.6 - Identificação das atividades envolvidas no processo de gestão da manutenção da Central do Ribatejo.....	104
Tabela 4.7 - <i>Balanced Scorecard</i> aplicado ao processo de manutenção da Central do Ribatejo.....	106
Tabela 4.8 - Resultados de P_n , D_n e IDP_n , para os indicadores medidos.....	107
Tabela 4.9 - Cálculos para apurar o nível seis sigma	107
Tabela 4.10 - Valores de <i>Lead time</i> para o processo tradicional, processo com utilização do <i>Mobipro</i> e implementação de outras melhorias.....	111
Tabela 4.11 - Valores de redução esperada ao concluir a implementação do <i>Mobipro</i> e de outras melhorias	112

1. Introdução

O primeiro capítulo da dissertação, que tem como objetivo a apresentação e enquadramento do tema selecionado para o seu respetivo desenvolvimento, divide-se em três subcapítulos: no primeiro subcapítulo, de enquadramento ao tema, serão identificados e explicados os objetivos da dissertação. De seguida, será divulgada a metodologia utilizada, com as diferentes fases, e será, por fim, clarificada a estrutura da presente dissertação.

1.1 Enquadramento e Objetivos

Os mercados têm vindo a tornar-se cada vez mais globalizados e competitivos, estando em constante mudança e evolução. Para que possam “manter-se na competição”, é necessário que procurem instrumentos que lhes permitam aumentar a produtividade e obter vantagem competitiva. Para tal, muitos recorrem às práticas *Lean*. Este conceito, uma vez que não tem tradução direta para a língua portuguesa, é muitas vezes explicado como sendo “algo saudável”, descrevendo a inexistência de desperdício. Para além desta, existem outras definições que tentam ao máximo aproximar-se do conceito *Lean*, como é o caso de “magro” e “sem gordura”, uma vez que sugere a utilização de apenas o necessário, isto é, em termos de recursos, tais como pessoas, espaço, materiais, *stocks*, entre outros. A redução destes fatores fará com que seja aumentada a eficiência do processo e conseqüentemente poderá traduzir-se num aumento da qualidade do produto e/ou do serviço prestado.

Após a implementação dos princípios *Lean* nas empresas industriais, ao longo dos anos, são cada vez menos as dúvidas sobre os seus benefícios na eliminação de desperdícios e no conseqüente aumento da eficiência das organizações. No Século XX, a indústria encarou o desafio da passagem da produção em massa, para uma produção personalizada às características de cada cliente. A lógica de produção deslocou-se sucessivamente da quantidade para a qualidade, para o custo e, finalmente, para o valor (Machado, 2007). Esta alteração permitiu que, ao longo dos anos, muitas organizações melhorassem a produtividade dos seus processos e da própria organização ao adotarem os princípios do *Lean Manufacturing*.

No entanto, a adoção das práticas *Lean* nem sempre é simples. Segundo Bashin e Burcher (2006), mais de 90% das empresas que aplicaram metodologias e ferramentas *Lean*, apresentaram lacunas na sua implementação e avaliação da melhoria do seu desempenho. Estas falhas devem-se essencialmente à falta de compreensão e modelos adequados para monitorizar, avaliar e comparar os níveis *Lean* durante o processo de implementação (Behrouzi & Wong, 2011), (Saurin, Marodin, & Ribeiro, 2011).

Neste sentido, e para que as organizações possam melhorar continuamente todos os seus processos e, de forma geral, o seu desempenho, surge a tema da presente dissertação.

Ao longo deste trabalho, foram abordados todos os conceitos envolvidos para que seja possível a melhoria de um ou vários processos através da implementação de princípios *Lean*. O conceito que se encontra amplamente mais envolvido na melhoria de processos é o de desperdício. Através do apoio de inúmeras ferramentas *Lean*, foi criado um modelo conceptual que permite estudar uma organização ou um determinado processo de uma organização, definir o que se pretende trabalhar e, dentro desse projeto, analisar os problemas subjacentes, classificar as atividades da empresa como sendo de valor acrescentado ou de valor não acrescentado. Posteriormente à classificação pretende-se melhorar todas as atividades, mas mais concretamente aquelas que sejam classificadas como sendo de valor não acrescentado para o cliente, uma vez que, por norma, são as responsáveis pelo aumento do *lead time* e dos custos associados ao processo. Para além disso, é também importante determinar o desempenho associado a esse processo ou a toda a organização, permitindo assim o acompanhamento pelas partes interessadas e a implementação de outros projetos *Lean*, caso seja necessário. O desempenho do processo em estudo foi calculado recorrendo ao apoio do Seis Sigma e do *Balanced Scorecard*, uma vez que permite ter em conta os indicadores considerados mais relevantes nas seguintes perspetivas: financeira, dos clientes, dos processos internos e da aprendizagem e melhoria contínua. Por último, é fundamental que estas implementações sejam verificadas, de forma a acompanhar a progressão do processo, no que diz respeito à sua eficiência.

Este modelo foi aplicado a uma empresa do Grupo EDP, nomeadamente ao processo de gestão da manutenção, uma vez que se pretende implementar na totalidade um novo *software* – o *Mobipro*. Sendo o processo de manutenção um dos que, na maior parte dos casos, representa um grande volume dos custos totais, torna-se essencial estudar este processo e avaliar o impacto da manutenção na eficiência das organizações. Neste caso, é importante referir que o Grupo EDP tem já implementada uma filosofia *Lean* na melhoria dos seus processos em todas as unidades de negócio.

1.2 Metodologia

A metodologia utilizada na presente dissertação poderá ser dividida em sete etapas. Na Figura 1.1 encontra-se esboçada a sequência das etapas, e posteriormente será explicada cada uma delas.

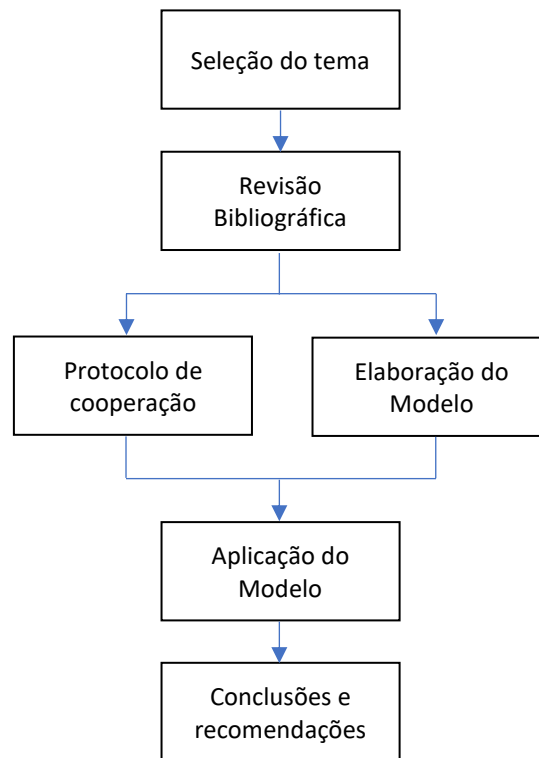


Figura 1.1 - Metodologia do Trabalho Final de Mestrado

Fonte: Elaboração própria

Numa primeira fase de pesquisa bibliográfica, o intuito foi adquirir e cimentar os conceitos mais importantes, que seriam abordados ao longo da presente dissertação e que serviram como base para os estudos realizados. A fase de investigação caracteriza-se pelo facto de se tratar de uma metodologia de pesquisa, essencialmente prática e aplicada, centrando-se na necessidade de resolver problemas reais.

Numa segunda fase, foi criado um modelo, cujo objetivo seria estudar um ou vários processos, ou uma organização no seu todo, de modo que as diferentes fases do modelo permitam dar conhecimentos suficientes em termos de informação do processo, dos problemas associados e das eventuais falhas. Este modelo tem ainda o objetivo de, depois de toda a sua caracterização e análise efetuadas, trabalhar nos processos de modo que estes sejam otimizados, e que o desempenho da organização ou dos processos, seja determinado e posteriormente melhorado.

Numa fase posterior, e para que fosse possível trabalhar, analisar e melhorar, a partir de dados reais, foi efetuado um protocolo com uma empresa para aplicação do modelo conceptual criado. Deste modo, a empresa e os trabalhadores envolvidos cooperaram em todas as fases do projeto, desde a análise até à obtenção de resultados. Foi assim, criada uma equipa multidisciplinar com a presença de um especialista *Lean* na empresa e que acompanha todos os indicadores da organização, e um

responsável pelo processo que foi analisado. Assim, foi aplicado o modelo proposto e foram retirados dados reais, a partir da partilha de informação e medição de tempos e do *lead time* do processo.

1.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco principais capítulos, sendo explicado de seguida o conteúdo de cada um destes capítulos.

O primeiro e presente capítulo é composto pelo enquadramento do tema da dissertação, onde se define a importância e o *background* atual do tema nas organizações, e ainda pela identificação dos principais objetivos que se pretendem alcançar com o estudo. Ainda neste capítulo, é exposta também a metodologia do estudo efetuada.

No segundo capítulo, intitulado de “A Importância da Abordagem *Lean* na Competitividade das Organizações” é efetuada uma revisão bibliográfica ao paradigma da competitividade das organizações, e de como poderá a melhoria contínua e as ferramentas *Lean*, melhorarem os processos das organizações e, conseqüentemente, os resultados alcançados. De modo a enriquecer o conhecimento para aplicar na dissertação, foi estudada a Filosofia *Lean*, o Pensamento *Lean* e os seus benefícios e barreiras. Foi também introduzido e definido o conceito de desperdício, sendo este conceito fulcral para a dissertação, assim como as ferramentas para a sua identificação e classificação.

Uma vez que este trabalho se foca no estudo e análise de um processo de gestão da manutenção, foi introduzido um subcapítulo que permite analisar o papel da manutenção *Lean* para a eficiência dos processos. Para reforçar o cumprimento do objetivo da presente dissertação, foi abordado o conceito de Seis Sigma que permitirá determinar o desempenho de uma organização. Por fim, serão exploradas as ferramentas *Lean* que apoiaram toda a dissertação. De forma a dar um contributo original a esta dissertação, no terceiro capítulo foi desenvolvido um modelo conceptual, dividido em seis subfases, que permitirá conhecer e analisar uma empresa e/ou processo, e aplicar melhorias.

No quarto capítulo, é apresentado o caso de estudo, aplicado ao processo de gestão da manutenção da Central do Ribatejo da EDP Produção. Para tal, foi essencial apresentar e caracterizar a empresa e o Grupo ao qual esta pertence e explicar todo o funcionamento da empresa produtora de eletricidade. Ainda neste capítulo, foi aplicado o modelo proposto para a melhoria do processo escolhido na organização e os resultados que se pretendem alcançar.

Por fim, no quinto e último capítulo, apuraram-se as conclusões relativamente ao estudo efetuado e foram apresentadas sugestões para trabalhos futuros a realizar.

2. A Importância da Abordagem *Lean* na Competitividade das Organizações

Nos últimos anos, a globalização da economia acelerou as trocas comerciais entre as empresas, criando assim a necessidade de melhorar os seus sistemas de produção para fazer face à crescente competitividade global. Assim, surgiu a necessidade de as indústrias darem cada vez mais importância às práticas *Lean*, de modo a tornar os seus processos robustos e bem elaborados, com o mínimo desperdício possível.

“A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida” (Ohno,1997, p.137).

Com o objetivo de eliminação de desperdícios, as empresas orientam a sua gestão para a melhoria da produtividade, reduzindo ou eliminando custos e tempos desnecessários, melhorando o desempenho dos seus processos, eliminando “gorduras” desnecessárias e criando valor para os seus clientes e demais partes interessadas (Pinto, 2014). O conceito *Lean* tem uma difusão à escala mundial e é aplicado em áreas como a indústria e outros serviços gerais, sejam eles de domínio público ou privado.

As práticas *Lean* permitem que uma organização alcance, da melhor forma, uma maior eficiência de um determinado processo, com menos recursos, sejam eles equipamentos ou mão de obra, conseguindo assim satisfazer as necessidades do maior número de clientes possível. Uma vez que o objetivo das organizações é melhorar continuamente e atingir a perfeição, estas tendem a adotar os princípios e o fluxo de valor. Os processos e sistemas da organização são alterados para que seja possível aumentar a qualidade do produto e/ou serviço, a flexibilidade e o tempo de resposta ao cliente. Assim, a estrutura de processos dita tradicional, caracterizada por decorrer do início ao fim, é alterada para uma estrutura onde é possível aplicar a melhoria contínua orientada para projetos. Essa mudança na estratégia da produção irá afetar positivamente o desempenho e a eficiência da organização (Womack & Jones, 2003).

Em empresas onde são utilizados sistemas tradicionais de controlo de custos, são utilizados de forma preferencial sistemas de produção em massa, representando conseqüentemente um elevado *stock*. Os trabalhadores trabalham de forma intensa, muitas vezes em atividades sem valor acrescentado e onde não são detetados quaisquer desperdícios. No entanto, é de salientar que nem todas as tarefas que não acrescentam valor são possíveis de eliminar, pois podem ser necessárias para o sistema de produção implementado.

A filosofia *Lean* tem sido cada vez mais reconhecida como uma vantagem competitiva para as organizações. Permite uma grande flexibilidade num mercado globalizado e extremamente competitivo ao produzir gradualmente mais, utilizando cada vez menos recursos, pelo que muitas empresas adotam este novo paradigma de produção. Para que seja possível a implementação de uma filosofia *Lean*, será necessário efetuar um levantamento inicial à empresa e caracterizá-la, identificar os desperdícios e apresentar soluções com o objetivo de ganhar flexibilidade operacional, aumentar os índices de produtividade, melhorar os resultados e procurar o retorno dos capitais investidos. Para além disso, é fundamental considerar que a aplicação desta metodologia requer também a preparação das pessoas para a mudança, uma vez que esta é, segundo muitos autores, a barreira mais difícil de ultrapassar, fornecendo-lhes as ferramentas certas, de forma a estas acabarem por entender as vantagens de as usar e quererem a mudança.

2.1 Filosofia *Lean*

O paradigma da produção tem vindo a sofrer alterações ao longo do tempo, nomeadamente a mudança de paradigma: passagem de produção artesanal para produção em série. À medida que estas transformações ocorrem, os processos tornam-se cada vez mais complexos, com maior quantidade de *stock* e tempos de entrega maiores. Estes métodos de trabalho em série criaram, de forma involuntária, processos burocráticos de controlo e aumento de custos e *stocks*. Assim, torna-se importante estudar a história e origem da Filosofia *Lean*, bem como os principais conceitos inerentes a esta filosofia.

2.1.1 História e Origem

Após a Primeira Guerra Mundial, Alfred Sloan da *General Motors* e Henry Ford da *Ford Motors*, conduziram a passagem de uma produção artesanal liderada na Europa para a produção em massa. Este sistema de produção, inicialmente utilizado na indústria automóvel americana, foi posteriormente difundido na indústria ocidental (Womack, Jones, & Roos, 2007).

No caso do sistema da *Ford*, criado por Henry Ford, baseado na produção em massa, permitiu obter preços cada vez mais baixos. No entanto, eram necessários profissionais amplamente especializados para projetar os produtos que eram depois produzidos por trabalhadores sem qualificação, em máquinas dispendiosas e especializadas numa única tarefa. O padrão de produção era mantido o maior tempo possível, uma vez que o tempo de preparação dos equipamentos associado à mudança de produto era dispendiosa. Assim, apesar da reduzida qualidade e variedade, os preços eram mais baixos, aumentando a rentabilidade da empresa (Melton, 2005).

A História da filosofia *Lean* inicia-se com a necessidade de o Japão tentar competir com os sistemas utilizados nas indústrias dos países ocidentais. Para competir com as empresas de produção em massa, a *Toyota Motor Company* desenvolveu, na década de 50, métodos e filosofias diferentes de fabricar automóveis em relação aos utilizados pela indústria americana, devido ao facto de não terem capacidades de competir com os conceitos utilizados pela *Ford*. Pioneiros e criadores da nova filosofia, Taiichi Ohno, Shingeo Shingo e Eiji Toyoda, iniciaram o desenvolvimento e aplicação da nova filosofia a partir dos anos quarenta do século XX (Monden, 2012), (Pinto, 2014).

Este sistema, denominado por ***Toyota Production System (TPS)***, tinha como objetivo a eliminação de desperdícios e a satisfação do cliente, uma vez que apenas uma pequena fração do tempo total e esforço dedicados a um produto, acrescentavam valor ao mesmo. Assim sendo, através da produção *Just-in-Time* (JIT) e do desenvolvimento das competências dos trabalhadores, era possível reduzir custos, nomeadamente custos de investimento, de não qualidade, de serviços, de manutenção dos equipamentos, de matéria-prima e de horas extra. Pretendia-se também reduzir os tempos de entrega e do processo de produção, a quantidade de matérias-primas, produtos em vias de fabrico e produtos acabados e, conseqüentemente, a disponibilidade dos equipamentos. (Womack, Jones, & Roos, 2007).

A partir da década de 80, o Japão conseguiu produzir automóveis melhores, mais baratos e com uma produtividade maior em relação à dos países desenvolvidos ocidentais (América do Norte e Europa), fazendo com que a produção em massa caísse em desuso, utilizando a produção *Just-in-time* (produzir no momento certo, a quantidade certa). A filosofia *Lean* combina as vantagens da produção artesanal e da produção em massa, evitando a rigidez da produção em massa e os altos custos da produção artesanal. Esta filosofia conta com equipas de trabalhadores qualificados em todos os níveis da organização, baixos custos, *stock* mínimo e aquisição ou desenvolvimento de equipamentos flexíveis, para que seja possível a produção de uma variedade de produtos, tendo sempre em mente a máxima satisfação dos clientes (Womack, Jones, & Roos, 2007).

Na Tabela 2.1, encontra-se uma comparação sumarizada entre a produção em massa e a produção *Lean*:

Tabela 2.1 - Comparação da produção em massa com a produção *Lean*

Base	Produção em massa	Produção <i>Lean</i>
	Henry Ford	Toyota
Trabalhadores (Design)	Trabalhadores qualificados	Equipas de trabalhadores polivalentes, com competências em todos os níveis da organização
Trabalhadores (Produção)	Trabalhadores não qualificados ou pouco qualificados	Equipas de trabalhadores polivalentes, com competências em todos os níveis da organização
Equipamento	Máquinas dispendiosas e com um único propósito	Sistemas manuais e automatizados, capazes de produzir grandes volumes e sem grande variedade de produtos
Métodos de Produção	Elevados volumes de produção de produtos <i>standard</i>	Produzir somente sob as encomendas do cliente
Filosofia Organizacional	Organização hierárquica, atribuindo responsabilidade unicamente à administração	Fluxo de valor, utilizando níveis adequados de capacitação, atribuindo responsabilidades a todos os níveis da organização
Objetivo	“O bom é suficiente”	“À procura da perfeição”

Fonte: adaptado de Melton (2005)

Mais tarde, foi introduzido o termo *Lean Production*, que tinha como base a utilização de menos recursos na produção, comparativamente ao sistema de produção em massa: menos mão de obra, menos espaço fabril, menos investimento em ferramentas, menos horas de desenvolvimento de um novo modelo, menos defeitos e menos *stock*. De referir também a importância do termo *Lean Thinking*, abordado mais à frente na presente dissertação, que tem como objetivo redução de desperdícios e melhoria contínua da organização (Womack & Jones, 2003).

2.1.2 Pilares Conceptuais do Toyota Production System

O TPS pode ser representado como uma casa com várias divisões que, apesar de terem funções bem definidas e distintas, estão fortemente ligadas, como esquematizado na Figura 2.1:

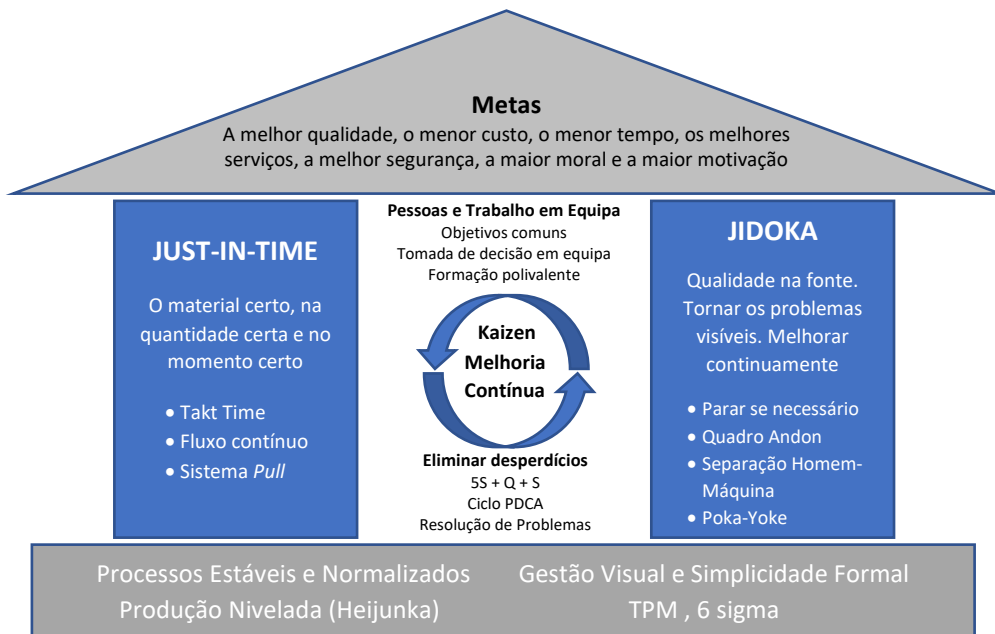


Figura 2.1 - Casa TPS

Fonte: adaptado de Liker (2004)

O *Toyota Production System* tem como principal fundamento e objetivo, a eliminação absoluta dos desperdícios, com uma produção que responda à procura, através de um controlo de qualidade que permita que o processo de fabrico se adapte às variações da procura, assegurando que apenas produtos que cumprem as normas de qualidade estabelecidas, passam para o processo seguinte (Monden, 2012). Deste modo, uma vez que o lucro (ou margem) é obtida através da subtração entre o preço e o custo (variável passível de controlo), será possível obter lucro através de redução de custos, eliminação de sobreprodução, controlo de qualidade da produção, mão de obra flexível, entre outros.

Como ilustrado na Figura 2.1, para que seja possível cumprir com o objetivo do TPS, a produção deverá ser baseada em dois pilares: *Just-in-Time* e *Jidoka*, e a par da melhoria contínua: *Kaizen*.

2.1.2.1 *Just-in-Time*

O pilar *Just-in-Time* refere que o sistema de gestão criado pela cultura japonesa é composto por práticas que podem ser aplicadas em qualquer parte do mundo e em qualquer organização, tendo por objetivo a melhoria contínua de um processo produtivo (Liker, 2004), (Hirano, 2008). Desta forma, é necessário implementar um sistema produtivo que permita ter um fluxo contínuo de produção, isto é, um sistema puxado (*pull*). Este sistema tem como principal fundamento, a produção no momento em que é procurado pelo cliente, permitindo assim um controlo do volume de produção, ao produzir apenas a quantidade necessária, no momento certo (Womack & Jones, 2003). Ao longo do processo

produtivo, as peças e materiais necessários chegam à linha de produção apenas quando são precisos e na quantidade exata, prevista para o fabrico (Ohno, 1997).

A Figura 2.2 representa esquematicamente as diferenças nos fluxos de materiais e informação, do início ao fim, entre um sistema de produção empurrada e um sistema de produção puxada.

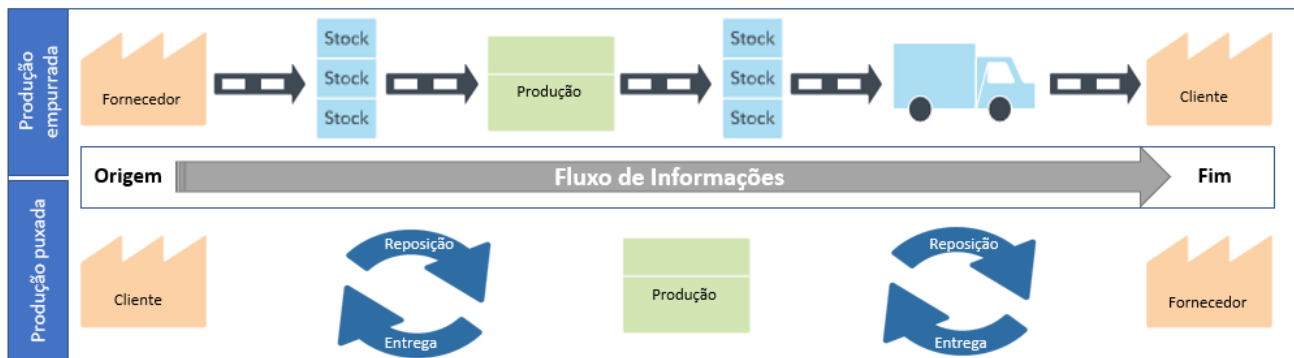


Figura 2.2 - Sistema de produção puxada vs. Sistema de produção empurrada

Fonte: Elaboração própria

Enquanto que num sistema de produção empurrada, a produção aguarda que o fornecedor entregue uma grande quantidade de materiais que irão posteriormente para *stock*, até entrega ao cliente final, no sistema de produção puxada, ocorre um ciclo de requisições e entregas entre o cliente e a produção, e mais tarde entre a produção e o fornecedor. Deste modo, é obtido o que pretendem, quando o cliente efetua o seu pedido.

Com a implementação do sistema de gestão JIT pretende-se atingir os seguintes objetivos fundamentais (Womack & Jones, 2003), (Altekar, 2005):

- **Redução de custos:** reduzir os custos através da produção de pequenas quantidades e com prazos de entrega reduzidos. Consequentemente, possibilita a diminuição de inventário e *stock*, produtos em vias de fabrico e tempos de espera e defeitos, pelo que será possível reduzir custos de produção e aumentar a qualidade dos produtos;
- **Controlo de quantidade:** permite ao sistema uma adaptação às flutuações da procura, relativamente à quantidade e variedade;
- **Garantia de qualidade:** assegura a conformidade e qualidade das unidades produzidas ao longo de todo o processo de fabrico e não apenas no final do mesmo;
- **Respeito pelo trabalhador:** permite implementar e cultivar o respeito pelos trabalhadores, sempre que o sistema utilize recursos humanos com o objetivo de reduzir custos.

Comparativamente à abordagem tradicional de gestão de produção, o sistema JIT apresenta ainda, de acordo com Liker (2004), os benefícios de se obter zero defeitos, tempo nulo em *setups*, zero *stocks* e zero movimentos e lote unitário (uma peça).

No entanto, para que seja possível tornar um sistema de produção tradicional para um sistema de gestão JIT é necessário fazer mudanças no âmbito da produção, simultaneamente em todos os processos (Monden, 2012).

2.1.2.2 Jidoka

O pilar *Jidoka*, com origem japonesa, significa automação com características humanas, sendo que, em contexto de produção, significa que peças defeituosas não passem à próxima operação. Tem como objetivo eliminar o desperdício das tarefas, recorrendo à automação das máquinas e equipamentos e também à autonomia dos trabalhadores: quando estes encontram um problema no seu local de trabalho, param a produção e são responsáveis por corrigir o problema. Caso não consigam resolver um determinado problema, possuem a autonomia necessária para que possam parar o processamento, em vez de deixar uma peça defeituosa passar (Womack & Jones, 2003), (Liker, 2004).

Segundo Hinckley (2007), este pilar apresenta três principais características:

- Distinção entre o trabalho do operador e da máquina;
- Independência entre a máquina e o operador;
- O *setup*, carregamento e descarregamento do equipamento devem ser à prova de falha.

Assim, é possível aumentar o controlo de qualidade, uma vez que o problema poderá ser resolvido assim que seja detetado. Isto permite evitar o retrabalho no final do processo, aumentando os índices de qualidade e a credibilidade do produto final junto do cliente.

Adicionalmente, o *Jidoka* permite libertar o operador da constante vigilância de uma única máquina, podendo o mesmo supervisionar um conjunto de equipamentos ou desempenhar outro tipo de tarefas (Ghinato, 1995), (Liker, 2004), (Silveira & Coutinho, 2008).

Para tal, e para que seja possível tornar uma organização *Lean*, deverá ser considerado o potencial dos trabalhadores. Caso todos trabalhem como uma equipa e para o mesmo fim, será possível aplicar as metodologias, técnicas, ferramentas e princípios *Lean*, potenciando nos trabalhadores os seguintes aspetos:

- Reconhecer o que fazer e saber qual o seu valor dentro da organização;

- Saber que, se fizerem um bom trabalho, serão reconhecidos;
- Saber quais as suas responsabilidades;
- Saber qual a sua ajuda na globalidade do projeto;
- Saber supervisionar e fiscalizar o seu próprio trabalho.

Deste modo, o pilar *Jidoka* é considerado uma ferramenta essencial para o sucesso da implementação da filosofia *Lean*, estando relacionado com a capacidade de as máquinas detetarem algum tipo de problema e serem capazes de parar o processo. Assim, será evitada a propagação de defeitos ao longo do fluxo produtivo e impedir-se-á a ocorrência de anomalias no processamento (Liker & Meier, 2006). Sem este conceito, poderá considerar-se que uma máquina pode trabalhar para o operador, mas não pelo operador (Suzaki, 2010).

2.1.2.3 Kaizen

No centro da Casa do TPS, encontra-se a melhoria contínua, também denominada por *Kaizen*. Este conceito foi desenvolvido pela Toyota, que em japonês significa mudança (*Kai*) para melhor (*Zen*), ou seja, refere-se à procura contínua pela melhoria (Imai, 1986), (Summers, 2011).

O *Kaizen* é reconhecido por ser um dos princípios fundamentais do sistema de produção, uma vez que abrange todas as atividades efetuadas pelos trabalhadores no sentido da melhoria do desempenho dos processos e sistemas de trabalho, podendo envolver pessoas e equipamentos (Pinto, 2014). Segundo Imai (2012), são considerados três conceitos-chave: o envolvimento de todos na empresa, a implementação em todas as áreas da empresa e que seja efetuado com dedicação todos os dias.

A implementação dos métodos associados ao *Kaizen* permite um crescimento sustentado na perspetiva de Vendas, Qualidade, Custos, Serviço e Motivação de Trabalhadores, sendo denominado como objetivos GQCDM (sigla em inglês para *Growth, Quality, Cost, Delivery e Motivation*).

O objetivo da melhoria contínua é levar ao Crescimento (*Growth*) da empresa, focando-se na Qualidade (*Quality*), que está diretamente relacionada com a satisfação do cliente, uma vez que quanto maior for a qualidade do produto e/ou serviço, maior será a satisfação do cliente. O Custo (*Cost*) refere-se ao custo total do produto, desde a sua conceção até à sua comercialização, tendo como objetivo diminuir o custo acompanhado por um aumento da produtividade. A Entrega (*Delivery*) está associada ao cumprimento dos prazos estabelecidos com o cliente e a Motivação (*Motivation*) está relacionada com a forma como os trabalhadores encaram as suas tarefas, sendo que a uma maior motivação corresponderá um melhor desempenho (Kaizen Institute, 2021).

O processo de melhoria contínua inclui as seguintes etapas (Gomes, 2016), (Kaizen Institute, 2021):

- **Conhecer o cliente:** identificar os processos e tarefas que acrescentam valor ao produto e/ou serviço na ótica do cliente, analisando a Voz do Cliente. Nesta fase deverá ser considerada a qualidade do produto e/ou serviço em primeiro lugar, melhorando assim a experiência do consumidor e cliente;
- **Privilegiar o fluxo:** definir estratégias para redução ou eliminação de desperdícios, atingindo, de preferência, o nível zero desperdício. Deste modo, deverão ser implementadas ações que melhorem o fluxo *end-to-end*, a partir da procura do cliente;
- **Ir para o Gemba:** trata-se do local da fábrica onde é adicionado valor; a deslocação ao chão de fábrica permite melhorar ou modificar processos e hábitos de trabalho;
- **Capacitar as pessoas:** identificar e compreender a causa raiz das falhas de produtividade, envolvendo todos os intervenientes do processo em questão; pretende-se minimizar eventuais dificuldades nas alterações de gestão e das áreas de trabalho com os que melhor conhecem as tarefas;
- **Ser transparente:** para que seja possível ser transparente é necessário utilizar como base dados concretos. As melhorias obtidas devem também ser divulgadas, como forma de existir uma comunicação transparente.

Este processo poderá ser ilustrado, segundo o Kaizen Institute (2021), através da seguinte figura:



Figura 2.3 - Etapas do processo de melhoria contínua

Fonte: Kaizen Institute (2021)

Para que seja possível melhorar os resultados GQCDM é importante descrever e considerar os cinco pilares *Kaizen* (Gomes, 2016), (Kaizen Institute, 2021):

Total Flow Management (TFM)

O *Total Flow Management* (TFM) tem como objetivo tornar os fluxos de materiais e informação num sistema *pull*, isto é, um sistema onde os lançamentos são regulados de acordo com o estado interno de forma a impedir que o inventário cresça além de um determinado limite (Hopp & Spearman, 2004). Este pilar é definido por cinco conceitos, tais como **estabilidade básica** (redução da variabilidade de materiais e/ou máquinas), **fluxo de produção** (otimização do fluxo produtivo no que toca a *layouts*, e linhas de produção), **fluxo de logística** (otimização do fluxo de material: interna - da responsabilidade da empresa; e externa – aceleração do fluxo de material externo à empresa), **Value Stream Mapping** (planificação dos fluxos de matérias e informação da empresa).

Total Productive Maintenance (TPM)

Este pilar valoriza e cria especial enfoque no relacionamento dos trabalhadores, de todos os níveis, procurando aumentar a produtividade de pessoas e equipamentos, tendo como objetivo a eliminação e/ou redução de defeitos, erros, desperdícios, paragens de máquinas e estrangulamentos (*bottlenecks*), através da melhoria contínua das capacidades das pessoas e do desempenho dos equipamentos. O TPM tem como principais benefícios o aumento da qualidade através da produção de produtos com qualidade superior, a redução de prazos ao produzir mais em menos tempo, e a redução de custos.

Total Quality Management (TQM)

O *Total Quality Management* tem como objetivo a melhoria contínua de todos os aspetos da qualidade dos produtos ou serviços, sendo que o foco não deverá ser o que é produzido, mas sim a qualidade do que é produzido (produto ou serviço). Deste modo, deverão ser analisados os processos, de forma a detetar as causas raiz dos problemas, defeitos e erros, havendo responsabilidade e envolvimento de todos.

Total Service Management (TSM)

O pilar *Total Service Management* foi criado com o objetivo de aplicar as metodologias tradicionais da empresa ao mercado dos serviços. A versatilidade dos métodos utilizados permite obter resultados de excelência nas várias áreas de negócio, sendo possível melhorar a gestão, a qualidade e o fluxo de informação na área dos serviços através de um mapeamento inicial da cadeia de valor do cliente.

Innovation and Development Management (IDM)

O último pilar, o *Innovation and Development Management (IDM)*, foi criado pela necessidade de melhorar a gestão da inovação. Este pilar pode ser aplicado em projetos como a criação de novas técnicas de manutenção e reparação, criação de novos produtos e equipamentos, mudanças no processo de negócio, entre outros.

2.2 Pensamento *Lean*

O Pensamento *Lean (Lean Thinking)* foi inicialmente apresentado por Womack e Jones (2003), com o intuito de demonstrar que o *Lean* não era uma filosofia ou técnica aplicada apenas à indústria automóvel, mas que poderia ser extensível a qualquer área de negócio. Baseia-se numa filosofia de crescimento a longo prazo e melhoria contínua da organização, através da criação de valor para o cliente, para a sociedade e para economia, com objetivos de redução de custos, melhoria de prazos de entrega e qualidade através da eliminação sistemática de atividades de valor não acrescentado, como tempos de inatividade, retrabalho, esperas ou inspeções, ou seja, desperdícios (Wilson, 2010).

2.2.1 Princípios do Pensamento *Lean*

Inicialmente, foram identificados cinco princípios do Pensamento *Lean* por Womack e Jones (2003), tendo sido mais tarde complementado com dois novos princípios por Pinto (2014).

- **Conhecer as partes interessadas:** a organização deverá identificar todas as partes interessadas do negócio, não se devendo focar apenas na satisfação do seu cliente negligenciando os interesses e necessidades das outras partes. Assim, será necessário considerar que o produto ou serviço é destinado ao consumidor, e caso não sejam satisfeitas as necessidades deste, poderá pôr em causa toda a cadeia;
- **Definir o valor:** representa o que o cliente realmente valoriza, ou seja, pelo que está disposto a pagar. A organização deve identificar as características e funcionalidades dos produtos que satisfazem as necessidades e expectativas dos clientes. Apenas o valor justifica a existência de uma organização. É para isso que elas existem: para criar valor a todas as pessoas que direta ou indiretamente, se servem dos seus produtos e/ou serviços (Pinto, 2014);
- **Definir a cadeia de valor:** a cadeia de valor refere-se a todos os processos e atividades necessárias para fazer chegar o produto ao cliente final. Deste modo, a organização deve analisar todos os processos envolvidos na cadeia de valor e conseqüentemente, identificar as atividades que não agreguem valor, por forma a reduzi-las, ou até, preferencialmente, eliminá-las (Hines, 2010);

- **Otimizar o fluxo:** a otimização do fluxo (de materiais, pessoas, informação e de capital) tem como objetivo que este se torne fluido, sem interrupções. A organização deve criar fluxos contínuos, definindo a sequência ideal de etapas que criem valor de modo que não ocorram interrupções, uma vez que sempre que ocorre uma paragem, há valor perdido. Deste modo, é possível aumentar a velocidade de produção e, quanto maior esta for, mais perto se está da entrega do produto/serviço ao consumidor. Assim, é possível deixar de produzir por previsão de encomendas, e produzir somente após a encomenda, eliminando a necessidade de *stocks* (Hines, 2010);
- **Implementar o sistema *pull*:** pretende-se que seja o cliente a iniciar o processo de produção, ao procurar um produto e/ou serviço. Assim, é adotada uma lógica *pull* (puxada), fazendo com que seja possível evitar *stock* (Kilpatrick, 2003);
- **Procura pela perfeição:** Uma vez que os interesses, as necessidades e as expectativas das diferentes partes interessadas estão constantemente em alteração, pretende-se que haja um processo contínuo de aumento da eficiência e da eficácia. Para que a organização consiga alcançar a perfeição, com a melhoria contínua a nível da organização, deverá efetuar a eliminação sistemática de desperdícios. Para que este princípio seja concretizado, os princípios anteriores têm de interagir entre si num ciclo, uma vez que apenas se repetindo os processos anteriores continuamente, se consegue atingir o estado de perfeição;
- **Constante inovação:** este princípio define que a busca pela inovação é a criação de novos produtos/serviços, e caso satisfaça as necessidades do cliente, irá agregar valor a toda a organização. Mesmo que a organização reduza ou elimine por completo os desperdícios associados à produção, mas não inove, fazendo com o cliente pretenda adquirir os seus produtos, esta não irá criar valor, ficando sem escoamento do produto e/ou serviço.

2.2.2 Tipos de Inovação

Para se atingir o sétimo princípio, existem três tipos de inovação que as organizações poderão seguir (INVENTTA, 2021):

- **Inovação de produto:** consiste em modificações nos atributos do produto, com mudança na forma como é entendido pelos consumidores;
- **Inovação de processo:** relativo a mudanças no processo de produção do produto ou serviço, não gerando necessariamente impacto no produto final, mas produz benefícios no processo produtivo, com aumentos de produtividade e redução de custos;

- **Inovação do modelo de negócio:** considera mudanças no modelo de negócio, isto é, na forma como o produto e/ou serviço é oferecido ao mercado. Não implica necessariamente mudanças no produto ou no processo produtivo, mas sim na forma como é colocado no mercado.

2.2.3 Desperdícios

O objetivo do pensamento *Lean* é permitir às organizações uma política de melhoria contínua que deverá ser conduzida pela procura do cliente e a satisfação do mesmo. Deste modo, a organização deverá reduzir todas as atividades que não acrescentem valor ao produto ou serviço, permitindo assim um aumento de qualidade, de forma eficiente e com o mínimo de custos possível. Estas atividades que não apresentam qualquer valor acrescentado, que poderão ser de vários tipos, são genericamente designados por desperdício (Wilson, 2010).

O conceito de desperdício diz respeito a tudo aquilo que não cria valor para o cliente final, algo que acrescenta custos ou tempo que não adicionem valor e não aportem qualquer benefício para o cliente. (Hines & Rich, 1997). Para além da satisfação do cliente, é importante ter em conta a eficiência da organização, que deverá ser melhorada também pela redução dos custos. Ao relacionar o conceito de desperdício com os princípios do TPS, deverá ser produzido o necessário, utilizando o mínimo de recursos possível.

Deste modo, e com apoio da Figura 2.4, é possível verificar que para que seja possível tornar uma organização o mais eficiente possível, é importante identificar os desperdícios presentes nas atividades realizadas pela organização, uma vez que os desperdícios associados irão provocar um aumento dos custos e uma diminuição da produtividade.

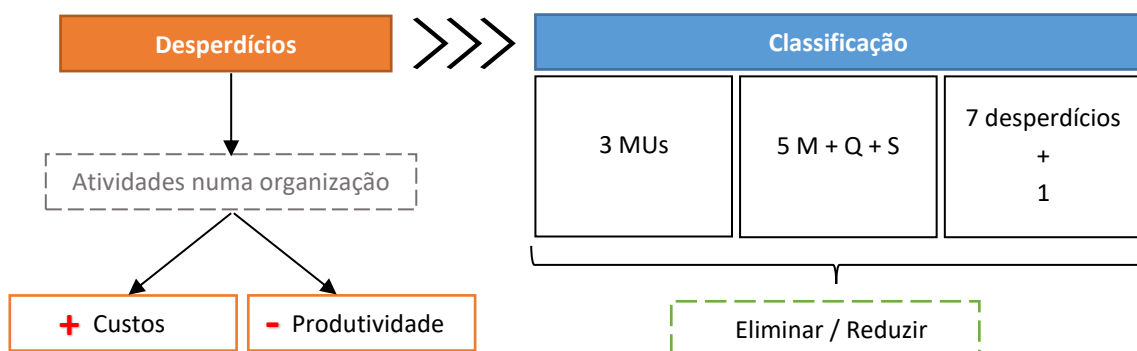


Figura 2.4 - Esquemática das ferramentas utilizadas para classificação de desperdícios

Fonte: Elaboração própria

Para tal, é necessário identificar e classificar os desperdícios, sendo disponibilizadas três principais ferramentas na bibliografia, que se encontram identificadas na figura anterior e serão explicadas de seguida. Assim, a organização poderá realizar ações no sentido de eliminar ou reduzir os desperdícios identificados, melhorando o desempenho da organização.

2.2.3.1 Os três MUs

A primeira ferramenta abordada nesta dissertação para identificação de desperdícios é o 3 M ou 3 MUs. Esta denominação deve-se ao facto de que, na filosofia *Lean*, os Japoneses possuem três palavras que permitem classificar as atividades que não acrescentam valor ao processo: *Muda* (desperdício), *Mura* (inconsistência) e *Muri* (excesso), as quais estão associadas a três práticas indicadoras de desperdício. Os 3 MUs estão dispersos ao longo de toda a organização, desde a fábrica até aos escritórios. O objetivo é chegar a uma condição onde a capacidade e o que se produz sejam iguais, ou seja, existe a quantidade de trabalhadores, materiais e máquinas para produzir a quantidade certa do produto que foi pedida para entregar a tempo ao cliente. Todas as situações em que existe desequilíbrio entre o que é pedido pelo cliente e o que é produzido levam a empresa a obter perdas (Pinto, 2014).

MUDA: significa desperdício e corresponde a qualquer tipo de atividade humana que consuma recursos, não criando o valor pretendido. São atividades que não contribuem diretamente para a produção do produto e, conseqüentemente, o cliente não está disposto a pagar por estas atividades, sendo por isso, classificadas como desperdícios. Para detetar as atividades *Muda*, é necessário estudar todo o processo e verificar se todos os passos criam valor, se as atividades correm como planeado, se os recursos estão disponíveis na quantidade certa, entre outros.

MURA: significa variação e flutuação indesejáveis nos processos ou *output*, isto é, define as irregularidades existentes que provocam um desnivelamento de trabalho. Uma das principais causas desta variação deve-se à produção por lotes, estratégia utilizada por muitas empresas, com o objetivo de maximizar a utilização de recursos e minimizar o custo por unidade. No entanto, leva a que ocorra depois o fenómeno *bullwhip* – efeito chicote – uma pequena variação na procura do consumidor leva a grandes flutuações no volume de produção.

MURI: referente a sobrecarga ou excesso, deve-se essencialmente ao desperdício gerado pelo excesso de mão de obra, de equipamento e de movimentação colocados à disposição para a realização de um processo. Esta sobrecarga tem um impacto negativo nos recursos, contribuindo para um stress desnecessário e reduzindo a capacidade de atuação dos mesmos. Pode também ser definido como o oposto de sobrecarga: subutilização. A subutilização de mão de obra ou equipamentos causa tempos

de inatividade. Este desperdício pode não só prejudicar o bom funcionamento do processo, como acarretar custos desnecessários para a organização.

Na Figura 2.5 encontram-se representados os 3 MUs, de forma esquemática:

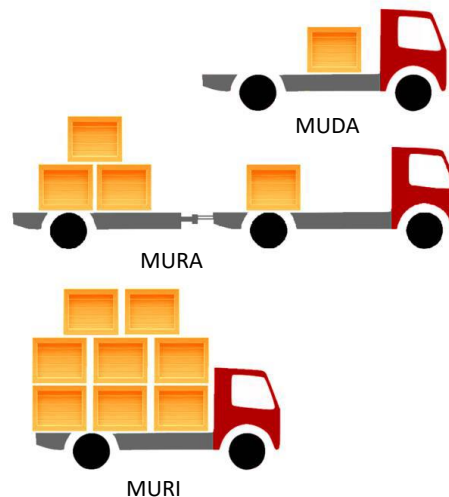


Figura 2.5 - Representação dos 3 MUs

Fonte: Elaboração própria

Uma vez que *MUDA* significa desperdício, pode ser ilustrado pelo uso de um camião para transportar apenas uma caixa, ficando por isso todo o restante espaço do camião vazio. Com esta analogia, é possível tornar perceptível a utilização de recursos muitas vezes inadequados à atividade realizada.

Por outro lado, a variação, representada na figura pelo segundo camião – *MURA* – uma vez que as caixas transportadas pelo camião não se encontram bem distribuídas por ambos os reboques, fazendo com que existam flutuações na carga e no transporte, provocando assim efeitos indesejáveis no processo causado por este desnivelamento.

Por fim, o terceiro camião, representando o *MURI*, que significa sobrecarga, uma vez que o transporte é efetuado com excesso de peso. Esta sobrecarga poderá provocar um mau funcionamento do processo e gerar custos desnecessários para a organização.

2.2.3.2 5 M + Q + S

A segunda ferramenta para identificação de desperdícios, denominada 5M + Q + S, tem o seguinte significado: *Men* (trabalhadores), *Machine* (máquinas e equipamentos), *Materials* (materiais), *Management* (gestão), *Method* (método), *Quality* (qualidade) e *Safety* (segurança) (Tapping & Shucker, 2003).

Esta ferramenta foca-se não só na identificação de desperdícios, mas também na análise das áreas onde estes podem ocorrer. Esta classificação é explicada na Tabela 2.2, onde estão referidos os desperdícios associados a cada uma das categorias referidas anteriormente.

Tabela 2.2 - Os 5 M + Q + S e os possíveis desperdícios

Categoria		Desperdícios Associados
Men	Trabalhadores	<ul style="list-style-type: none"> - Andar - Esperar - Procurar
Machine	Máquinas e Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> - Processamento incorreto - Paragens e <i>setup</i> - Mudança de ferramentas
Materials	Materiais	<ul style="list-style-type: none"> - Peças - <i>Stocks</i> - Manuseamento
Management	Gestão	<ul style="list-style-type: none"> - Materiais - Reuniões - Comunicações - Controlo
Method	Método	<ul style="list-style-type: none"> - Lotes grandes - Produção para <i>stocks</i> - Transportes - Falta de uniformização
Quality	Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> - Defeitos - Erros - Inspeções - Controlos de qualidade
Safety	Segurança	<ul style="list-style-type: none"> - Acidentes - <i>Layouts</i> perigosos

Fonte: adaptado de Tapping e Shucker (2003)

2.2.3.3 Os Sete Desperdícios

Outra forma para classificar e identificar os desperdícios associados aos processos e organizações é a dos sete desperdícios. As sete categorias de desperdícios mais conhecidas foram identificadas por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo no decorrer do desenvolvimento do TPS. Esta classificação, sendo a mais popular, reúne o essencial das ideias discutidas anteriormente (McBride, 2003). Assim, as sete formas de desperdícios identificadas encontram-se representadas na Figura 2.6, explicadas de seguida.



Figura 2.6 - Os sete tipos de desperdícios

Fonte: Moura (2016)

1. **Sobreprodução:** desperdício gerado devido à produção superior comparativamente ao que é encomendado pelo cliente, levando a um consumo desnecessário de matérias-primas, ocupação de recursos de armazenamento e de transporte, conseqüente *stock* elevado e mão de obra associada. Trata-se do oposto da produção *Just-in-Time*, uma vez que se produz mais do que é necessário, fazendo o que não é necessário, quando não é necessário em quantidades desnecessárias (Pinto, 2014). Segundo Chiarini (2012), trata-se da principal fonte de desperdício, uma vez que pode encobrir outros problemas existentes na organização e originar outro tipo de desperdício (dos abordados de seguida). Embora o desperdício possa não ser considerado relevante se o mercado estiver em crescimento, poderá agravar-se e provocar uma necessidade de *stock* caso a procura diminua;
2. **Tempo de espera:** sempre que não existe circulação de bens ou trabalho a ser realizado, ou seja, o período em que pessoas, materiais, equipamentos ou informações não estão disponíveis, quando são necessários. Este desperdício tem como causas avarias de equipamentos, retrabalho, mudanças de ferramentas de trabalho, atrasos ou falta de materiais e de mão de obra, interrupções de seqüências de operações, *bottlenecks* de produção e ineficiência do *layout*. As esperas geram custos associados aos recursos parados, como salários e outros custos fixos, e não acrescentam valor ao produto final (Dudbridge, 2011). Sempre que seja estritamente necessário, este tempo de espera deverá ser utilizado para formação, manutenção ou outras atividades de melhoria contínua (Hines & Rich, 1997);
3. **Transporte desnecessário:** transporte, movimentação ou transferência de materiais, partes montadas ou produtos acabados de um local para outro, por alguma razão, mas que não

acrescenta valor, implicando excesso de manuseamento dos materiais (Pinto, 2014). Este tipo de desperdício pode surgir como consequência de um *layout* desadequado, armazenamento desorganizado, ou constante necessidade de mudança de local dos produtos. Segundo Suzaki (2010), para eliminar este desperdício deverão ser aplicadas, por exemplo, as seguintes melhorias: otimização de *layouts*, sincronização de processos, meios de transporte, arrumação e organização do posto de trabalho;

4. **Processamento incorreto:** referente ao processamento em excesso ou realização de tarefas redundantes, levando à existência de trabalho que não acrescenta valor ao produto final. Este desperdício poderá ser devido à inadequada definição dos requisitos dos clientes ou *design* de produto não adequados, falta de formação dos trabalhadores, incorreta ou incompleta manutenção dos equipamentos (Bell, 2006);
5. **Movimentos desnecessários:** movimentos de pessoas, equipamentos ou materiais que não geram valor acrescentado ao produto final (Ortiz, 2006). Este desperdício deve-se principalmente à falta de organização de trabalho, à incorreta disposição dos equipamentos ou ferramentas de trabalho e à utilização de práticas de trabalho incorretas. O conceito de movimento não significa necessariamente trabalho, uma vez que um trabalhador poderá estar durante horas à procura de ferramentas ou materiais, o que não acrescenta qualquer valor ao produto, representado um aumento de custos e do *lead time* (Suzaki, 2010);
6. **Stock:** trata-se do excesso de matérias-primas, produtos em vias de fabrico ou produtos acabados que irá consequentemente provocar um aumento dos tempos de aprovisionamento, dos custos de transporte e armazenamento, assim como do risco de obsolescência dos produtos acabados, o que poderá levar a uma redução da competitividade da organização ou do fluxo de valor (Hines & Rich, 1997), (Pinto, 2014). Este desperdício é originado pela sobreprodução das empresas e para ser solucionado, a empresa deverá aumentar a flexibilidade e a capacidade de resposta das organizações e dos seus fornecedores (Deffense, 2010), (Dudbridge, 2011);
7. **Defeitos:** trata-se de erros ou falhas em produtos, causados por problemas internos de qualidade, em que existe posteriormente, a necessidade de rejeição ou de retrabalho/reprocessamento. Estes defeitos originam desperdícios em materiais consumidos, mão de obra desperdiçada na produção onde se originou o defeito, mão de obra necessária para a reparação ou reprocessamento e maior quantidade de recursos humanos utilizados para resolver reclamações dos consumidores (Ohno, 1997). Quando ocorrem defeitos num

posto de trabalho, os trabalhadores dos postos seguintes estão sujeitos a um tempo de espera, desperdício esse que se irá traduzir num aumento de custos e de *lead time* do produto. No entanto, a situação mais grave é quando os clientes encontram defeitos depois da entrega do produto, representando custos com garantias e entregas adicionais (Suzaki, 2010).

Para além dos sete desperdícios identificados, poderá ainda ser considerado um oitavo desperdício: o **potencial humano**, mais concretamente o subaproveitamento dos trabalhadores. Um dos erros mais comuns na gestão de atividades produtivas é a incapacidade das organizações na identificação e utilização correta de certas capacidades individuais dos trabalhadores, tais como a experiência em determinadas áreas, criatividade, entre outros. O facto das ideias, sugestões e oportunidades de melhoria por parte dos trabalhadores não serem aceites, poderá fazer com que se crie a ideia de que estão apenas na empresa para trabalhar e não para pensar (Ortiz, 2006).

Uma vez que todos os desperdícios estão interligados, havendo um efeito dominó, considera-se que um desperdício nunca ocorre sozinho. Deste modo, as empresas *Lean*, tendo como objetivo a eliminação dos desperdícios, tentam fazer uma aproximação progressiva ao conceito *one-piece-flow*, sendo produzido apenas o necessário e quando necessário, num fluxo unitário (Ortiz, 2006).

2.2.4 Classificação de Atividades

Após a definição do que é um desperdício e das diferentes formas de classificação de desperdícios, surge um outro tema relacionado de elevada importância: a classificação de atividades.

Segundo Melton (2005) e Chen, Li e Shady (2008), as atividades inerentes a um processo poderão ser classificadas de acordo com três tipos, denominado por *Tool Time* (Figura 2.7), mediante o valor gerado na ótica do cliente.



Figura 2.7 - Ferramenta *Tool Time* - classificação das atividades

Fonte: adaptado de EDP (2021)

- **Atividades de valor acrescentado:** atividades que aumentam o valor de um produto ou serviço e que posteriormente geram custos que os clientes estejam dispostos a pagar. Uma atividade acrescenta valor se, por exemplo, modificar fisicamente o produto, for executada corretamente à primeira vez, e se o cliente valorizar o passo a ser desempenhado (Kimmel, Weygandt, & Kieso, 2008);
- **Atividades de valor não acrescentado:** atividades que não trazem qualquer benefício para o cliente; podem ainda classificar-se em dois diferentes tipos, explicados de seguida:
 - **Atividades incidentais:** também definidas como atividades necessárias de valor não acrescentado, são essenciais num negócio, não podendo ser completamente eliminadas, mas devem ser simplificadas de modo que se reduzam os tempos e os recursos envolvidos. Um exemplo deste tipo de atividades é a inspeção de produtos (Chen, Li, & Shady, 2008);
 - **Desperdício:** atividades que são consideradas como desperdício ou “gordura”, uma vez que na perspetiva do cliente, não adicionam valor ao produto ou serviço, devendo ser eliminadas (Hansen, Mowen, & Guan, 2009).

2.2.5 **Benefícios e Barreiras do Pensamento Lean**

Após vários casos de estudo, têm sido comprovados o impacto positivo e os benefícios obtidos ao implementar a filosofia *Lean* numa organização, traduzindo-se no sucesso das empresas. No entanto, é importante notar que, no caso das pequenas e médias empresas, estas tendem a apresentar um nível de conhecimento mais baixo no que toca aos benefícios de programas de melhoria operacional, mostrando-se mais reticentes na adoção destes programas (Womack & Jones, 2003), (Liker, 2004), (Stuart & Boyle, 2007).

Com a implementação da filosofia *Lean* nas organizações, são esperados os seguintes benefícios (Womack & Jones, 2003), (Melton, 2005), (Siasos, Skondras, Gkanas, Hrissagis, & Makridis, 2017):

- Redução do *lead time* do produto;
- Maior precisão nas previsões dos pedidos para produção;
- Redução do tempo de resposta a alterações de engenharia e a variações de mercado;
- Aumento da produtividade devido ao maior envolvimento e motivação dos trabalhadores;
- Capacidade para identificar os problemas e aplicar soluções;

- Aumento da satisfação dos clientes;
- Aumento da compreensão e clareza dos processos;
- Menor nível de desperdício associado aos processos;
- Diminuição da necessidade de retrabalho e aumento de qualidade;
- Redução de custos;
- Menos *stock*.

Adicionalmente à obtenção de todos os benefícios referidos, é também possível atingir um bom desempenho financeiro, uma vez que este está diretamente relacionado com a implementação de práticas *Lean* na organização (Hofer, Eroglu, & Rossiter, 2012).

No entanto, apesar de terem sido já comprovados os benefícios obtidos noutras empresas, existem ainda dificuldades não só técnicas, mas também a nível organizacional na implementação da filosofia *Lean*, de modo a alcançar o sucesso da organização (Lodgaard, Ingvaldsen, Gamme, & Aschehoug, 2016).

Uma das principais barreiras identificadas que atrasa a implementação da filosofia *Lean* é a resistência natural à mudança: os hábitos e o ceticismo da validação da filosofia no seio da empresa, considerando que o *Lean* se trata apenas de uma “moda”, e a falta de disponibilidade por parte dos trabalhadores da empresa. Por outro lado, também a mudança de uma cultura de produção de grandes lotes e com o mínimo de paragens dos equipamentos para uma cultura de produção *Lean* são considerados obstáculos (Melton, 2005).

Para além disso, são ainda identificados outros obstáculos, tais como:

- Desconhecimento do modelo organizacional por parte das organizações e de como deve ser implementado;
- Falta de conhecimento sobre os princípios *Lean*;
- Inexistência de apoio da gestão de topo;
- Desconhecimento dos benefícios associados ao modelo ou dificuldade na sua quantificação;
- Consideração da existência de custos de investimento.

Segundo Lodgaard, Ingvaldsen, Gamme e Aschehoug (2016), a percepção das barreiras à implementação da filosofia *Lean* está dependente do nível hierárquico que ocupam: nos quadros superiores das empresas, o pouco sucesso obtido deve-se às ferramentas e práticas *Lean* aplicadas, enquanto os quadros mais baixos das empresas atribuem o insucesso à gestão ineficiente e ao facto das responsabilidades não terem sido bem definidas e as melhores práticas postas em prática.

2.3 O Papel da Manutenção Lean para a Eficiência dos Processos

A Produção *Lean*, aliada ao Pensamento *Lean*, tem como objetivo centrar-se na procura contínua da eliminação de todos os desperdícios, ambicionando a melhoria contínua de uma organização (Womack & Jones, 2003). Para além disso, o Pensamento *Lean* possibilita a definição de valor e a alocação das atividades que criam valor, de forma contínua e eficiente.

No entanto, nos dias de hoje, para que as empresas consigam sobreviver e manterem-se competitivas, é necessário que tenham um sistema organizacional eficiente. O *Lean Manufacturing* é uma metodologia que tem como objetivo a eliminação e/ou a redução dos desperdícios, que envolve mudanças nas práticas de gestão de qualidade e gestão de operações utilizadas, de forma a melhorar os processos produtivos.

Um dos processos considerado como aquele que representa mais custos para as empresas e que, muitas vezes, esses custos são devidos à ineficiência do processo em si, é o processo de manutenção. Neste sentido, é necessário dar especial foco à área da Manutenção e à sua importância para as organizações.

Durante muitos anos as indústrias funcionavam num sistema de manutenção corretiva, isto é, os equipamentos eram intervencionados e as avarias resolvidas à medida que eram identificadas e detetadas. No entanto, com a aplicação deste sistema, os desperdícios aumentavam na produção, devido a ineficiências nos equipamentos e conseqüentemente representavam custos elevados na sua manutenção. Por este motivo, era necessário analisar estes problemas por serem recorrentes, para que fosse possível alcançar a sua resolução. A manutenção preventiva passou a ser tida em conta e considerada ainda mais relevante – de acordo com o conceito de Manutenção Produtiva Total, que teve origem nos Estados Unidos, introduzido em 1950 pela indústria japonesa que, até à data, apenas trabalhava com manutenção corretiva.

Após implementação da nova metodologia (manutenção preventiva), as avarias eram prevenidas. Caso ocorresse uma falha da máquina ou equipamento, a sua manutenção procedia-se de forma

preventiva, representando um maior custo numa primeira análise, mas melhorando a qualidade (Kardec & Nascif, 2013).

Mais tarde, com o objetivo de atingir uma maior eficiência da manutenção produtiva, foi aplicada esta metodologia, tendo como base a total participação dos trabalhadores e o respeito individual - o TPM. Esta nova filosofia, perante a manutenção, traduz-se numa nova conceção, baseando-se em simples atividades para manter uma instalação ou um equipamento no seu devido estado. Trata-se de um método de gestão que permite identificar e eliminar as perdas existentes nos processos produtivos, maximizando o seu desempenho e garantindo o fabrico de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Desta forma, torna-se possível criar e aumentar os conhecimentos que irão permitir reeducar e formar as pessoas para as ações de prevenção de melhoria contínua, garantido o aumento da fiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos seus processos, sem investimentos adicionais (Bakri, Rahim, Yusof, & Ahmad, 2012).

Os três conceitos subjacentes por detrás da metodologia TPM encontram-se identificados e explicados na Figura 2.8:

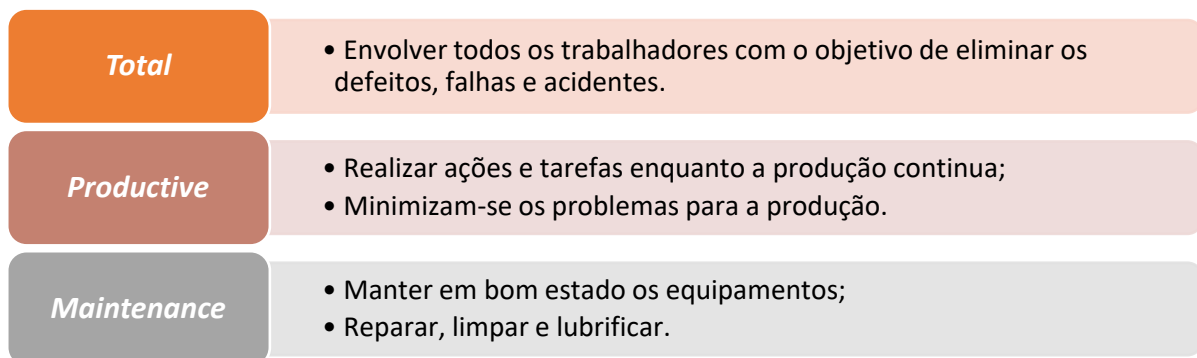


Figura 2.8 - Significado do TPM

Fonte: Elaboração própria

Adicionalmente, considera-se que TPM significa também zero quebras nas máquinas, ao lado de zero defeitos nos produtos e zero perdas no processo. Representa um pilar de desenvolvimento e otimização do desempenho de qualquer indústria, através da maximização da eficiência dos equipamentos (Agustiady & Cudney, 2015).

Nos processos produtivos, poderão ocorrer os seguintes tipos de perdas (Chukwendu, Chima, & Edith, 2020):

- Falhas no equipamento;
- Tempo de ajustamento e preparação de *setup* de máquinas ou processos;

- Redução da velocidade do processo;
- Defeitos no processo, isto é, problemas de qualidade;
- Outros tempos de paragem: esperas por matérias-primas, inspeções, entre outros;
- Redução do *output* de produção.

O TPM, para além de se referir a uma forma de pensar a manutenção, um conceito de como manter uma instalação ou um equipamento, pode considerar-se que é também um método de gestão que permite identificar e eliminar as perdas existentes nos processos produtivos. Deste modo, maximiza a utilização dos ativos e garante a criação de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Por outro lado, desenvolve também conhecimentos que permitem reeducar as pessoas para ações de prevenção e melhoria contínua, garantindo a fiabilidade dos equipamentos e a capacidade dos processos, sem investimentos adicionais.

A Manutenção Produtiva Total assenta em oito pilares, representados na Figura 2.9 e explicados de posteriormente (Singh, Gohil, Shah, & Desai, 2013).

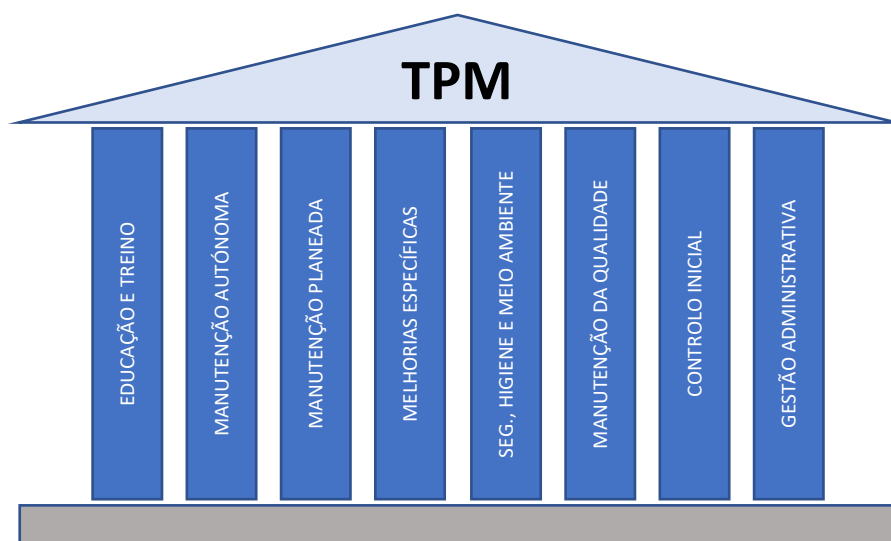


Figura 2.9 - Pilares do TPM

Fonte: adaptado de Singh, Gohil, Shah e Desai (2013)

Educação e Treino: o objetivo deste pilar é desenvolver as habilidades de todos os trabalhadores, contribuindo assim para melhorar o desempenho da empresa, através da ministração de formação aos trabalhadores para que estes possam melhorar as suas capacidades.

Manutenção Autônoma: refere-se à organização dos trabalhadores de forma que atuem em pequenos grupos, preferencialmente grupos autônomos; tem como objetivo zelar pelos equipamentos, identificar as suas perdas e implementar melhorias, sendo responsável por pequenas ações de manutenção – manutenção autônoma. Após a aprendizagem, pretende-se que os operadores realizem também as atividades de limpeza, inspeção e lubrificação aos seus equipamentos, eliminando assim paragens provocadas pela falta de limpeza ou lubrificação.

Manutenção Planeada: este pilar pretende antecipar eventuais anomalias, de modo que os projetos e soluções sejam propostas e realizadas com perspectivas criativas e não com uma postura reativa perante o problema. Tem como objetivo atingir “zero avarias” para melhorar a fiabilidade, sendo necessário reduzir os custos da manutenção e assegurar a disponibilidade de peças sobressalentes (de reserva), aplicadas a cada equipamento. Deve-se fazer uma avaliação dos equipamentos, incluindo análises de degradação e melhoria dos pontos fracos. Por norma, é utilizado um sistema de gestão de informação e controlo das intervenções para cada equipamento, cumprindo os programas do planeamento, nos momentos de intervenção, atribuindo recursos – materiais e humanos.

Melhorias Específicas: este pilar pretende obter uma melhoria individual dos equipamentos para elevar a eficiência, designando-se de OEE – *Overall Equipment Effectiveness*. Este método tem como objetivo eliminar as perdas mais relevantes da empresa, identificando a maior perda de um equipamento ou processo produtivo ou administrativo com o intuito de a resolver. Poderão ser utilizadas soluções estudadas e discutidas pela equipa de manutenção para que não se torne sistemática.

Segurança, Higiene e Meio Ambiente: representa as melhorias que se podem implementar ao nível da segurança e ambiente, através de atividades centradas na prevenção de acidentes (pessoais ou ambientais). Deste modo, pretende-se eliminar eventuais condições inseguras que possam provocar acidentes ou incidentes, como a falta de proteções ou a existência de sensores de proteção danificados.

Manutenção da Qualidade: refere-se à manutenção da qualidade dos processos e produtos, uma vez que as condições dos equipamentos poderão afetar a qualidade dos produtos. Estas atividades de análise têm como objetivo garantir a qualidade dos produtos no processo produtivo, privilegiando atingir a meta dos “zero defeitos”.

Controlo Inicial: este pilar é iniciado com a elaboração de uma estrutura de controlo inicial dos equipamentos, uma vez que muitas das perdas que ocorrem nos processos produtivos são originados por erros das fases de projeto e planeamento para as respetivas melhorias. Deste modo, na fase de

projeto dos equipamentos deverão ser analisadas várias dimensões, de modo a garantir uma maior facilidade de manutenção, menores custos de manutenção, melhor dimensionamento, adequadas características de funcionamento, tipo de materiais adequados, entre outros.

Gestão Administrativa: com a eliminação de eventuais perdas referentes aos processos administrativos, poderá obter-se um aumento da eficiência das áreas administrativas. Assim, o resultado do processo da área administrativa deverá ser produzido de forma mais rápida e com maior qualidade.

Entrando na esfera da manutenção aplicada nas indústrias, esta pode ser classificada em dois principais grupos: manutenção preventiva e manutenção corretiva. A manutenção preventiva subdivide-se ainda em programada, sistemática ou condicionada, sendo que esta última poderá ainda ser classificada como preditiva. Por outro lado, a manutenção corretiva divide-se em diferida e de urgência. Esta classificação é esquematizada de seguida na Figura 2.10.

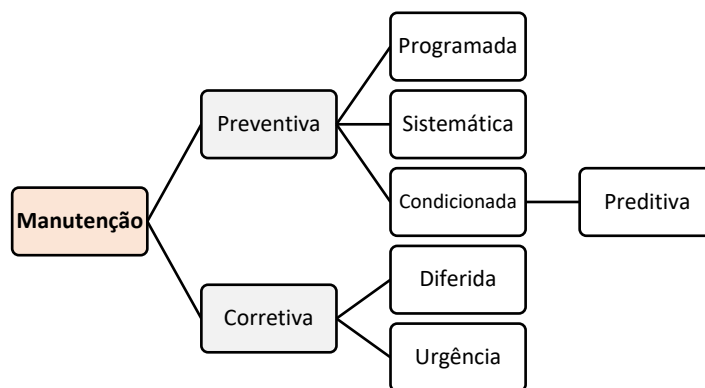


Figura 2.10 - Tipos de Manutenção

Fonte: Elaboração própria

Cada um dos tipos de manutenção indicados no esquema anterior encontra-se explicado de seguida (IPQ, 2007):

Manutenção preventiva: referente à manutenção efetuada em intervalos de tempo previamente definidos, ou de acordo com critérios definidos, consultando por exemplo o histórico de avarias, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou degradação do equipamento, tendo como objetivo reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem.

Manutenção programada: manutenção preventiva efetuada de acordo com um calendário estabelecido ou após um determinado número de unidades de utilização, por exemplo, horas de funcionamento.

Manutenção sistemática: manutenção preventiva efetuada em intervalos de tempo pré-definidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas em que não é efetuado controlo prévio do estado do bem. Este tipo de manutenção é realizado com base num histórico de avarias e com base na experiência profissional e nas recomendações do fabricante.

Manutenção condicionada: manutenção preventiva tendo como base a vigilância e acompanhamento do funcionamento do bem, utilizando técnicas específicas que permitem controlar e medir determinados parâmetros do equipamento que irão fornecer indicações sobre as condições de funcionamento em tempo real.

Manutenção preditiva: manutenção condicionada efetuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros considerados significativos da degradação do bem.

Manutenção corretiva: manutenção efetuada após a deteção de uma avaria e destinada a repor um bem num estado em que pode voltar a realizar a função para o qual é requerida.

Manutenção diferida: manutenção corretiva que não é efetuada de forma imediata aquando da deteção da avaria/estado de falha, mas que, sendo possível, é retardada de acordo com as regras de manutenção determinadas, sendo planeada de modo que não afete a produção.

Manutenção de urgência: manutenção corretiva efetuada imediatamente após a deteção da avaria, de forma a evitar consequências mais graves, sendo afetado parte ou todo o equipamento.








Caso seja efetuada uma boa gestão da manutenção, serão inúmeros os benefícios para a organização, entre os quais (Kardec & Nascif, 2013), (Gomes, 2016):

- **Redução de custos**, uma vez que uma maior produtividade, aliada à aplicação de métodos de manutenção planeada e preventiva, provoca uma diminuição de reparações, por norma, mais dispendiosas quando é detetada uma avaria;
- **Menor imobilizado**, pois será necessário que a organização tenha apenas o que precisa no momento em que precisa;
- **Economia de energia**, uma vez que fará com que o rendimento dos equipamentos seja melhorado;
- **Maior conhecimento**, sendo previsto que, caso a organização possua um sistema de manutenção organizado, irá provocar uma diminuição ou mesmo eliminação da dispersão da informação;

- **Melhoria na qualidade**, uma eficaz manutenção dos equipamentos provocará um aumento na qualidade do produto obtido ou do serviço disponibilizado;
- **Maior segurança** originada pela diminuição do risco, associada à melhoria das condições de funcionamento e operação dos equipamentos.

No entanto, apesar da organização ser favorecida caso consiga aplicar um sistema de gestão de manutenção eficaz e eficiente. Por outro lado, caso tal não se verifique, irão ser revelados alguns desperdícios associados à manutenção, que irão provocar vários constrangimentos à organização, identificados de seguida:








Tabela 2.3 - Identificação dos desperdícios associados a um processo de manutenção

Desperdício	Descrição	Símbolo
Excesso de manutenção	Manutenção corretiva repetida, reparações quando não se conhece ao certo o que está avariado ou com problemas	
Tempo de espera	Tempos associados à espera por ordens superiores, espera para que a máquina/equipamento pare, para efetuar intervenção; espera para entrega de ferramentas e equipamentos.	
Tempo de espera de materiais e equipamentos	Mais ou menos equipamentos do que é necessário; ferramentas dispendiosas que raramente são usadas; ferramentas que apenas alguns trabalhadores sabem manusear; equipamentos a aguardar intervenção.	
Movimentação	Operadores/trabalhadores à procura de ferramentas; deslocações para o armazém para encontrar peças; pesquisa e manuseamento de ordens de reparação/manutenção nos computadores e <i>softwares</i> .	
Transporte de Materiais e Equipamentos	Movimentação de ferramentas e/ou utensílios sem que sejam necessários para as operações de manutenção; localização das ferramentas (armazém), distante do local onde serão utilizadas, levando a grandes deslocações.	
Sobreprodução	Sobredimensionamento dos equipamentos e estruturas para resolução de problemas simples; desenvolvimento de sistemas complicados em vez de optar pela automação de baixo custo; retrabalho; limpezas e inspeções.	
Erros	Erros na resolução de problemas de manutenção; erros na troca e utilização de ferramentas; componentes nas ordens de manutenção incorretos.	

Fonte: adaptado de Ortiz (2006) e Chiarini (2012)

De seguida, na Tabela 2.4, encontram-se os desperdícios associados a cada uma das fases de um processo de gestão da manutenção genérico, de acordo com os símbolos indicados anteriormente.

Tabela 2.4 - Alocação dos desperdícios associados a um processo de manutenção genérico

Fase do processo	Detecção Avaria	Pedido de intervenção	Análise e planeamento	Documentação	Intervenção	Testes	Conclusão
Desperdícios envolvidos							

Fonte: Elaboração própria

No entanto, nos dias de hoje, o avanço tecnológico nos equipamentos, a competitividade das empresas e a exigência de uma maior qualidade, associado ao objetivo de redução de custos e ao aumento da disponibilidade dos equipamentos, faz com que aumente a procura, por parte das empresas, por metodologias de trabalho, que permitam atingir e obter melhores resultados, reduzindo assim os desperdícios envolvidos ao longo de um determinado processo.

2.4 Seis Sigma

A Produção *Lean* e a Filosofia *Lean* estão muitas vezes associadas à metodologia Seis Sigma (6σ). Trata-se de uma estratégia que envolve diversas técnicas de tratamento de dados, recorrendo à área da matemática estatística, com o objetivo de melhorar e otimizar as atividades dos processos produtivos, nomeadamente as que apresentam tempos de execução com um comportamento aleatório. O Seis Sigma foi introduzido em 1986 pela Motorola, tendo sido criados processos de aumento da qualidade dos processos de fabrico (Harry & Schroeder, 2005).

De uma forma geral, o foco desta estratégia é a redução de variabilidade das atividades presentes e defeitos num processo produtivo. Pretende-se que com o contributo do aumento da qualidade, aliado à redução de custos e à redução dos prazos, haja um aumento da eficiência das organizações. O conceito de Seis Sigma encontra-se relacionado com a área da gestão da qualidade, sendo um processo através do qual, uma série de operações são realizadas com o objetivo de atingir as normas da empresa e melhorar os processos presentes nos empreendimentos (Liepina, Lapina, Mazais, & Janauska, 2013).

O nível de desempenho de um determinado processo é medido em termos de Sigma (desvio padrão, representada pela letra grega σ), tendo esta metodologia o objetivo de reduzir sistematicamente a variabilidade, uma vez que ao aumentar o nível Sigma, a capacidade do processo será melhorada.

Para que seja mais perceptível a abordagem Sigma, na Figura 2.11 é apresentada a distribuição normal, ou Distribuição Normal de Gauss, sendo μ a média.

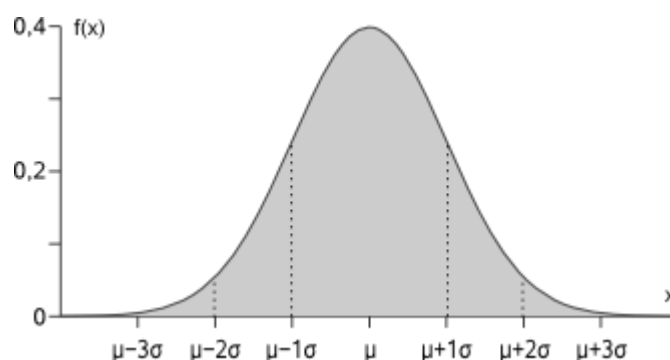


Figura 2.11 - Distribuição Normal

Fonte: Elaboração própria

O conceito de caracterização do processo pretende definir com elevada fiabilidade que os valores da característica em estudo apresentam um determinado valor médio e uma determinada dispersão, e

tipo de distribuição associada. Para que seja possível efetuar a caracterização do processo de forma adequada, poderá ser utilizado um conjunto de ferramentas, como fluxogramas, registo de dados, cartas de controlo e histogramas.

A análise da capacidade dos processos se adequarem às suas especificações técnicas, é feita, por norma, com recurso aos índices de capacidade do processo (C_p e C_{pk}). Considerando que o processo relativo a uma determinada característica da qualidade segue uma distribuição normal com média μ e desvio padrão σ , estes índices são definidos por:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}, \quad (1)$$

$$C_{pk} = \min(C_{pkI}, C_{pkS}), \quad (2)$$

$$C_{pkS} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \quad (3)$$

$$C_{pkI} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma}. \quad (4)$$

O nível 6 sigma (em torno da média) teve origem na empresa Motorola, pois as empresas excelentes operavam nessa base e não no nível 3 sigma adotado pela grande maioria das organizações. Deste modo, considera-se que o nível 6 sigma, considerando o referido deslocamento da média, corresponde a 3,4 ppm, isto é, corresponde a 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO). Assim, quanto mais elevado for o nível Sigma, menor será o número de problemas e menor deverá ser a variabilidade dos processos.

Nas equações seguintes, é possível calcular o número de defeitos por oportunidade (DPO) através da equação (5) e de seguida, converter este valor através da equação (6) para defeitos por milhão de oportunidades de uma organização:

$$DPO = \frac{n^\circ \text{ total de defeitos}}{n^\circ \text{ unid. verificadas} \times n^\circ \text{ de oportunidades de defeito}}, \quad (5)$$

$$DPMO = DPO \times 10^6. \quad (6)$$

Na Tabela 2.5 é efetuada uma comparação dos diferentes níveis Sigma, no que toca a alguns parâmetros tais como os correspondentes defeitos por milhão, percentagem de conformidade e consequente custo (% na faturação) da não qualidade para a organização.

Tabela 2.5 - Comparação dos diferentes níveis Sigma

Nível da Qualidade	Defeitos por milhão (ppm)	% de Conformes	Custo da não qualidade (% na faturação)
2 sigma	308,537	69,15	N/A
3 sigma	66,807	93,32	25-40 %
4 sigma	6,210	99,3790	15-25 %
5 sigma	233	99,97670	5-15 %
6 sigma	3,4	99,999660	< 1 %

Fonte: adaptado de Harry e Schroeder (2005)

Assim, para um processo que se encontre no nível 6 Sigma, é esperado que existam 99,99966% de hipóteses de produzir um determinado produto a partir desse processo, sem defeito.

Na Figura 2.12 é possível visualizar a redução da variabilidade até atingir o nível 6 sigma, sendo LIE o limite inferior da especificação e LSE o limite superior da especificação:

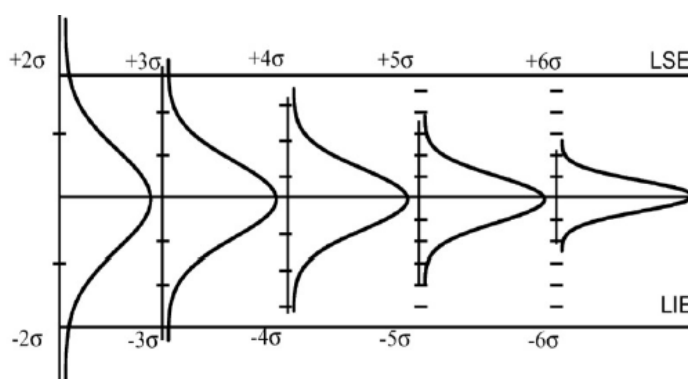


Figura 2.12 - Comparação dos diferentes níveis Sigma

Fonte: adaptado de Summers (2011)

Uma vez que esta metodologia pretende garantir ao cliente um nível de confiança elevado (nível 6 sigma) nos processos, a sua análise é baseada em dados desses processos. São utilizadas ferramentas estatísticas de forma a garantir um nível muito rigoroso em toda a análise, desde a recolha dos dados até ao *output* final dos resultados das melhorias realizadas no âmbito dos projetos. Deste modo, ao reduzir a variabilidade do processo, é possível obter uma maior previsibilidade do processo, menos desperdícios associados e consequentemente menos custos, produtos e serviços com melhor desempenho e maior duração e para além disso, é possível obter uma maior satisfação do cliente.

2.5 Ferramentas *Lean* para a melhoria de processos

Ao longo deste subcapítulo serão abordadas ferramentas *Lean* importantes para a melhoria de processos nas organizações.

No âmbito desta dissertação foram escolhidas algumas das ferramentas *Lean* existentes para aplicar ao longo deste trabalho, que serão previamente identificadas na tabela seguinte, introduzindo a informação que, segundo vários autores, as indicam como a sua aplicação sendo fundamental para Indústria e/ou Serviços:

Tabela 2.6 - Ferramentas *Lean* selecionadas e justificação da escolha

Ferramenta	Principais objetivos	Campo de aplicação	
		Indústria	Serviços
Ciclo PDCA	Apoiar e guiar a implementação de um projeto de melhoria	x	x
Relatório A3	Sistematizar toda a informação em relação ao projeto de melhoria, incluindo objetivos, intervenientes, tarefas e respetivo cronograma	x	x
<i>Brainstorming</i> e <i>Brainwriting</i>	Gerar ideias a partir do conhecimento e experiência dos vários intervenientes	x	x
Diagrama de Ishikawa	Identificar as causas que contribuem para a produção de produtos defeituosos para posterior análise e resolução	x	x
5 Porquês	Determinar as causas raiz para um problema ou efeito indesejado	x	x
5W2H	Identificar as ações e atribuir responsabilidades para execução de tarefas	x	x
Trabalho Padronizado	Tornar o trabalho uniforme e padronizado para reduzir a subjetividade e a variabilidade dos processos, conduzindo à diminuição de erros ou falhas, eliminação de excessos e eliminação de desperdício	x	x

Ferramenta	Principais objetivos	Campo de aplicação	
		Indústria	Serviços
5 S	Reduzir desperdícios, limpar os espaços de trabalho e melhorar a produtividade	x	x
Indicadores chave de desempenho (KPI)	Definir métricas para monitorizar o desempenho de um determinado processo e/ou organização	x	x
Diagrama SIPOC	Identificar os principais intervenientes e entradas e saídas num determinado processo		x
Voz do Cliente	Conhecer as reais necessidades do cliente final	x	x
Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)	Identificar as atividades do processo com valor acrescentado e com valor não acrescentado para o cliente	x	x
Fluxograma de Processo (BPMN)	Detalhar todo o processo em atividades	x	x
Análise dos Modos de Falha e dos seus Efeitos (FMEA)	Evidenciar possíveis falhas e o impacto das mesmas	x	x

Fonte: Elaboração própria

Após esta análise inicial, segue-se o momento de desenvolver e explicar cada uma das ferramentas *Lean* identificadas na tabela acima. Serão explicados os principais objetivos de cada uma das ferramentas e o procedimento para a sua utilização.

2.5.1 Ciclo PDCA

Também conhecido como Ciclo de Deming, o Ciclo PDCA foi introduzido por W. Edwards Deming em 1950 no Japão, sendo uma ferramenta de utilização simples que descreve uma abordagem sistemática de resolução de problemas. Esta ferramenta é utilizada atualmente em muitas empresas na implementação de ferramentas *Lean*, na indústria ou serviços (Moen & Norman, 2009), (Lodgaard & Aasland, 2011).

Depois de identificado o problema ou a oportunidade de melhoria, pode ser aplicado o ciclo PDCA, uma vez que se trata de um modelo dinâmico, constituído por quatro fases (*Plan, Do, Check, Act*), conforme ilustrado na Figura 2.13.

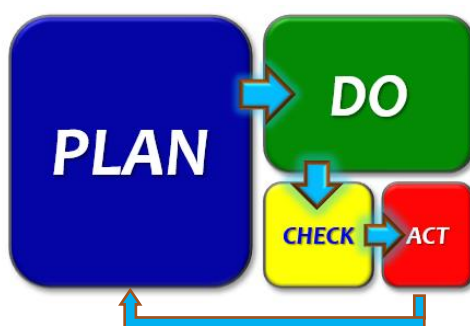


Figura 2.13 - Representação do Ciclo PDCA

Fonte: adaptado de Moura (2016)

- **Plan:** Identificação de oportunidades de melhoria, sendo posteriormente atribuídas as respetivas prioridades. É também nesta fase que a situação atual do processo é analisada através de dados recolhidos, sendo determinadas as causas-raiz e propostas possíveis soluções. Esta fase representa entre 50 e 80% do ciclo;
- **Do:** Elaboração e implementação do plano de ação, incluindo a seleção e documentação da informação, de modo a implementar as soluções;
- **Check:** Realização da análise das ações implementadas no passo anterior (*Do*) e comparação dos respetivos resultados em função do “antes”, de modo a verificar se as melhorias e os objetivos estabelecidos foram atingidos. Caso contrário, deverá ser estudada a razão de falha;
- **Act:** Esta fase consiste em desenvolver métodos para padronizar as melhorias, caso os objetivos tenham sido atingidos. Caso os objetivos não tenham sido atingidos, um novo ciclo PDCA deverá ser iniciado considerando as lições aprendidas.

A utilização desta ferramenta permite uma eficaz promoção da aprendizagem em contexto de trabalho, através da criação e partilha de novos conhecimentos e eliminação de conhecimento desatualizado, e o facto de poder ser aplicado em qualquer organização, independentemente do nível a que é aplicado (Matsuo & Nakahara, 2013), (Moen & Norman, 2009).

2.5.2 Relatório A3

O Relatório A3, criado pela Toyota, cujo nome teve origem no tamanho da folha de papel A3 utilizada na sua elaboração (dimensões máximas que cabiam num fax), era aplicado como guia sistemático de resolução de problemas através de um processo rigoroso. Nele, estavam contidos os resultados principais e as propostas de melhoria, possibilitando a comunicação com o menor número de palavras possível. Assim, era possível tornar o processo de análise de um determinado projeto mais fácil, ao evitar relatórios extensos com descrição técnicas e tabelas de dados e utilizando uma abordagem visual, por exemplo com figuras e gráficos, torna todo o processo mais simples e rápido (Liker, 2004), (Sobek II & Jimmerson, 2004).

O Relatório A3 é usado em diferentes áreas desde a sua criação, sendo o mais comum a engenharia, mas é também utilizado nas áreas de compras, vendas, finanças e saúde (Sobek II & Jimmerson, 2004).

A estrutura de um Relatório A3 contém um contexto do problema, análise da situação atual, determinação das causas-raiz, sugestão de melhorias, uma análise custo-benefício e um plano de implementação (Liker, 2004). De seguida, na Figura 2.14 é apresentada a estrutura típica de um relatório A3, a título de exemplo, que deverá ser lido pela ordem indicada pelas setas:

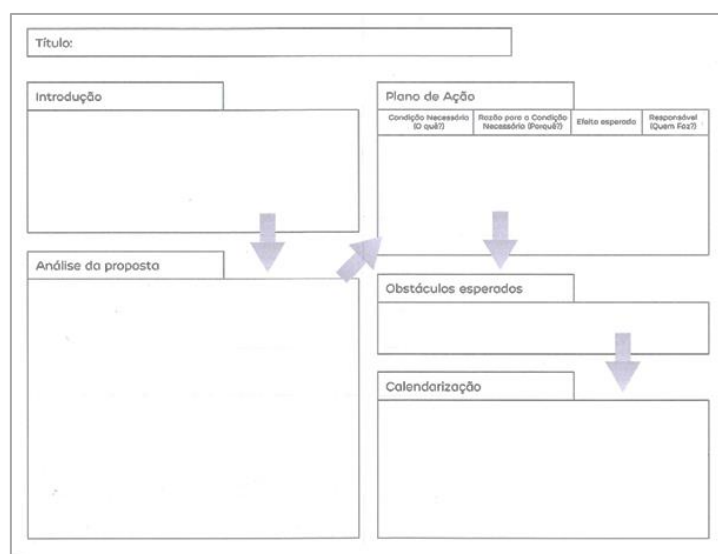


Figura 2.14 - Exemplo de estrutura de um Relatório A3

Fonte: Moura (2021)

Começando pelo **título** do Relatório A3, este deverá explicitar adequadamente o problema a resolver ou a intenção da melhoria e não as soluções, iniciando com um verbo de ação e deve ser escrito de forma a ter impacto e despertar o interesse de quem lê.

Na **introdução** ou **contexto**, deverá ser feito um enquadramento ao problema a analisar e qual a fonte desse problema. Quem cria o relatório A3 deverá ter em atenção que neste campo devem estar relatados apenas factos e não sentimentos, o problema deverá ser caracterizado com indicadores ou utilizando imagens e/ou gráficos.

Passando para a **análise da proposta**, é necessário que neste campo estejam explícitas as preocupações que o problema coloca: causas-raiz e desperdícios associados, objetivos das melhorias, identificação da mudança que irá ocorrer e de que modo será efetuada, proposta de ação objetiva e coerente com as causas da raiz e indicadas medidas de melhoria. Por fim, deverão ser indicadas as ferramentas *Lean* utilizadas para identificação de sobrecustos, atrasos, erros, entre outros.

De seguida, no **plano de ação**, serão identificadas e listadas todas as atividades necessárias para implementar as medidas de melhoria propostas. Para tal, deverão ser preenchidos quatro campos: Condição Necessária (O quê?), Razão para condição necessária (Porquê das ações?), Efeito Esperado de cada ação, e por fim o Responsável de cada ação (Quem faz?).

Adicionalmente, deverão ser antecipados todos os **obstáculos esperados** e problemas que poderão ocorrer, que irão condicionar a implementação da iniciativa. Deverão também ser identificadas hipóteses para resolver os eventuais problemas.

Por fim, deverá ser apresentada a **calendarização** do projeto, listando todas as ações propostas, priorizando as medidas propostas, indicando a duração definida para cada ação proposta e respetivas datas reais de início e de fim.

O relatório A3 poderá ainda ser de três tipos: o relatório A3 Inicial, o de Acompanhamento e o de Final em que são apresentados os resultados. Cada um destes Relatórios A3 é utilizado em momentos diferentes e contém informação diferente também. O relatório inicial deverá ter toda a informação para que seja possível tomar uma decisão. O relatório utilizado para acompanhamento é utilizado para fazer um ponto de situação, apresentando os principais marcos do projeto que está a ser trabalhado, indicando o que já foi feito até à data, resultados já vistos e os problemas que ficam por resolver. Por último, o relatório A3 final, é utilizado para explicar tudo o que foi feito ao longo do projeto, em que é utilizada a informação contida nos relatórios anteriores, apresentando também os resultados atingidos no final do projeto, e se este foi ou não bem-sucedido (Liker & Meier, 2006).

Para melhorar o entendimento e de modo a relacionar duas ferramentas, poderá ser efetuado um paralelismo entre o Relatório A3 e o Ciclo PDCA (Figura 2.15).

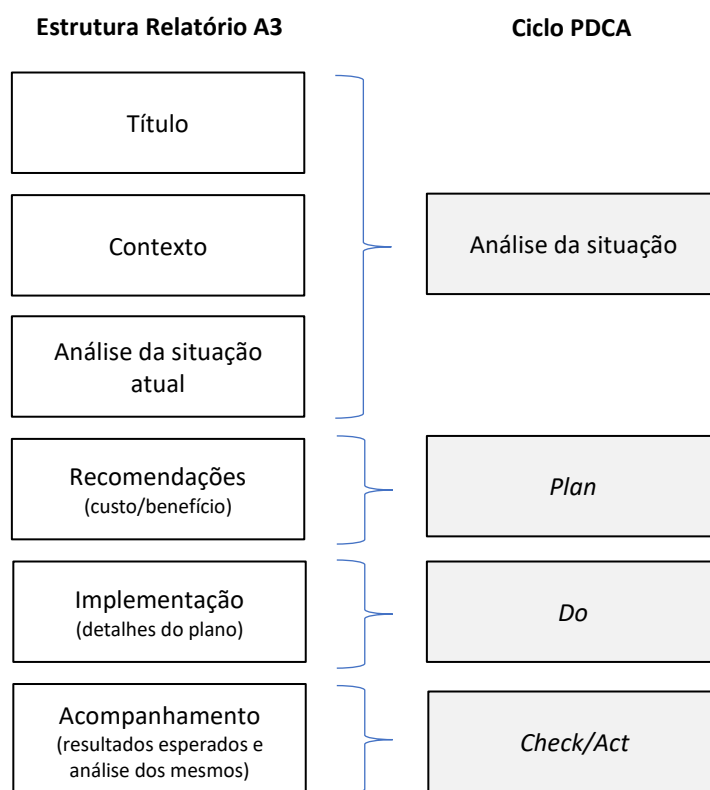


Figura 2.15 - Paralelismo entre o Relatório A3 e o Ciclo PDCA

Fonte: Elaboração própria

2.5.3 Brainstorming vs. Brainwriting

O termo **brainstorming** consiste numa técnica de criatividade individual ou em grupo, com o objetivo de gerar novas ideias, aumentar a eficácia criativa e obter soluções de problemas, através da geração de ideias espontâneas numa reunião de participantes. Este conceito, criado por Alex Osborn e popularizado em 1950, é considerado mais eficaz quando comparado às ideias geradas apenas por um único indivíduo (Clayphan, Collins, Ackad, Kummerfeld, & Kay, 2011), (Wilson, 2013).

Esta ferramenta poderá ser utilizada em diversas atividades, com o intuito de gerar novas ideias. Para que seja possível realizá-la, deverão ser selecionados grupos entre três e dez participantes, com funções e responsabilidades diferentes. Os participantes poderão também, sendo esta etapa opcional, ser divididos em dois grupos, em salas diferentes, havendo no fim uma troca de ideias entre equipas (Wilson, 2013), (Litcanu, Prostean, Oros, & Mnerie, 2015).

Para promover a discussão entre o grupo, sendo esta fase denominada por “divergente”, deverá ser colocado um problema claro, ou questões, pedindo ao grupo para gerar ideias relativamente ao

problema proposto. No entanto, durante a discussão e troca de ideias, não são permitidas quaisquer censuras ou críticas, uma vez que todas as ideias são bem-vindas e quanto mais ideias, melhor, uma vez que poderá haver combinação de várias ideias diferentes (Clayphan, Collins, Ackad, Kummerfeld, & Kay, 2011).

Por fim, é promovida uma discussão, crítica e possível priorização dos resultados da sessão. Esta fase é conhecida por fase “convergente”, selecionado as ideias que melhor se aplicam ao problema colocado.

Noutra versão, surge o **brainwriting**, que consiste em partilhar ideias escritas em grupos. Comparativamente ao **brainstorming**, esta técnica permite minimizar a influência da diferença de responsabilidade hierárquica entre os vários participantes e o domínio por parte de um ou dois membros do grupo, além de manter os membros mais focados naquele que é o objetivo da reunião. Esta técnica deve ser escolhida quando o objetivo consiste em gerar ideias para a solução de um problema, visto consumir menos tempo e dar origem ao dobro das ideias. Para além do facto de serem propostas várias possibilidades e respetivas soluções, também é expectável que sejam indicados possíveis entraves que poderão impedir um projeto de seguir em frente (Litcanu, Prostean, Oros, & Mnerie, 2015).

Para registar todas as ideias sugeridas pelos intervenientes, assim como os principais benefícios e eventuais constrangimentos associados à implementação das ideias, poderá ser utilizada a tabela seguinte (Tabela 2.7).

Tabela 2.7 - Tabela para registo de propostas no *Brainwriting*

Problema a tratar	Departamento associado	Benefícios esperados	Constrangimentos esperados
Problema 1	Departamento X	<ul style="list-style-type: none"> • Benefício 1 • Benefício 2 	<ul style="list-style-type: none"> • Constrangimento 1 • Constrangimento 2
Problema 2	Departamento Y	<ul style="list-style-type: none"> • Benefício 1 • Benefício 2 	<ul style="list-style-type: none"> • Constrangimento 1 • Constrangimento 2

Fonte: Elaboração própria

Deste modo, poderão ficar registados todas as iniciativas propostas, para posterior avaliação de qual será a mais prioritária ou que terá maior percentagem de sucesso. As restantes poderão ficar a aguardar a próxima oportunidade, uma vez que se encontram já registadas.

2.5.4 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, de causa-efeito, ou “espinha de peixe” como é também conhecido, foi proposto na década de 60 por Kaoru Ishikawa (Stefanovic, Kiss, Stanojevic, & Janjic, 2014).

Também conhecido por ser uma ferramenta da Qualidade, pode ser aplicada em diversos domínios tais como indústria, marketing, saúde ou investigação (Doshi, Kamdar, Jani, & Chaudhary, 2012), (Stefanovic, Kiss, Stanojevic, & Janjic, 2014). De forma geral, consiste numa representação gráfica que visa identificar as causas que contribuem para a produção de produtos defeituosos de forma a analisar posteriormente a relação entre um problema e as suas possíveis causas, de modo a resolver esse problema o mais depressa possível (Bilsel & Lin, 2016).

Assim, é fundamental analisar e diferenciar os conceitos causa e efeito:

- **Causa:** conjunto de condições e processo do sistema que culminam num estado particular do resultado;
- **Efeito:** resultado proveniente da observação do sistema a um dado instante e sob determinadas circunstâncias.

O design do diagrama de Ishikawa assemelha-se à forma de uma espinha de peixe, cuja representação consiste numa seta (“cabeça de peixe”), onde está representado o efeito, e em várias linhas diagonais provenientes dessa seta (“espinha de peixe”), onde são identificadas as causas. Desta forma, o diagrama consegue representar a relação entre o problema identificado e as suas potenciais causas (Luca, 2016). O formato do Diagrama de Ishikawa encontra-se representado na Figura 2.16.

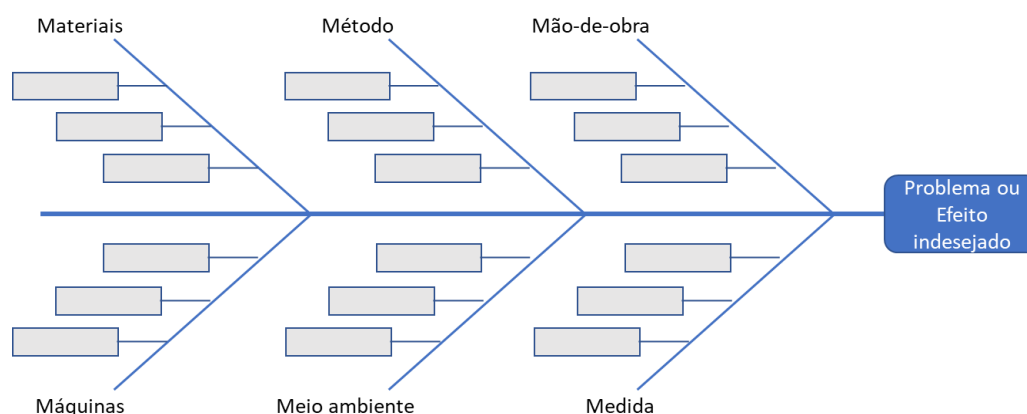


Figura 2.16 - Representação de um Diagrama de Ishikawa

Fonte: Elaboração própria

Para que se possa construir este diagrama, deverão ser efetuadas as seguintes etapas (Luca, 2016):

- 1. Definir o problema:** Definição do efeito indesejado ou problema, com base em informação clara e objetiva. A análise de *brainstorming* ou *brainwriting* torna-se fundamental nesta etapa;
- 2. Identificação das causas:** método para identificar as causas que levam ao problema acima definido que consiste em formar todas as possíveis causas numa sessão de *brainstorming*. Por norma, é aconselhável proceder-se à classificação das causas por grupos – grupos de causas relacionados com os materiais, com os procedimentos de trabalho, com a mão de obra, com os equipamentos, entre outros, que depois terão subcausas associadas;
- 3. Seleção do tipo de estrutura:** a estrutura básica, conhecida como 4M, é definida por *Man* (mão de obra), *Machine* (equipamentos), *Methods* (métodos) e *Materials* (materiais), pode não ser aplicável a todas empresas, logo uma nova dimensão pode ser criada dependendo da natureza do problema. Poderão ser ainda acrescentadas outras dimensões tais como *Environment* (Meio Ambiente), *Measurement* (Medição) e *Management* (Gestão);
- 4. Desenvolver o diagrama:** Desenhar a “cabeça de peixe” e preencher com aquele que é o efeito indesejado, e ligar à “espinha central” as ramificações que representam os grupos de causas. De seguida, devem ser conectadas aos grupos as subcausas;
- 5. Análise:** Após ter o diagrama completo, esgotar todas as causas identificadas e verificar a lógica de cada um dos ramos, será necessário recolher dados sobre a frequência de cada causa de modo a identificar a mais provável. Este diagrama por si só não tem a capacidade de identificar qual a causa mais importante, visto que o seu objetivo passa por identificar apenas a relação entre causas e efeito.

2.5.5 5 Porquês

Esta ferramenta é utilizada através de um método interrogativo em que se questiona o porquê de cada evento que antecedeu a um determinado problema, até encontrar as causas raiz. O nome desta ferramenta, “5 Porquês” surge, uma vez que geralmente, cinco perguntas são o suficiente para chegar à resposta que se procura.

A grande vantagem deste método é reconhecer que há uma série de eventos que antecedem e provocam a falha, uma vez que maioritariamente, um efeito indesejado decorre de um conjunto de causa-efeito, ou de um “efeito dominó”, e não de um evento imediatamente anterior.

Quando se inicia a análise de uma atividade uma das primeiras medidas a tomar é a de questionar a razão para que existem e como se realizam as atividades. Tipicamente, a primeira questão a colocar, e mais genérica, é a relativa ao evento detetado e define o objetivo a atingir, “porque é que ocorreu o problema?”. Após obter resposta à questão anterior, essa resposta deverá constituir o segundo porquê e assim sucessivamente, considerando sempre questões cada vez mais objetivas, até que a resposta à última questão expõe a raiz do problema que, muitas das vezes, estava escondida por outras causas (Melton, 2005).

Como dito acima, apresenta-se como uma solução simples, de fácil aplicação para a resolução de problemas e contribuindo para a melhoria contínua nas organizações através da procura das causas. Esta metodologia poderá assumir o aspeto de uma tabela, ou num diagrama de árvore que encadeia as perguntas. Na Figura 2.17 é apresentado um exemplo do procedimento para utilização desta ferramenta.

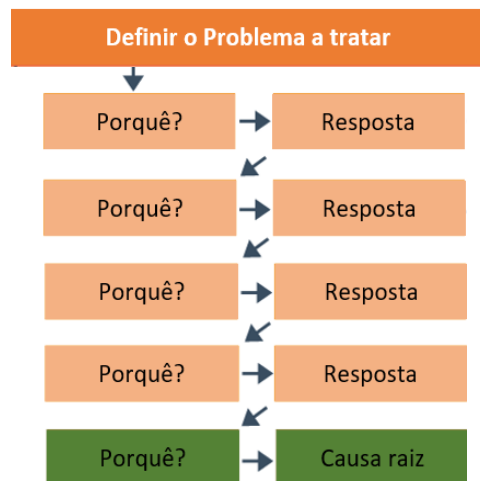


Figura 2.17 - Representação esquemática da utilização da ferramenta 5 Porquês

Fonte: Elaboração própria

2.5.6 5W2H

O nome da ferramenta, 5W2H, tem origem no inglês, em forma de inquérito: cinco questões, todas elas começadas com W e duas questões com a inicial H. Esta metodologia permite identificar as ações e atribuir responsabilidades para execução de tarefas e trabalhos. Segundo Longaray (2017) esta técnica seleciona as ações prioritárias através de questões, permitindo organizar as diversas ações que deverão ser implementadas. O método é estruturado de maneira a permitir uma rápida identificação dos elementos necessários para a implementação de novos projetos.

A ferramenta 5W2H, também conhecida como plano de ação, sendo muito utilizada e por isso não há uma concordância sobre quem a desenvolveu, ganhou mais uso com a disseminação das técnicas de gestão da qualidade e, posteriormente, com as de gestão de projetos.

Os elementos desta ferramenta podem ser descritos como (Klock, Gasparini, & Pimenta, 2016):

- **What** (O quê?): permite identificar o que será feito, isto é, a ação ou atividade que deverá ser executada ou o problema que deverá ser solucionado;
- **Why** (Porquê?): identificação e justificação dos motivos e principais objetivos da execução ou solução da tarefa;
- **Where** (Onde?): selecionar informação sobre onde será executada cada etapa e procedimento;
- **When** (Quando?): determinar quando irá ocorrer cada tarefa e a determinação do tempo de cada procedimento;
- **Who** (Quem?): definir quem serão os responsáveis pela sua execução da atividade, ou de cada uma das fases pelas quais é composta;
- **How** (Como?): explicar como deverá ser realizada cada tarefa, isto é, como serão executados os procedimentos para atingir os objetivos pré-estabelecidos;
- **How Much** (Quanto?): estimar ou calcular o custo total do que será executado em cada etapa.

Esta ferramenta, de fácil aplicação, é bastante útil para apoiar e criar um plano em ação, uma vez que serve para tomar decisões sobre os principais elementos que irão orientar a implementação do plano.

2.5.7 Trabalho padronizado

A padronização, uniformização ou normalização do trabalho, também conhecido pelo conceito em inglês *Standard Work*, permite organizar pessoas, materiais e equipamentos de uma forma eficiente. Deste modo, torna-se possível reduzir a subjetividade e a variabilidade dos processos numa organização, conduzindo à diminuição de erros ou falhas, eliminação de excessos e eliminação de desperdícios.

A padronização do trabalho pode ainda ser definida como um conjunto de procedimentos a seguir nas tarefas realizadas do quotidiano, procurando estabelecer os melhores métodos e práticas para cada processo e para cada trabalhador (Bortolotti, Boscari, & Danese, 2015).

Para que seja possível padronizar e uniformizar determinados processos, deve-se ter por base os seguintes elementos: *Takt Time*, sequência de trabalho, materiais e ferramentas necessárias.

O *Takt Time* pode ser definido como sendo um ritmo a que um processo, produto ou serviço deve ser produzido de modo a satisfazer a procura por parte dos clientes, indo de encontro às suas necessidades e minimizando *stocks*. Este tempo é calculado através da análise da referida procura e corresponde ao intervalo máximo entre a conclusão de consecutivas unidades de um produto. Numa unidade produtiva otimizada, esse intervalo de tempo corresponde à razão entre o tempo disponível para a produção do produto e a procura do mesmo. Posteriormente, é assim possível determinar o tempo de ciclo necessário, para estabelecer o ritmo de produção de forma adequada, ficando definido como sendo o intervalo entre a conclusão de unidades consecutivas de um produto.

A sequência de trabalho é estabelecida pela ordem que as tarefas devem ser executadas, permitindo ao trabalhador repetir o ciclo de forma consistente ao longo do tempo. Ao estabelecer as tarefas e as sequências de trabalho, deverão ser utilizados métodos de trabalho que permitam aumentar a eficiência dos processos, reduzindo as variações no tempo de ciclo, minimizando os defeitos e que permita também eliminar ou minimizar os desperdícios, tais como as movimentações e a espera.

Com a implementação do trabalho padronizado, pretende-se identificar potenciais problemas e desperdícios, providenciar um ambiente de trabalho seguro, manter níveis de elevada qualidade e obter ganhos de produtividade através da elevada utilização da mão de obra e equipamento (Liker & Meier, 2006).

2.5.8 5S

A metodologia 5S foi desenvolvida no Japão, no início da década de 50. Trata-se de um sistema de melhoria utilizado muitas vezes numa fase inicial, tendo como objetivos reduzir desperdícios, limpar os espaços de trabalho e melhorar a produtividade.

Segundo a filosofia dos 5S, a produtividade é incrementada pela eliminação sistemática dos desperdícios. Defende que não existe nada nos postos de trabalho que esteja a mais ou que não seja necessário, isto é, existe um lugar para tudo e, caso tudo esteja no seu lugar, é possível distinguir rapidamente o que está bem e o que não está bem, se está ou não a mais. A aplicação dos 5S permite criar postos de trabalho mais eficientes, mais seguros e mais organizados (Pinto, 2014).

Este método baseia-se em cinco fases começadas por S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*), que visam manter a ordem no local de trabalho e utiliza a gestão visual como forma de melhorar os resultados operacionais. As fases encontram-se descritas na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 - Identificação e descrição das cinco fases da metodologia 5 S

Fase	Descrição
<p>Seiri Classificação</p>	<p>Identificação e classificação de todos os recursos existentes nas áreas de trabalho (materiais, equipamentos e ferramentas) com base na utilização dos mesmos para a execução das tarefas: uso frequente, pouco frequente, obsoletos/desnecessários. Deverão ser segregados e os “desnecessários” deverão ser identificados como desperdício por todos e removidos da área de trabalho. No local de trabalho apenas deverá ser mantido o material, ferramentas e equipamentos estritamente necessários.</p> <p>Apresenta como benefícios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Otimização do local de trabalho; • Maior rapidez na procura dos objetos necessários; • Eliminação do desnecessário e/ou obsoleto; • Conhecer com exatidão os artigos existentes.
<p>Seiton Arrumação</p>	<p>Definição da forma correta e do local adequado para a disposição dos objetos necessários. Tem como objetivo estabelecer um lugar para cada coisa e colocar cada coisa no seu lugar, identificando-os e organizando-os de acordo com a sequência de utilização.</p> <p>Tem como benefícios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diminuição do risco de acidentes; • Diminuição de <i>stocks</i> e de movimentação de peças e equipamentos; • Conhecimento e perceção do material disponível; • Melhorias no controlo visual; • Rapidez na procura.
<p>Seiso Limpeza</p>	<p>Todos os materiais, equipamentos, ferramentas e locais de trabalho deverão estar limpos de forma a garantir a preservação dos mesmos e facilitar a deteção de anomalias. Cada trabalhador deverá ser responsável pela limpeza no seu posto de trabalho e áreas envolventes, procurando definir procedimentos para a limpeza, de forma que seja homogénea em toda a empresa, e adequada a cada posto de trabalho.</p> <p>Esta fase irá permitir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Redução dos custos de manutenção; • Ambiente de trabalho mais agradável, potenciando a motivação dos trabalhadores; • Aumento da vida útil das ferramentas, materiais e equipamentos.

Fase	Descrição
<p>Seiketsu</p> <p>Padronização</p>	<p>Criar práticas de organização do espaço, com base na definição de normas de arrumação e limpeza, na identificação de ajudas visuais (cores, luzes, indicadores de direção) de fácil compreensão, de forma a garantir o cumprimento dos três “S’s” anteriores (<i>Seiri</i>, <i>Seiton</i> e <i>Seiso</i>) por todos os trabalhadores.</p> <p>Com a padronização irão obter-se os seguintes benefícios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maior entendimento entre os trabalhadores da empresa e integração entre diferentes áreas; • Aumento do controlo visual; • Aumento da motivação e bem-estar dos trabalhadores; • Otimização do tempo laboral.
<p>Shitsuke</p> <p>Disciplina</p>	<p>Manter os quatro “S’s” anteriores com a aplicação contínua das práticas mencionadas anteriormente, sistematizando os processos das organizações. Para que tal aconteça, é necessário desenvolver autodisciplina e criar o hábito de envolver os trabalhadores em auditorias periódicas aos locais de trabalho, das quais deverão sair ações de melhoria de modo a corrigir os desvios e a cultivar o gosto pelo local de trabalho. Só quando todos os trabalhadores estiverem envolvidos e tiverem o conjunto de competências que lhes permita serem autónomos, se pode considerar que o princípio está enraizado.</p> <p>Assim, será possível obter:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento das inter-relações; • Expansão da criatividade; • Cumprimento das normas e procedimentos definidos; • Consciencialização de valores éticos e morais; • Melhorias no desenvolvimento profissional e ascensão da carreira profissional; • Redução dos acidentes de trabalho.

Fonte: Al-Aomar (2011), Patel e Thakkar (2014), Filip e Marascu-Klein (2015)

2.5.9 Indicadores Chave de Desempenho

Os *Key Performance Indicators* (KPI) são um conjunto de métricas que suportam e auxiliam as empresas a controlar a eficiência dos seus processos. Uma vez que representam quantitativamente as características de produtos ou processos, poderão ser utilizados para acompanhar e melhorar os resultados ao longo do tempo, contribuindo para a melhoria contínua nos processos organizacionais (Ishaq Bhatti, Awan, & Razaq, 2013).

Todas as empresas medem, de alguma forma, o seu desempenho, sendo essas medições normalmente baseadas em informação histórica. No entanto, apesar de ter o seu valor, não cumpre

com um dos princípios fundamentais do uso de KPI, em que os mesmos devem de ser atuais ou de futuro. O alinhamento, dos KPI utilizados, com a estratégia e objetivos das empresas são também um fator fundamental, de forma que os mesmos apoiem a implementação de planos de melhoria dos processos.

Na temática da filosofia *Lean*, os KPI permitem analisar o desempenho das empresas, uma vez que a partir da análise destes indicadores é possível extrapolar diversas informações, tanto na vertente de eliminação de desperdícios como na de melhoria dos processos.

A implementação e acompanhamento de processos devem ter como suporte um sistema fiável de indicadores com os seguintes objetivos: poder situar-se em relação aos valores definidos e corrigir eventuais desvios; motivar e empenhar os trabalhadores na obtenção dos objetivos definidos; identificar as atividades ou procedimentos que não estão a obter os resultados pretendidos; medir as melhorias conseguidas; facilitar a implementação e os ajustamentos necessários a novos processos. (Lindberg, Tan, Yan, & Starfelt, 2015).

Deste modo, um sistema de indicadores de desempenho é considerado uma ferramenta de gestão muito útil para qualquer organização, constituindo uma base de informação de gestão, permitindo (Ishaq Bhatti, Awan, & Razaq, 2013):

- Definir claramente os objetivos a atingir;
- Acompanhar o desempenho dos vários processos;
- Tomar decisões estratégicas;
- Definir áreas de atuação e de medidas corretivas;
- Acompanhar a implementação das medidas de melhoria.

Para que seja possível avaliar o desempenho de processo, torna-se importante definir os conceitos de Eficiência e Eficácia.

A **Eficiência**, forma como a atividade é realizada, caracteriza-se pela quantidade de recursos que vão ser utilizados para alcançar um determinado resultado. Pode também ser definida como a relação entre o que se obteve (*output*) e o que se consumiu (*input*), traduzindo-se na capacidade de produzir mais com menos recursos, ou ainda, produzir com maior qualidade e com os mesmos ou menos recursos.

Por outro lado, a **Eficácia** caracteriza-se por fazer o que é necessário para alcançar um determinado resultado, com vista a satisfazer uma necessidade. No que toca a uma decisão ou ação, esta é tanto mais eficaz quanto mais próximos dos objetivos estabelecidos chegarem os resultados obtidos.

Na Figura 2.18, é apresentada a relação entre eficiência e eficácia:



Figura 2.18 - Eficiência vs. Eficácia

Fonte: adaptado de Moura (2016)

Caso o utilizador seja pouco eficiente e pouco eficaz, irá “fazer ineficientemente o que não deve ser feito”. Pelo contrário, se for eficiente e eficaz, irá produzir “eficientemente o que deve ser feito”, sendo atribuído o termo efetividade.

2.5.10 *Balanced Scorecard*

O *Balanced Scorecard* (BSC) é uma ferramenta que permite ter uma perceção histórica dos resultados financeiros e não financeiros, de desempenho futuro e que permite às organizações apoiar a implementação das suas estratégias de diferenciação.

São considerados dois tipos de fatores: os fatores tangíveis e os fatores intangíveis. Os primeiros relatam o estado atual da organização; podem ser fatores de natureza económico-financeira, sendo indicadores do sucesso ou insucesso das medidas tomadas no passado pelos gestores. Por outro lado, os fatores intangíveis descrevem o que a empresa pretende fazer para alcançar o sucesso no futuro; são fatores como o desenvolvimento dos processos da organização, ou o desenvolvimento dos recursos, como pessoas ou sistemas de informação.

O BSC permite descrever a estratégia da organização em torno de quatro perspetivas: financeira, cliente, processos internos, aprendizagem e melhoria contínua. Para cada uma destas perspetivas são delineados objetivos e métricas para avaliar a execução da estratégia. As métricas são ligadas entre si através de relações de causa-efeito, oferecendo à gestão visibilidade sobre o impacto de cada uma

das perspectivas sobre o todo da organização. Através do BSC, as organizações adotam um processo de gestão da sua estratégia, não focada somente no curto prazo e em informação financeira, valorizada sobretudo pelos acionistas, mas também no longo prazo e em elementos que garantam a criação de valor futuro para a organização.

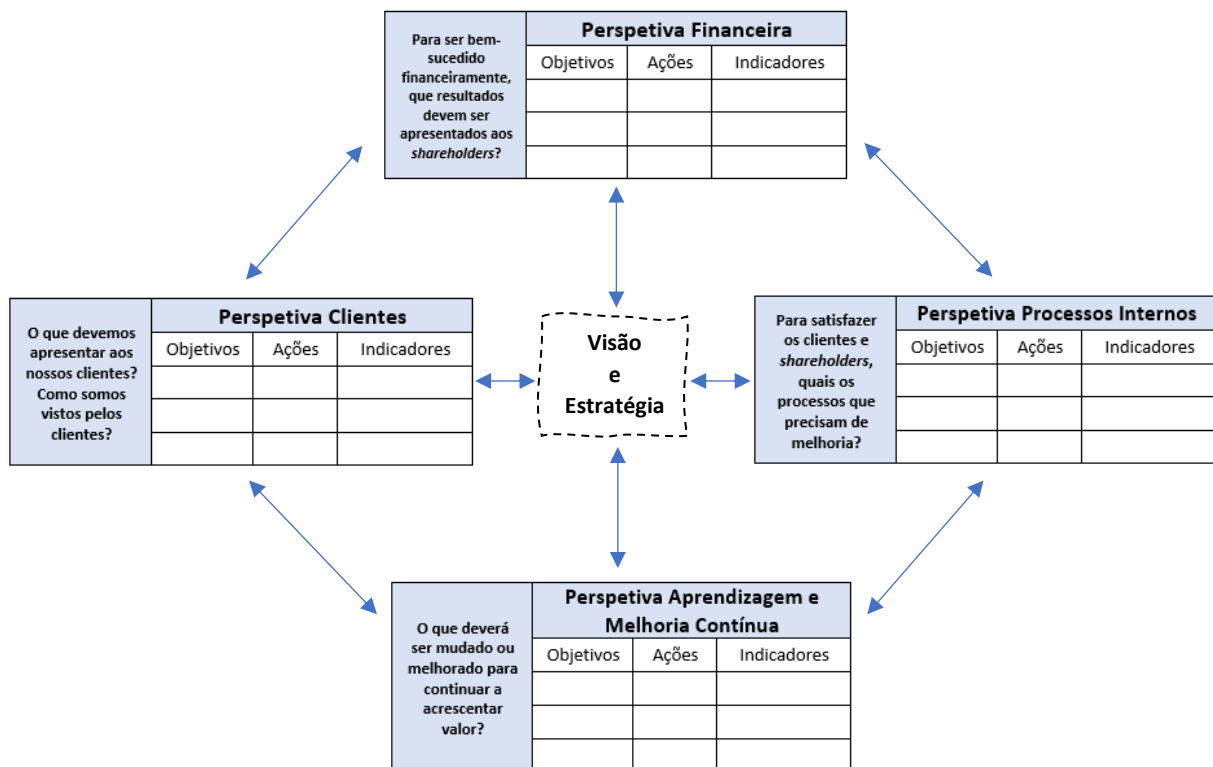


Figura 2.19 - Estrutura do *Balanced Scorecard*

Fonte: adaptado de (Kaplan & Norton, 1996)

Deste modo, o BSC funciona como um painel de instrumentos, que permite que a gestão tenha uma visão abrangente do desempenho da empresa no curto e no médio prazo.

O equilíbrio é fundamental para este conceito, que pode ser dividido em três áreas (Costa, 2009):

- **Indicadores financeiros e indicadores não financeiros:** o BSC foi originalmente criado para superar as deficiências de uma dependência de medidas financeiras de desempenho, equilibrando-as com impulsionadores de desempenho futuro. Continua a ser o princípio fundamental do sistema.
- **Componentes internos e externos da organização:** acionistas e clientes representam os constituintes externos do BSC, enquanto os funcionários e os processos internos, representam componentes internos. O modelo reconhece a importância de equilibrar as necessidades destes grupos, que muitas vezes são contraditórios na implementação eficaz da estratégia.

- **Indicadores de desempenho passados e futuros:** indicadores de atraso são geralmente o desempenho passado, como por exemplo: satisfação do cliente ou receita. Embora as medidas sejam geralmente objetivas e acessíveis, elas não têm normalmente poder preditivo.

Segundo Kaplan e Norton (1996), a implementação do modelo *Balanced Scorecard* divide-se em quatro etapas:

1. **Definição da arquitetura dos indicadores:** deverá ser selecionada a unidade organizacional onde ocorrerá a implementação. De referir que é essencial que exista uma missão bem definida, de modo a não pôr em causa o sucesso da implementação. Para além disso, deverá ser considerada a identificação das relações entre a unidade de negócio e a corporação, para que, ao desenvolver os objetivos e indicadores, as outras unidades não sejam prejudicadas e possam ser encontradas formas que permitam valorizar e corrigir situações não visíveis anteriormente (Costa, 2009);
2. **Definição dos objetivos estratégicos:** numa primeira fase é necessário proceder à recolha de informação básica sobre o mercado, a concorrência, as preferências dos clientes, bem como documentos sobre a missão, visão e a estratégia da empresa. Para além disso, é também importante considerar a opinião dos principais intervenientes da empresa, por exemplo, através da realização de entrevistas com objetivo de perceber onde é necessário atuar. Após a recolha de dados, deverá ser realizada uma reunião com a equipa de trabalho, para que seja possível definir e analisar os objetivos estratégicos e indicadores para as quatro perspetivas do modelo do BSC (Giollo, 2002), (Costa, 2009);
3. **Seleção e elaboração dos indicadores:** para que esta etapa seja bem-sucedida, deverão ser considerados quatro objetivos principais. O primeiro, refere-se ao aperfeiçoamento da descrição dos objetivos estratégicos, seguido da identificação de indicadores para cada objetivo estratégico. Posteriormente deverão ser identificadas as fontes de informação para medir cada indicador, e por fim, proceder à identificação das relações entre os indicadores das quatro perspetivas. Após conclusão, deverá ser iniciada a elaboração do plano de implementação (Costa, 2009);
4. **Elaboração do plano de implementação:** o plano deve incluir a relação entre os indicadores e as bases de dados e sistemas de informação, para que o modelo seja comunicado e esteja disponível a todos os elementos da organização (Kaplan & Norton, 1996). Deverá também ser definido o plano de comunicação do modelo (Costa, 2009).

2.5.11 Diagrama SIPOC

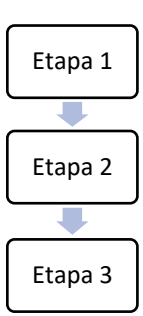
O diagrama SIPOC, cujo acrónimo significa, em inglês, *Suppliers, Inputs, Processes, Outputs e Customers*, refere-se a um modelo construído para cada processo de uma empresa, dentro do âmbito do *Seis Sigma*, mostrando como as várias entidades interagem entre si ao longo do processo.

Sendo uma ferramenta de análise que se apresenta sob a forma de tabela ou diagrama, permite identificar todos os elementos relevantes como relações, responsabilidades e necessidades em cada etapa do processo, com vista à caracterização de um processo, de forma macro, ou para avaliar o progresso do trabalho que é realizado (Charron, Harrington, Voehl, & Wiggin, 2014). Desta forma, o diagrama SIPOC contribui para uma melhor compreensão do processo a ser tratado e promove a clarificação do âmbito do processo a ser mapeado.

A ferramenta pode ser descrita como um conjunto de fases onde estão bem definidos os seguintes elementos, estando depois apresentada na Tabela 2.9.

- **Suppliers:** identificação dos fornecedores do processo, que poderão ser internos ou externos;
- **Inputs:** identificação dos parâmetros de entrada necessários em cada fase;
- **Process:** efetuar uma descrição concreta e precisa do processo;
- **Outputs:** indicar os produtos pretendidos, à saída;
- **Customers:** nomear os clientes, que poderão ser internos ou externos.

Tabela 2.9 - Representação de um diagrama SIPOC

Suppliers (Fornecedores)	Inputs (Entradas)	Process (Processo)	Outputs (Saídas)	Customers (Clientes)
Pessoa ou organização que fornece <i>inputs</i> para o processo	Recursos adicionados ao processo	Conjunto de etapas que convertem <i>inputs</i> em <i>outputs</i>	Produto acabado que constitui o resultado do processo	Pessoa ou organização que recebe o produto ou serviço
Fornecedor 1 Fornecedor 2	Input 1 Input 2	 <pre> graph TD E1[Etapa 1] --> E2[Etapa 2] E2 --> E3[Etapa 3] </pre>	Output 1 Output 2	Cliente 1 Cliente 2

Fonte: Elaboração própria

O processo deverá ser analisado do fim para o início, começando pela identificação do(s) cliente(s), internos ou externos, que irão beneficiar com o processo e as saídas do mesmo. Para tal, deverá ser analisada e descodificada a Voz do Cliente.

Posteriormente, é necessário identificar as saídas que devem ser geradas pelo processo, como por exemplo, qual o produto ou serviço e as respetivas especificações. Por fim, deverão ser registadas as entradas e fornecedores que possibilitam as saídas previstas, mapeando de seguida, o processo de visão de alto nível e que vão transformar as entradas em saídas.

2.5.12 Voz do Cliente

A Voz do Cliente, tal como o nome indica, pretende conhecer as reais necessidades do cliente final de um determinado processo ou organização. Num mercado altamente competitivo é essencial as empresas irem, cada vez mais, ao encontro das opiniões dos clientes, contrariando a prática de serem as empresas a impor os seus produtos ou serviços prestados ao cliente. Com essa mudança de estigma, é fundamental conhecer e entender quem são os clientes, sejam particulares ou empresariais, que estão dispostos a usufruir de um produto ou serviço, resultante do conjunto de atividades desenvolvidas por uma determinada organização. Este facto é relevante na organização, uma vez que o valor é uma medida que afere se o cliente realmente aprecia um produto ou serviço e o quão está disposto a comprar um produto ou adquirir um serviço (Womack & Jones, 2003).

Identificar as expectativas do cliente e melhorar o desempenho de um serviço ou garantir a qualidade do produto, é uma forma de evitar o aumento do preço dos produtos ou serviços, de forma desnecessária, sem acrescentar qualquer valor para os clientes finais, evitando assim que os clientes paguem esse custo adicional (Almeida, 2011).

Relativamente aos tipos de cliente, este poderá ser interno ou externo. O cliente poderá ser interno, como por exemplo o sector seguinte num determinado processo da mesma organização, ou um departamento da organização, o que torna a comunicação mais fácil ao longo de todo o processo, de modo a ir de encontro às necessidades do cliente. Por outro lado, o cliente poderá ser externo, ou seja, aquele que tem a capacidade de decidir a aquisição de um produto ou serviço. Neste caso, deverá ser estudada e compreendida a satisfação do cliente após a adquirir o produto e/ou serviço, ou ainda entender as expectativas e necessidades do cliente para que o produto e/ou serviço vá de encontro à mesma. Para tal, poderão ser utilizadas várias técnicas, tais inquéritos de satisfação, manter fichas de cliente, onde o cliente introduz alguns dados pessoais, entre outros.

2.5.13 Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor (do inglês *Value Stream Mapping* – VSM) é um método de diagnóstico desenvolvido por Rother e Shook (2003), que permite visualizar o percurso de um produto ou serviço do longo de toda a cadeia de valor, ou seja, ao longo da incorporação de recursos no mesmo, desde a aquisição da matéria-prima à entrega do produto final, ou serviço. Assim, são representadas todas as atividades que agregam e não agregam valor no fluxo de material e informação necessários à produção de um artigo ou à prestação de um serviço, permitindo uma análise detalhada para posterior implementação de ações de melhoria.

Para a utilização desta ferramenta é importante ter em conta não só o fluxo de material, mas também o fluxo de informação, pelo que é obrigatório retratar os dois fluxos no mapeamento (Rother & Shook, 2003).

Para efetuar o mapeamento, é necessário efetuar as seguintes etapas:

- 1.** Selecionar uma família de produtos que será o foco do estudo, ou seja, produtos e/ou serviços que passem por etapas semelhantes de processamento e que utilizem processos e equipamentos similares ao longo de toda a cadeia de valor;
- 2.** Desenhar o estado atual do processo, identificando todas as atividades envolvidas no fluxo de material e informação do estado atual do processo;
- 3.** Desenhar o estado futuro, tendo por base os desperdícios identificados no estado atual, planejar e desenhar o fluxo de material e informação desejáveis no futuro;
- 4.** Definir um plano de trabalho em que constem todas as ações a implementar, objetivos, respetivos responsáveis e datas de implementação.

Inicialmente, o VSM era utilizado para avaliar o nível *Lean* de uma organização, comparando o estado atual e o estado futuro da cadeia de valor. A avaliação era feita com base no desempenho do sistema, demonstrada através de um horizonte de tempo, como o tempo de ciclo, tempo de *setup* ou tempo de inventário (Mahfouz, 2011), (Amim, 2013).

Apesar das inúmeras vantagens, o VSM apresenta capacidades limitadas de representação do desempenho qualitativo dos processos, como é o caso da satisfação de clientes e da capacidade de resposta dos fornecedores (Amim, 2013).

A Figura 2.20 representa um exemplo de um VSM, que se trata de um esquema com a relação entre os vários intervenientes, e como ocorre o fluxo, seja de informação ou do processo em si.

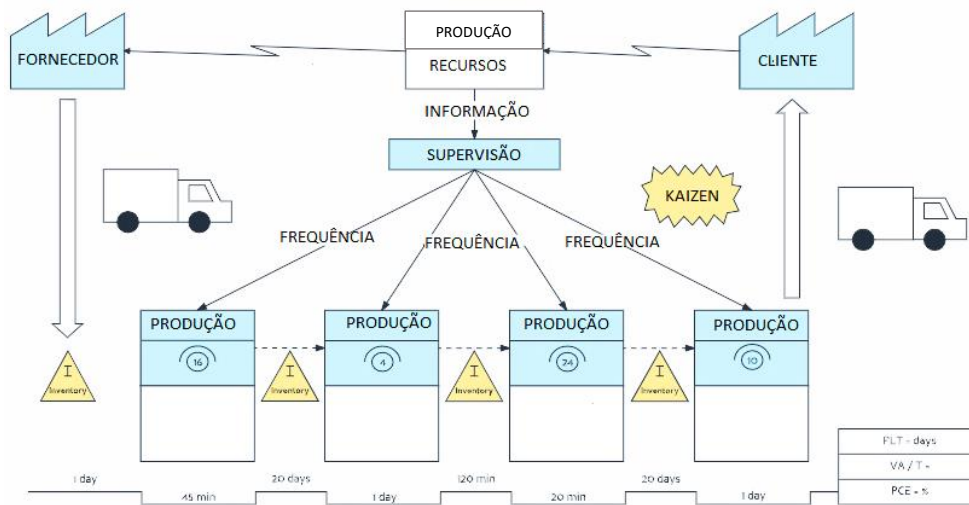


Figura 2.20 - Exemplo de representação de um VSM

Fonte: Elaboração própria

O VSM utiliza um sistema de símbolos padrão, semelhante a um fluxograma, para representar vários fluxos de trabalho e de informação. Consiste em identificar as etapas que agregam valor ao produto, com o objetivo de eliminar os desperdícios, reduzir os tempos de ciclo dos processos e implementar melhorias nestes processos. Assim, num VSM genérico, deverá ser representado o processo em análise, o fornecedor e o cliente do processo e os respetivos tempos de espera e tempos de execução

Com um VSM, é possível visualizar todo o percurso ao longo da cadeia de valor, permitindo ainda a identificação das atividades de valor acrescentado (VA), isto é, atividades que acrescentam valor na ótica do cliente; e atividades de valor não acrescentado (VNA), classificadas ainda como atividade incidental (atividades que não acrescentam valor na ótica do cliente, mas são necessárias para o desenvolvimento do produto ou serviço) e desperdício (não acrescentam valor para o cliente e não são necessárias no processo produtivo). No caso das atividades classificadas como desperdício, deverá proceder-se à eliminação destas o mais rapidamente possível.

2.5.14 Fluxograma ou Mapeamento de Processos - BPMN

O desenvolvimento do *Business Process Modeling Notation* (BPMN) surgiu pela necessidade do consórcio industrial BPMI.org fornecer uma notação totalmente perceptível para todos os usuários corporativos. Pretendia-se que, desde o analista que cria os primeiros esboços dos processos, passando pelo técnico responsável por implementar as ações que farão com que seja possível

executar os processos, até aos responsáveis por gerir e monitorizar esses processos, tivessem acesso ao mesmo tipo de notação (White, 2004). Esta notação é usada maioritariamente para representar atividades, responsabilidades e decisões, e entender o fluxo de um determinado processo de uma empresa, representando também as interações entre os diferentes trabalhadores envolvidos (Decker & Barros, 2007), (Muehlen & Recker, 2013)

Na construção de um modelo de BPMN existem diversos elementos, agrupados em quatro categorias base: objetos de fluxo, objetos de conexão, *swimlanes* e artefactos (Muehlen & Recker, 2013). No entanto, os elementos mais comuns são sequência de fluxo, tarefa elementar, evento final e evento inicial. As quatro categorias base de elementos são explicadas de seguida, segundo White (2004).

1. **Objetos de fluxo:** um *Business Process Diagram* (BPD) inclui um conjunto de três elementos-chave dentro dos objetos de fluxo, de modo que os responsáveis pela modelação do diagrama não tenham de aprender e reconhecer um número grande de elementos:
 - **Eventos:** são representados por um círculo e significam algo que “acontece” durante o curso do processo. Afetam o fluxo do processo e geralmente têm uma causa ou um impacto;
 - **Atividade:** é representada por um retângulo arredondado nos cantos e é um termo genérico para qualquer conjunto de tarefas que a empresa realize;
 - **Porta de entrada:** é representada por um losango e é usada quando se pretende controlar a convergência ou divergência do fluxo, isto é, pode ter um valor positivo ou negativo quando se tomam decisões.

2. **Objetos de conexão:** dentro dos objetos de conexão, um BPD tem um conjunto de três elementos, de modo a criar no diagrama uma estrutura:
 - **Fluxo de sequência:** representado por uma seta de linha sólida, é utilizado para indicar a ordem de realização das atividades num processo;
 - **Fluxo de informação:** representado por uma seta a tracejado, sendo usado para indicar o fluxo de informação enviado e recebido entre dois participantes de diferentes *pools* do processo;
 - **Associação:** representada por uma seta pontilhada e é utilizado para associar informação, texto e outros artefactos com objetos de fluxo. Este elemento é também usado para mostrar os *inputs* e *outputs* das atividades.

3. **Swimlanes:** utilizado num BPD como um mecanismo para organizar atividades em diferentes categorias visuais, de modo a ilustrar as diversas capacidades ou responsabilidades operacionais. Contém dois elementos:
- **Pool (faixa):** representa um participante no processo. Atua também como um “reservatório” gráfico para separar conjuntos de atividades de outras pools;
 - **Lane (via):** consiste numa sub-partição dentro de uma *pool*. São usados para organizar e classificar as atividades.
4. **Artefactos:** adicionado ao BPD quando se pretende alguma flexibilidade em relação à notação básica e se pretende também fornecer a habilidade de adicionar contexto apropriado para situações específicas de modelação. Existem atualmente três tipos de artefactos pré-definidos pelo BPMN:
- **Data (dados):** elemento que serve para mostrar como os dados são exigidos ou produzidos pelas atividades. Estão ligados às atividades através de associações;
 - **Grupo:** representado por um retângulo arredondado tal como as atividades, mas o seu contorno é feito intercalando a linha a tracejado com a linha a pontilhado. Pode ser usado para documentação ou fins de análise, mas não afeta a sequência de fluxo;
 - **Anotação:** são um elemento que possibilitam o fornecimento de informação adicional por parte do modelador.

2.5.15 **Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos**

A Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis* - FMEA) é um método indutivo que permite analisar, para cada componente de um sistema de uma forma sistemática, os vários modos de falha que poderão ocorrer, as suas causas e os seus efeitos no funcionamento e segurança do sistema. As etapas para criar e usar o método de análise FMEA são as estão identificadas na figura seguinte:

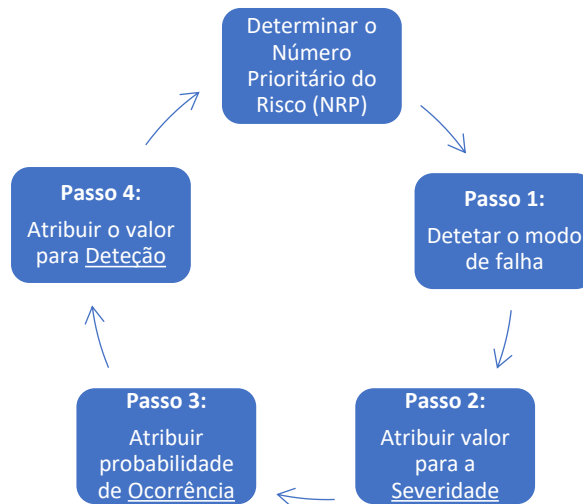


Figura 2.21 - Etapas para análise FMEA

Fonte: Elaboração própria

A **Severidade (S)** traduz-se no impacto negativo provocado pelo efeito do modo de falha, ou seja, avaliar se a atividade pode ser executada acontecendo o modo de falha. A **Ocorrência (O)** consiste na probabilidade de uma causa potencial específica vir a ocorrer e o índice de **Detecção (D)** consiste na avaliação da eficácia dos controlos definidos, isto é, quão fácil é detetar o modo de falha. Em relação às escalas destas grandezas, encontram-se indicadas na Tabela 2.10.

Tabela 2.10 - Valores a atribuir à Severidade, Ocorrência e Detecção

Severidade (S)	Ocorrência (O)	Detecção (D)	Avaliação
Perigo sem aviso prévio	Muito alta: falha quase inevitável	Quase impossível	10
Perigo com aviso prévio	Muito alta: falha quase inevitável	Muito remota	9
Muito alto	Alta: falhas repetidas	Remota	8
Alto	Alta: falhas repetidas	Muito baixa	7
Moderado	Moderada: falhas ocasionais	Baixa	6
Baixo	Moderada: falhas ocasionais	Moderada	5
Muito baixo	Moderada: falhas ocasionais	Moderadamente alta	4
Menor	Baixa: poucas falhas	Alta	3
Muito menor	Baixa: poucas falhas	Muito alta	2
Nenhum	Improvável: falha improvável	Quase certamente	1

Fonte: adaptado de Carbone e Tippett (2015)

Depois de feita a análise do modo de falha, é necessário proceder ao cálculo do Número de Prioridade de Risco (NPR). Resulta do produto dos três índices referidos anteriormente.

$$NPR = S \times O \times D \quad (7)$$

O objetivo do NPR é priorizar a eliminação dos modos de falha. Este número pode variar entre 1 e 1000. Atribuindo o valor máximo de cada índice obtém-se um NPR de 1000 que é completamente indesejável, isto porque o valor máximo do índice de severidade, ocorrência e detecção significaria que o modo de falha iria ocorrer. Para valores de NPR altos, deverá ser reduzido o risco calculado, através de ações corretivas. De modo geral, deve ser dada especial atenção especial quando o índice de severidade é alto, independentemente do valor de NPR.

3. Modelo Proposto

Para que seja possível criar um projeto *Lean* para identificação das atividades que representam algum tipo de desperdício, é necessário que este seja devidamente planejado e estruturado. Deste modo, torna-se importante aliar a gestão de projetos à metodologia *Lean* para uma implementação eficaz e que se traduza em resultados positivos.

A medição do desempenho de um determinado processo é uma das fases mais difíceis da gestão do processo, sendo por isso essencial que as decisões sejam baseadas em factos. Deste modo, o desempenho do processo deverá ser aliado às necessidades dos clientes, uma vez que se trata de um dos aspetos mais eficazes na gestão dos processos.

Após a revisão da literatura, surgiu a necessidade de criar um modelo que permita a implementação de um projeto *Lean* em diversas organizações, com a aplicação de várias ferramentas. Este modelo tem como intuito, tornar qualquer processo o mais eficiente possível.

De forma geral, pretende-se que este modelo permita:

1. Analisar o estado atual da empresa e identificar um problema que precise de ser melhorado;
2. Conhecer o processo que irá ser trabalhado e como se encontra atualmente;
3. Identificar as áreas com maior necessidade de melhoria, pela criação de indicadores de desempenho quantitativos que possam ser monitorizados e comparados com registos anteriores de desempenho ou outros sistemas;
4. Classificar todas as atividades do processo, com base no valor que cria para o cliente;
5. Determinar o desempenho atual da organização ou do processo em estudo;
6. Identificar melhorias que poderão ser aplicadas às atividades que geram maior desperdício para o processo;
7. Verificar o aumento de eficiência gerada ao processo em questão, após implementação das melhorias identificadas.

O modelo criado, sequencial, tem três principais fases: Pré-avaliação, Implementação e Monitorização de Resultados. Cada uma das fases divide-se em subfases que, de forma mais detalhada, identificam os principais objetivos e ferramentas que deverão ser utilizadas.

A estrutura do modelo, incluindo fases, subfases, objetivos e ferramentas utilizadas, é apresentada na Tabela 3.1, sendo depois explicada em detalhe mais à frente na presente dissertação, cada uma das fases, subfases e principais objetivos de cada uma delas.

Tabela 3.1 - Estrutura do Modelo conceptual proposto

Fase	Subfase	Objetivos	Ferramentas
Pré-Avaliação	Definir	Identificar e definir o problema a tratar e os respetivos objetivos	<ul style="list-style-type: none"> Análise das Partes Interessadas Brainstorming/Brainwriting Voz do Cliente Project Charter Relatório A3
	Caracterizar	Caracterizar o processo associado ao problema	<ul style="list-style-type: none"> Fluxograma ou Mapa do Processo (BPMN) Diagrama SIPOC Diagrama de Pareto
	Analisar	Analisar os indicadores do processo atual para detetar problemas	<ul style="list-style-type: none"> <i>Value Stream Mapping</i> (Estado Atual) Diagrama de Ishikawa 5 Porquês 5W2H <i>Key Performance Indicators</i> FMEA
Implementação	Classificar	Classificar as atividades do processo (valor acrescentado e valor não acrescentado) e determinar o desempenho da empresa ou processo	<ul style="list-style-type: none"> <i>Balanced Scorecard</i> e Seis Sigma <i>Tool Time</i>
	Melhorar	Sugerir e implementar melhorias no processo para eliminar aspetos causadores de afastamento aos objetivos estabelecidos	<ul style="list-style-type: none"> Brainstorming/Brainwriting <i>Value Stream Mapping</i> (previsão – estado futuro) Matriz de Hierarquização/Prioridades Gráfico de Gantt Rede de Atividades
Resultados	Verificar	Verificar o desempenho do projeto e o seu impacto na organização	<ul style="list-style-type: none"> Comparação de KPI <i>Balanced Scorecard</i> e <i>Seis Sigma</i> Procedimento padronizado Cartas de controlo

Fonte: Elaboração própria

3.1 Fase de Pré-Avaliação

Na fase *Pré-Avaliação* do modelo, sendo esta a primeira fase, pretende-se que seja efetuada uma avaliação do sistema em estudo, incluindo todo o planeamento para o projeto que se pretende implementar. Toda esta fase traduz-se em várias etapas, desde a identificação do problema a tratar, a definição dos objetivos, incluindo toda a calendarização, assim como conhecer o processo em causa e todos os KPI associados que poderão ser utilizados para mais tarde auxiliar a monitorização de resultados.

Esta primeira fase envolve três subfases que serão desenvolvidas de seguida: *Definir*, *Caracterizar* e *Analisar*. Em cada uma delas, serão utilizadas diversas ferramentas para que seja possível atingir o objetivo a que cada uma das subfases se propõe.

3.1.1 Definir

A subfase *Definir*, identificada na Figura 3.1, é a primeira subfase do modelo proposto. Os principais objetivos, tal como o nome indica, prendem-se com a definição do projeto, nomeadamente, identificar qual o problema que se pretende abordar e trabalhar, perceber qual ou quais os processos que estarão envolvidos nesse projeto, e quais as metas que se pretendem atingir. Adicionalmente, é necessário definir a equipa de trabalho, quais as funções de cada elemento e definir cronologicamente todas as fases do projeto.

Apesar de ser a primeira subfase, é uma das mais importantes, uma vez que é a subfase que demarca o início do projeto, com a definição de todos os pontos importantes para o desenvolvimento do mesmo.

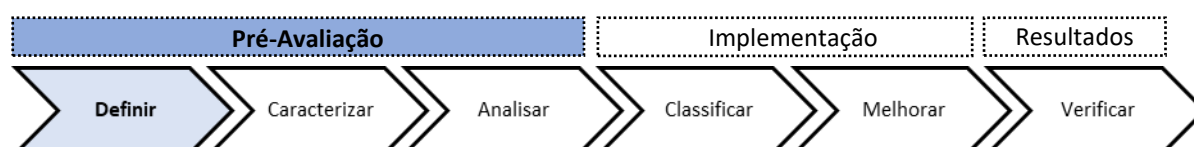


Figura 3.1 - Subfase Definir

Assim, na subfase *Definir*, é importante utilizar ferramentas que possibilitem esboçar todas as ideias sugeridas, considerações sobre tudo o que ficou definido para o projeto, identificar os principais objetivos para cada uma das fases em que se divide o projeto, calendarização, responsáveis, entre outros.

Para uma fase inicial, poderá ser utilizada a **Análise das Partes Interessadas** para que seja possível, junto da administração e outras partes interessadas, definir os principais objetivos e metas que se pretendem atingir.

Posteriormente, o **Brainstorming** e/ou **Brainwriting** permitirá listar problemas já detetados pelos trabalhadores, assim como identificar ideias para novos projetos, com o objetivo de solucionar esses problemas.

Aliada à Voz do Cliente, ou seja, a identificação das verdadeiras necessidades do cliente, torna-se possível definir os objetivos e projetos, indo verdadeiramente de encontro às reais necessidades do cliente, fazendo com que a satisfação do cliente seja atingida.

No que toca à formalização do que foi pensado e falado, poderão ser utilizadas pela organização duas ferramentas: o **Project Charter**. Após a escolha do âmbito do projeto, esta ferramenta permite a explicação desse projeto num documento para que seja de fácil compreensão, desde as datas de início e conclusão do projeto, objetivo e âmbito do projeto, descrição breve do problema, meta que se pretende atingir, restrições e suposições, cronograma e a equipa responsável pelo projeto; e o **Relatório A3** que tal como a ferramenta anterior, permite que seja esboçado todo o projeto em apenas uma página, sendo incorporados os objetivos do projeto e de que forma serão atingidos, assim como as principais vantagens e obstáculos à realização do respetivo projeto.

Após serem definidos e efetuados todos os elementos referidos anteriormente, e estando todos os intervenientes de acordo, surge a altura de passar para a próxima subfase, descrita no ponto seguinte.

3.1.2 Caracterizar

Na segunda subfase, *Caracterizar* (Figura 3.2), pretende-se conhecer em detalhe o processo que se pretende trabalhar e analisar, isto é, selecionado na subfase anterior. Para tal, é necessário que estejam envolvidos todos os intervenientes desse mesmo processo, assim como todos os trabalhadores com maior *know-how* do mesmo.

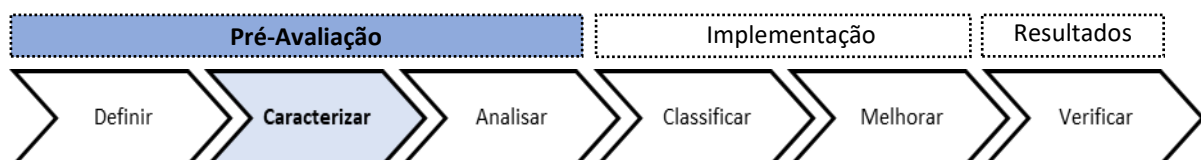


Figura 3.2 - Subfase Caracterizar

Numa primeira fase, fazendo uma análise macro ao processo, é importante identificar e definir o cliente do projeto e quais são os seus requisitos e especificações, podendo ser utilizado

o **Diagrama SIPOC** que permite identificar os fornecedores do processo, os parâmetros de entrada necessários em cada fase, apresentar de forma geral o processo em estudo, identificando também os produtos pretendidos à saída e os clientes do processo. Deste modo, é possível apresentar numa tabela por exemplo, todo o processo e a sua envolvência.

Após ser feita essa caracterização mais abrangente, é necessário analisar em detalhe o processo, isto é, todas as etapas efetuadas desde o início do processo até ao seu encerramento, quando é considerado concluído. Para tal, poderá ser utilizado um **fluxograma** ou um **mapeamento do processo em BPMN**, permitindo analisar e identificar, de forma visual, todas as etapas do processo e os vários intervenientes.

Por outro lado, o **Diagrama de Pareto**, um gráfico de frequências que ilustra a contribuição relativa de cada causa para o problema em análise, permite visualizar as causas mais determinantes na ocorrência do problema, permitindo estabelecer prioridades de atuação, evitando o desperdício de esforços no combate a causas que têm pouca expressão no problema. Assim, uma vez definido o problema, é necessário proceder à seleção de dados a recolher num determinado período de tempo e posterior recolha; classificar os dados recolhidos em categorias e quantificar cada uma delas e calcular a percentagem relativa de cada categoria.

3.1.3 **Analisar**

Terminada a caracterização do processo em estudo, segue-se a subfase *Analisar* (Figura 3.3), a última da fase de Pré-Avaliação.

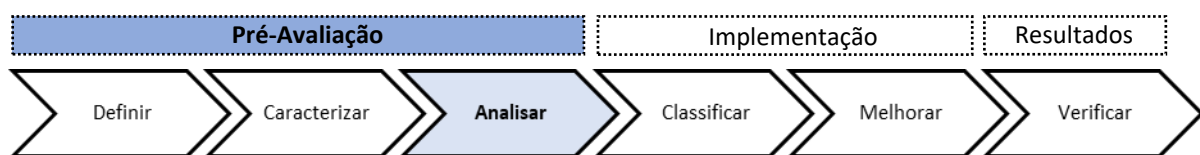


Figura 3.3 - Subfase Analisar

Esta subfase tem como objetivo analisar as causas potenciais dos problemas identificados. Para tal, é essencial que a equipa de projeto recolha todos os dados considerados necessários e proceda à sua análise para que, posteriormente, seja possível identificar as principais causas associadas a um ou mais problemas. Posteriormente, deverão ser definidas prioridades de modo a resolver todas as causas dos problemas identificadas, dependendo do objetivo de cada organização.

Ao longo desta subfase sugere-se a utilização de ferramentas como o **Visual Stream Mapping** (estado atual), uma vez que, sendo um método de diagnóstico, possibilita a visualização do percurso de um

produto ou serviço do longo de toda a cadeia de valor, assim como a identificação das respetivas atividades, identificando-as pela seguinte tipologia: atividades de valor acrescentado, isto é, atividades que acrescentam valor na ótica do cliente; e atividades de valor não acrescentado, que se subdividem em atividade incidental (atividades que não acrescentam valor na ótica do cliente mas são necessárias para o desenvolvimento do produto ou serviço) e desperdício (não acrescentam valor para o cliente e não são necessárias no processo produtivo). No caso das atividades classificadas como desperdício, deverá proceder-se à eliminação destas o mais rapidamente possível.

Na Figura 3.4 é apresentado um esquema que permite relacionar as atividades que agregam valor e as que não agregam valor como já referido, e o que deverá ser efetuado para cada uma delas, numa perspetiva de melhoria.

VAC	<p>Valor Acrescentado para Cliente Os clientes estão dispostos a pagar por isso; Altera fisicamente a forma, a adequação ou a função do produto ou serviço É feito de forma correta à primeira vez.</p>	MELHORAR
VAE	<p>Valor Acrescentado para Empresa Interno: necessário para manter o negócio; Externo: requisitos legais e de regulação.</p>	REDUZIR
VNA	<p>Valor Não Acrescentado Desperdício: não cria valor e não é necessário.</p>	ELIMINAR

Figura 3.4 - Classificação das Atividades mediante o Valor para o cliente e respetivas ações

Fonte: Elaboração própria

Após identificação e seleção dos passos relativos ao processo considerados mais críticos, poderá ser feita uma análise às causas, assumindo assim um problema ou efeito indesejado. Neste sentido, e como ferramenta para guiar esta análise, surge o **Diagrama de Ishikawa**. Tal como já explicado, esta ferramenta permite identificar as causas raiz de um determinado problema previamente selecionado. Neste âmbito, esta ferramenta permitirá representar esquematicamente todas as causas raiz, tornando-se assim evidente para toda a equipa do conjunto de fatores que influenciam o desempenho da organização, uma vez que apresenta um ou vários problemas.

Aliadas a esta ferramenta, surgem outras duas, que procuram escrutinar os fatores que estão na origem de determinado problema, originando as causas raiz utilizadas no Diagrama de Ishikawa: os **5 Porquês** e o **5W2H**.

Estando efetuada a análise dos problemas e respetivas causas, poderá ser ainda utilizada uma ferramenta, a **análise FMEA**, que permite priorizar eventuais falhas que ocorram no processo. Esta ferramenta permite, de forma subjetiva, antever e avaliar a Severidade, a Ocorrência e a Detecção de

eventuais falhas, caso estas ocorram, num determinado processo. Após cálculo do NPR, é possível priorizar os eventos, por exemplo, numa escala de cores, e definir posteriormente, ações para que o esse valor seja reduzido a um valor aceitável.

Para consolidar esta análise, é fundamental definir e analisar os **Key Performance Indicators**, pois permitem, em termos numéricos e de forma mais precisa, analisar o estado de um determinado processo ou da organização. Os KPI analisados poderão ser os já existentes na organização, ou caso não sejam suficientes, deverão ser definidos novos indicadores que vão de encontro aos pontos que se pretendem analisar, uma vez que esta análise deverá ser feita num período significativo, para que a análise se torne fiável.

3.2 Fase de Implementação

A fase de Implementação tem como principal objetivo executar e realizar o planeado para o caso em estudo. Com a informação obtida na fase anterior, pretende-se trabalhar o problema identificado, para que seja possível avaliar todos os parâmetros analisados e melhorar todos os aspetos identificados como sendo negativos. Esta fase conta com duas subfases: *Classificar* e *Melhorar*, explicadas de seguida.

3.2.1 *Classificar*

Na subfase *Classificar* (Figura 3.5), pretende-se que classificar as atividades inerentes ao processo estudado segundo a metodologia *Tool Time* (já explicada na Figura 2.7) e seja medido o desempenho da organização ou do processo em estudo.

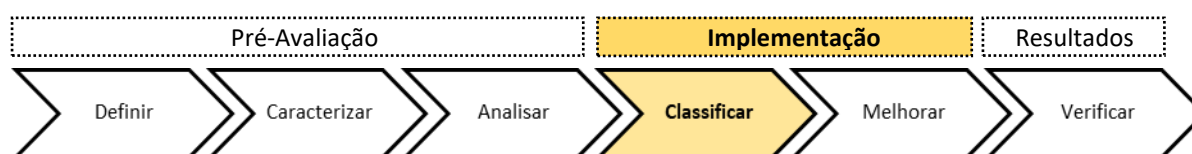


Figura 3.5 - Subfase Classificar

Nesta subfase do modelo proposto, o *Tool Time* permite classificar as atividades em dois grandes grupos: de valor acrescentado e de valor não acrescentado. Dentro deste último grupo é possível categorizar ainda as atividades como sendo incidental, isto é, uma atividade necessária à continuidade do processo, mas que não acrescenta valor ao cliente, como é o caso da elaboração de registos, relatórios, entre outros; ou poderão ser categorizadas como sendo puro desperdício, como é o caso das deslocações, retrabalho, entre outros.

Assim, o objetivo será identificar todas as atividades afetas a um determinado processo que esteja a ser estudado, e sejam categorizadas segundo o *Tool Time*.

Para além disso, pretende-se também avaliar o desempenho do processo ou da organização, tendo por base a filosofia **Seis Sigma** e a abordagem do **Balanced Scorecard**, construindo assim um painel de instrumentos que permita monitorizar o desempenho da empresa, quantificado pelos níveis Seis Sigma e utilizando as dimensões do BSC.

Numa primeira fase determina-se o índice de desempenho do negócio, como sendo uma medida relativa ao desempenho global do sistema (IDS) e a partir deste indicador determina-se assim o correspondente nível Seis Sigma. Esta determinação segue os seguintes passos, indicados na Tabela 3.2:

Tabela 3.2 - Procedimento para determinar o nível Seis Sigma da organização

Categoria	Objetivo
Indicadores	Selecionar os indicadores de acordo com os objetivos definidos, garantindo que todas as perspetivas consideradas relevantes pela gestão são monitorizadas
Pesos a atribuir	Atribuir um peso P_n (soma dos pesos igual a 100) a cada um dos indicadores, em função da importância relativa de cada um deles para atingir os objetivos que foram definidos
Desempenho de cada indicador	Calcular o desempenho para cada um dos indicadores, utilizando a seguinte equação: $D_n = \frac{\text{desempenho obtido} \times 100}{\text{desempenho previsto}} \quad (8)$
Índices de Desempenho Parciais (IDP):	Determinar, para cada um dos indicadores, através da equação abaixo, os índices de desempenho parciais: $IDP_n = \frac{P_n \times D_n}{100} \quad (9)$
Índice de Desempenho global do Sistema (IDS):	Calcular este índice através da seguinte equação: $IDS = \sum_{n=1}^m IDP_n \quad (10)$
Defeitos por Unidade (DPU)	$DPU_{Global} = -\ln\left(\frac{IDS}{100}\right) \quad (11)$
Defeitos Por Milhão de Oportunidades (DPMO)	Considera-se que o valor de IDS corresponde à globalidade do sistema e determina-se o DPMO através da seguinte equação: $DPMO_{PM} = \frac{DPU_{PM} \times 10^6}{n^o \text{ processos}} \quad (12)$
Nível Seis Sigma	Utilizar a tabela de conversão (Anexo I) para obter o nível Sigma.

3.2.2 Melhorar

Após classificação das atividades no ponto anterior, surge a necessidade de *Melhorar* os aspetos identificados nas atividades de valor não acrescentado e/ou desperdício, surgindo assim a penúltima subfase (Figura 3.6).

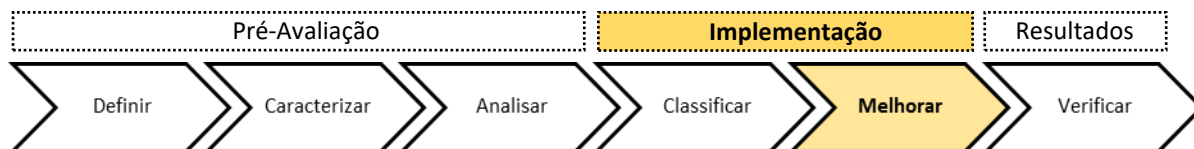


Figura 3.6 - Subfase Melhorar

Esta subfase tem como principal objetivo, à semelhança da primeira subfase, identificar e reunir ideias a implementar. Neste caso, as ideias serão para melhorar determinados aspetos anteriormente identificados como críticos e que prejudicam o desenrolar de um determinado processo.

Para que seja possível reunir novamente todos os intervenientes do projeto e trabalhadores que tenham um contacto frequente com o problema em questão, associado a um ou vários processos, surge novamente a utilização das ferramentas **Brainstorming e Brainwriting**. Nesta subfase, estas ferramentas serão úteis no que toca à geração de ideias de melhoria a aplicar nos pontos identificados como críticos, isto é, como atividades incidentais e desperdício, no sentido de melhorar o processo em estudo. É de extrema importância a participação de todos os intervenientes no processo, uma vez que são eles que executam o processo no dia-a-dia.

Após registo das melhorias sugeridas, surge a necessidade de ser efetuada uma seleção das mesmas e respetiva priorização. Neste sentido, surge a utilização de uma **Matriz de Hierarquização ou de Prioridades** (Figura 3.7).



Figura 3.7 - Matriz de Prioridades

Fonte: Elaboração própria

Deste modo, é possível categorizar as atividades que precisam de ser feitas, de acordo com dois critérios básicos: urgência e importância. Ao aplicar esta matriz como apoio à tomada de decisão e de implementação, traz como benefícios a melhoria dos índices de produtividade, uma maior organização e clareza das atividades, maior agilidade na execução das tarefas e permite também tomar decisões de forma mais assertiva.

Para além da priorização das atividades, é essencial que haja também um planeamento e acompanhamento, definidos para a realização das atividades.

A **Rede de Atividades** ou **Rede de Projeto** permite responder à questão “Quando?”, sendo utilizada para planejar detalhadamente cada atividade ou evento, especificando as respetivas tarefas ou sub-eventos e a respetiva sequência, assim como os prazos para conclusão dos mesmos. Esta ferramenta, além do apoio na fase de planeamento e implementação, permite também identificar possíveis problemas, efetuar correções e identificar o caminho crítico (Pereira & Requeijo, 2008).

Para criar um diagrama de atividades, é necessário seguir os seguintes passos:

1. Identificar o tema a abordar, definindo a atividade a planejar. Desta forma, serão definidos o objetivo final e os respetivos prazos de execução;
2. Selecionar a tarefa inicial, isto é, o evento de partida;
3. Determinar e especificar as atividades ou tarefas intermédias;
4. Selecionar e agrupar as tarefas simultâneas, nomeadamente as tarefas que irão decorrer no início e no fim do projeto;
5. Determinar a sequência das atividades ou tarefas;
6. Desenhar o diagrama de atividades.

Na Figura 3.8 encontra-se um exemplo de um diagrama de atividades:

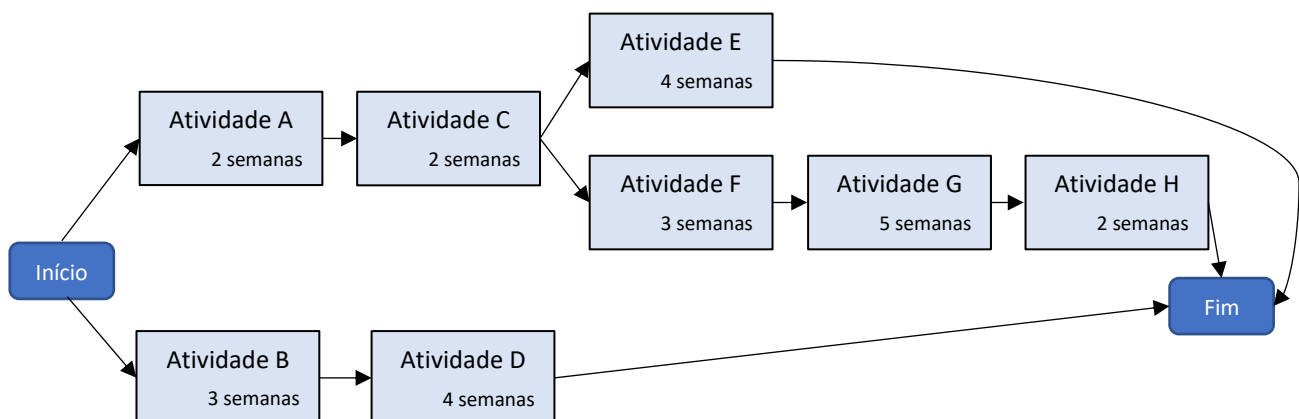


Figura 3.8 - Exemplo de um Diagrama de Atividades

Fonte: Elaboração própria

Esta ferramenta poderá também ser representada num diagrama em que as atividades sejam representadas nos nós, ou cujas atividades estejam representadas nos arcos. No âmbito da gestão de projetos, o diagrama de atividades poder ser analisado com base numa Rede PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) ou CPM (*Critical Path Method*).

Para além desta ferramenta, poderá ser também utilizado um **cronograma** ou um **Gráfico de Gantt**. Trata-se de uma forma de representação de atividades ou eventos simples, onde é indicado, para cada atividade, o tempo necessário de trabalho a realizar para que se possa prosseguir de um ponto no tempo para outro. Os eventos são descritos como o ponto inicial ou final para uma ou várias atividades (Kerzner, 2009).

Os gráficos de barras são utilizados mais frequentemente para apresentar o progresso do programa ou definir o trabalho específico necessário para atingir um objetivo, sendo que incluem listas de atividades, duração das atividades, datas do cronograma e progresso até a data. Este gráfico permite ilustrar a calendarização das diferentes etapas de um projeto, sendo que os intervalos de tempo são representados através de barras horizontais, das respetivas atividades.

Na Figura 3.9 encontra-se representado um exemplo de um gráfico de Gantt com oito atividades (A a H) e o respetivo tempo para a concretização da atividade, em semanas.

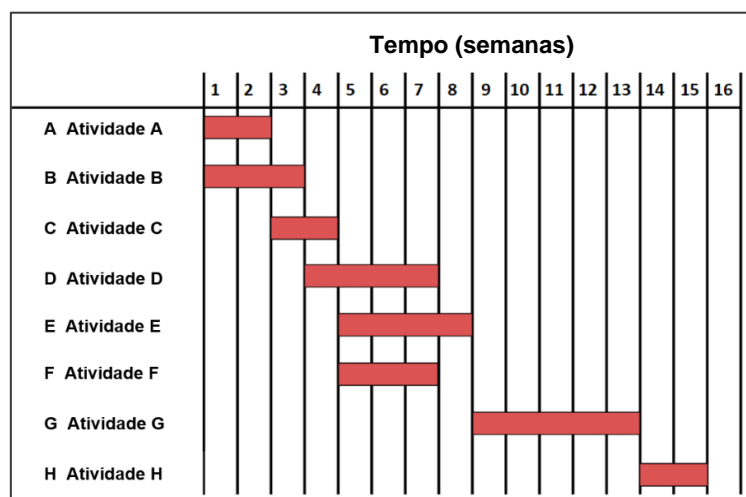


Figura 3.9 - Exemplo de um Gráfico de Gantt

Fonte: Elaboração própria

Este tipo de gráficos torna-se muito vantajoso, uma vez que são simples de entender, são facilmente alteráveis, caso seja necessário, e possibilitam a visualização do progresso das atividades. No entanto, não permitem visualizar facilmente as interdependências das atividades e, portanto, não representam uma rede de atividades, sendo essa relação entre as atividades crucial para controlar os custos do programa (Kerzner, 2009).

3.3 Fase Resultados

3.3.1 Verificar

Na última subfase, *Verificar*, pertencente à fase de Resultados (Figura 3.10), o principal objetivo é verificar o desempenho e o impacto do projeto.

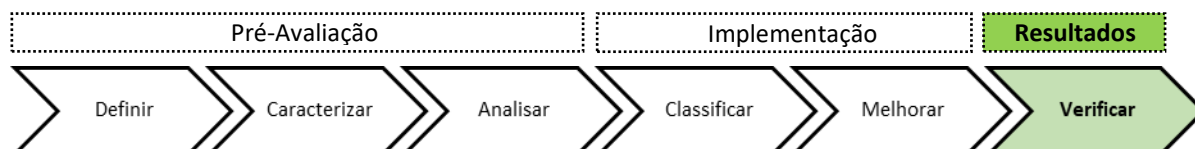


Figura 3.10 - Subfase Verificar

Para que seja possível determinar qual o procedimento a adotar na subfase de Verificação, poderá ser utilizada a metodologia indicada na Figura 3.11:

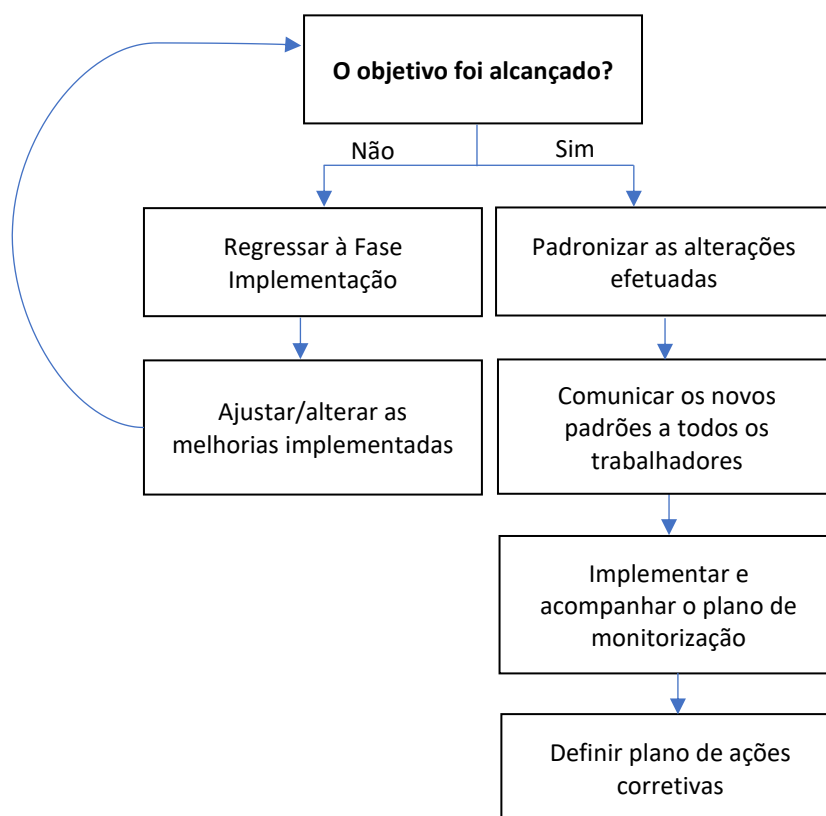


Figura 3.11 - Metodologia para verificação de resultados

Fonte: Elaboração própria

Este fluxograma indica quais serão as etapas seguintes que deverão ser realizadas. Numa primeira fase, deverá ser colocada a seguinte questão “o objetivo proposto foi alcançado?”. Caso se verifique o cumprimento do(s) objetivo(s), deverão ser tomadas medidas para padronizar as alterações que foram efetuadas. Para tal poderá recorrer-se ao trabalho padronizado, abordado nesta dissertação,

criando novos procedimentos e estabelecendo as tarefas e sequências de trabalho a executar, de modo que sejam sempre efetuadas. Uma etapa importante na padronização do trabalho e processos, é a comunicação das alterações efetuadas e dos novos padrões a todos os trabalhadores e restantes intervenientes.

Posteriormente, deverá ser criado e implementado um plano de monitorização, para que seja possível acompanhar se os resultados obtidos são constantes, ou se existem variações nos processos. Nesta etapa poderão ser utilizadas **Cartas de Controlo**.

Um processo é definido por um conjunto de atividades interrelacionadas que transformam entradas em saídas, sendo a saída (*output*) o resultado final de um processo. Assim, os requisitos estabelecidos devem ser satisfeitos, pelo cliente ou pela própria empresa, para as chamadas características da qualidade relevantes. No entanto, mesmo que o processo seja bem desenvolvido e implementado, os dados referentes a uma determinada característica da qualidade não irão apresentar sempre o mesmo valor. Esta variação deve-se à presença de várias fontes que afetam o processo, tais como (Pereira & Requeijo, 2008):

- **Equipamento:** referente a desgaste de ferramentas, vibrações de máquinas e ajustamentos efetuados, flutuações na tensão elétrica da rede, entre outros;
- **Matéria-prima:** variações causadas pelas características de qualidade da matéria-prima, sendo por isso necessário o controlo da mesma, para prevenir a ocorrência de produtos não conformes;
- **Mão de obra:** variação devida aos trabalhadores envolvidos, desde o seu estado físico emocional, até às suas competências e formação, sendo necessário garantir que os trabalhadores responsáveis por determinadas atividades, tenham os conhecimentos necessários;
- **Meio ambiente:** fatores como a temperatura, humidade, luminosidade, radiação, entre outros, são fatores que influenciam de forma significativa a variação de um determinado processo;
- **Métodos:** esta fonte de variação está relacionada com eventuais erros cometidos, desde a definição de procedimentos e métodos, assim como a definição de cada operação, entre outros;
- **Metrologia:** respeitante a erros de medição da característica, uso incorreto do equipamento de medição, utilização de equipamento não adequado, entre outros.

Antes do início da utilização das cartas de controlo é necessário assegurar que todos os intervenientes do processo possuem formação adequada, de forma a entenderem as vantagens da implementação das cartas e aprender a utilizá-las e interpretá-las corretamente; seja efetuada a determinação das características a controlar; seja definida a informação a ser recolhida e do sistema de medição.

Para a construção de uma carta de controlo (Figura 3.12), é necessário ter em conta que esta é definida por um gráfico que apresenta a evolução ao longo do tempo de uma estatística, referente a uma determinada característica da qualidade. Além disso, são também apresentados no gráfico os limites superior (LSC) e inferior (LIC) de controlo estatístico e a linha central (LC). De considerar que num processo sob controlo estatístico o padrão deve ser perfeitamente aleatório no intervalo compreendido entre os limites de controlo, tal como mostra a figura (Pereira & Requeijo, 2008).

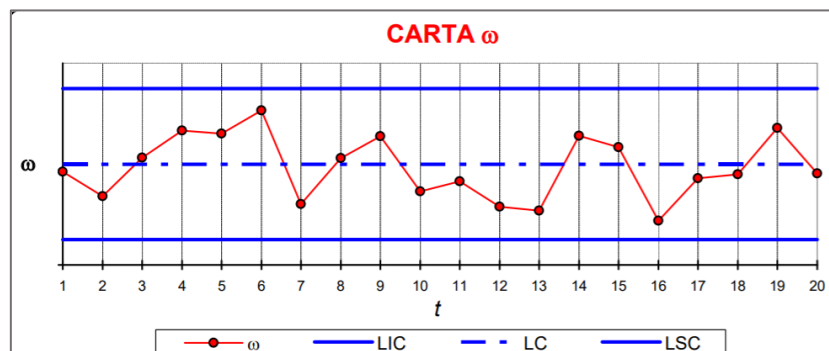


Figura 3.12 - Exemplo de uma carta de controlo

Fonte: Pereira e Requeijo (2008)

Para além da utilização de cartas de controlo, poderão ser utilizadas outras ferramentas já utilizadas no Modelo Proposto: **KPI** e **Balanced Scorecard**. Ao utilizar novamente estas ferramentas, pretende-se que sejam, por exemplo, comparados com os KPI monitorizados na subfase *Analisar* e comparar o BSC com o definido na subfase *Melhorar*.

4. Caso de Estudo

No presente capítulo, pretende-se aplicar o Modelo Proposto no capítulo anterior a uma empresa do Grupo EDP, sendo fundamental efetuar uma caracterização da empresa, desde a história do Grupo EDP, apresentação da Central do Ribatejo (EDP Produção) e respetivo funcionamento. De seguida, será dado a conhecer o Processo em estudo: Processo de Gestão da Manutenção e será então aplicado o Modelo Proposto.

4.1 Caracterização da Empresa

4.1.1 *História do Grupo EDP*

A Energias de Portugal, S.A. (EDP) é uma empresa multinacional verticalmente integrada, tendo vindo a marcar uma presença relevante no que diz respeito ao panorama energético mundial. Conta com 44 anos de história, estando presente em 20 países em 4 continentes e tem mais de 12.100 trabalhadores presentes em toda a cadeia de valor da eletricidade e na atividade de comercialização de gás. Atualmente tem como Diretor Executivo Miguel Stilwell d'Andrade (EDP, 2021).

Após a fusão das empresas de transporte e produção de energia elétrica, através de energia hídrica e térmica, foi constituída a EDP, em 1976, surgindo como uma empresa pública. Sucedeu à Companhia Portuguesa de Eletricidade, num período em que a distribuição de energia elétrica estava reunida nos grandes centros havendo, por isso, a necessidade de levar a energia ao resto do país aumentando a capacidade das unidades que a produziam. Baseou-se em três grandes objetivos: (i) Eletrificação total do território; (ii) Melhoria de qualidade dos serviços prestados; (iii) Uniformização da tarifa.

Atualmente, a EDP em Portugal dedica-se à produção, distribuição e comercialização de energia elétrica e da comercialização de gás.

A Visão e os Valores da empresa são definidos de forma corporativa para todas as empresas do Grupo EDP. Desta forma, a empresa tem como visão ser uma empresa global de energia, líder em criação de valor, inovação e sustentabilidade e apresenta cinco principais valores pelos quais pretende ser reconhecida: a **iniciativa**, manifestada através dos comportamentos e atitudes dos seus trabalhadores, a **confiança**, dos acionistas, clientes, fornecedores e demais partes interessadas, a **excelência**, na forma de executar, a **sustentabilidade**, visando sempre a melhoria da qualidade de vida das gerações atuais e futuras, e, por último, a **inovação**, pelo intuito de criar valor nas diversas áreas em que atuam (EDP, 2021).

Na Figura 4.1 é ilustrada a evolução histórica do Grupo EDP, no que diz respeito às alterações das designações da empresa e respetivos logótipos.

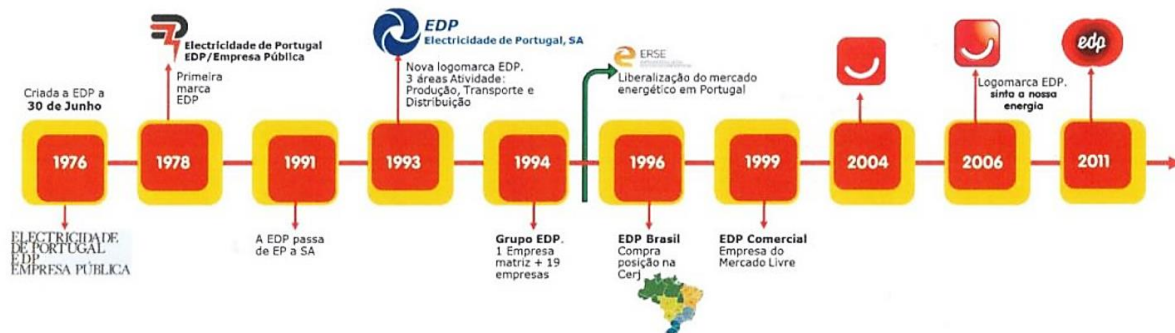


Figura 4.1 - Evolução histórica do Grupo EDP

Fonte: EDP (2021)

4.1.2 Central do Ribatejo

A Central do Ribatejo da EDP Produção pertence ao Grupo EDP e situa-se no Carregado, na margem direita do rio Tejo, a nordeste de Lisboa, tendo sido construída em 2001.

A Central do Ribatejo é constituída por três grupos baseados na tecnologia de ciclo combinado, com a capacidade total de 1.176 MW que utiliza o gás natural como combustível. O primeiro e o segundo grupos entraram em serviço industrial em 2004 e o terceiro grupo em 2006.

Atualmente, a empresa encontra-se organizada segundo o organograma, tal como mostra a Figura 4.2.

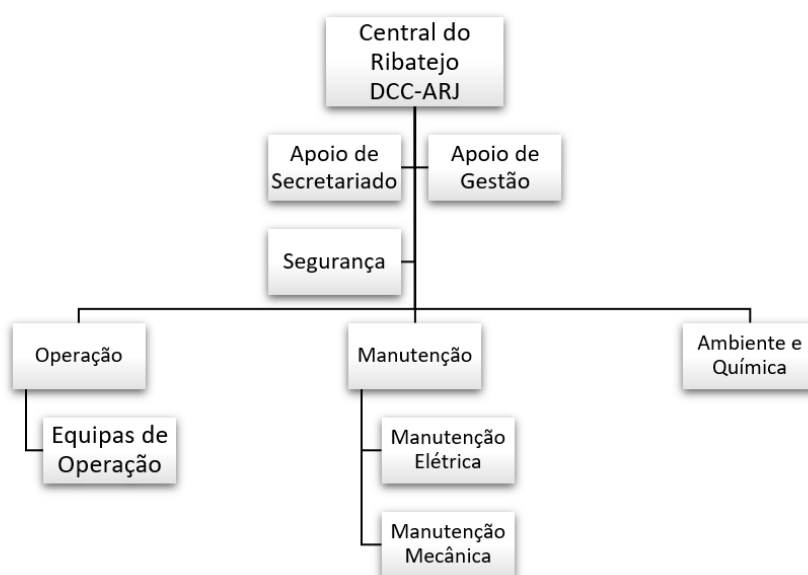


Figura 4.2 - Organograma da Central do Ribatejo

Fonte: EDP (2021)

4.1.3 Funcionamento da Central do Ribatejo

Para explicar o funcionamento da Central do Ribatejo, é apresentada de seguida (Figura 4.3) um esquema simplificado do funcionamento de uma central termoelétrica de ciclo combinado.



Figura 4.3 - Funcionamento simplificado de uma central termoelétrica de ciclo combinado

Fonte: EDP (2021)

O gás natural, misturado com o ar, é queimado, gerando gases de combustão com elevada temperatura. Por sua vez, são expandidos na turbina a gás (1), promovendo a sua rotação para produção de energia mecânica. Posteriormente, é efetuada a transferência de calor dos gases de combustão para a água que circula no interior dos tubos da caldeira de recuperação (2), promovendo a passagem da água a vapor sobreaquecido, que será expandido na turbina a vapor (3), promovendo a sua rotação e produzindo, conseqüentemente, energia mecânica. Como resultado final, a energia mecânica de rotação gerada nas turbinas a gás e a vapor transforma-se em energia elétrica no alternador (4).

A tecnologia de ciclo combinado conjuga o funcionamento de duas turbinas, uma delas a gás e a outra a vapor, que são acopladas simultaneamente ao alternador, pelo mesmo veio.

O ciclo de gás que compreende a turbina a gás, responsável por 2/3 da potência total produzida, onde estão integrados o compressor de ar, a câmara de combustão, os queimadores e a própria turbina, e também a caldeira recuperativa, por onde circulam os gases provenientes da exaustão da turbina antes de serem emitidos para a atmosfera através da chaminé.

O ciclo de água-vapor compreende a caldeira recuperativa, por onde circula a água para a produção de vapor, a turbina a vapor e o condensador. Neste circuito de arrefecimento, a água perdida por evaporação é compensada com água captada no Rio Tejo, após tratamento prévio.

O alternador, ao ser colocado em rotação pela ação combinada das duas turbinas, efetua a transformação da energia mecânica em energia elétrica, conseguindo-se assim uma eficiência energética global da ordem dos 57%. A energia produzida no alternador é injetada na Rede Nacional de Transporte de Energia Elétrica através de um transformador ligado à rede de muito alta tensão, de 220 kV no Grupo 1 e de 400 kV nos Grupos 2 e 3.

A Central dispõe de instalações auxiliares comuns aos três grupos: uma estação de desmineralização de água, uma caldeira auxiliar a gás natural e um gerador de emergência acionado por motor Diesel para alimentação elétrica de socorro. Conta também com um Edifício Administrativo, onde são efetuados o controlo e a vigilância do funcionamento dos 3 grupos, a partir da Sala de Comando, com recurso a sistemas de automação baseados na tecnologia digital de processamento e comunicação.

Na Figura 4.4 é apresentado um esquema do funcionamento de um grupo da Central, com tecnologia de ciclo combinado, conforme foi explicado anteriormente.

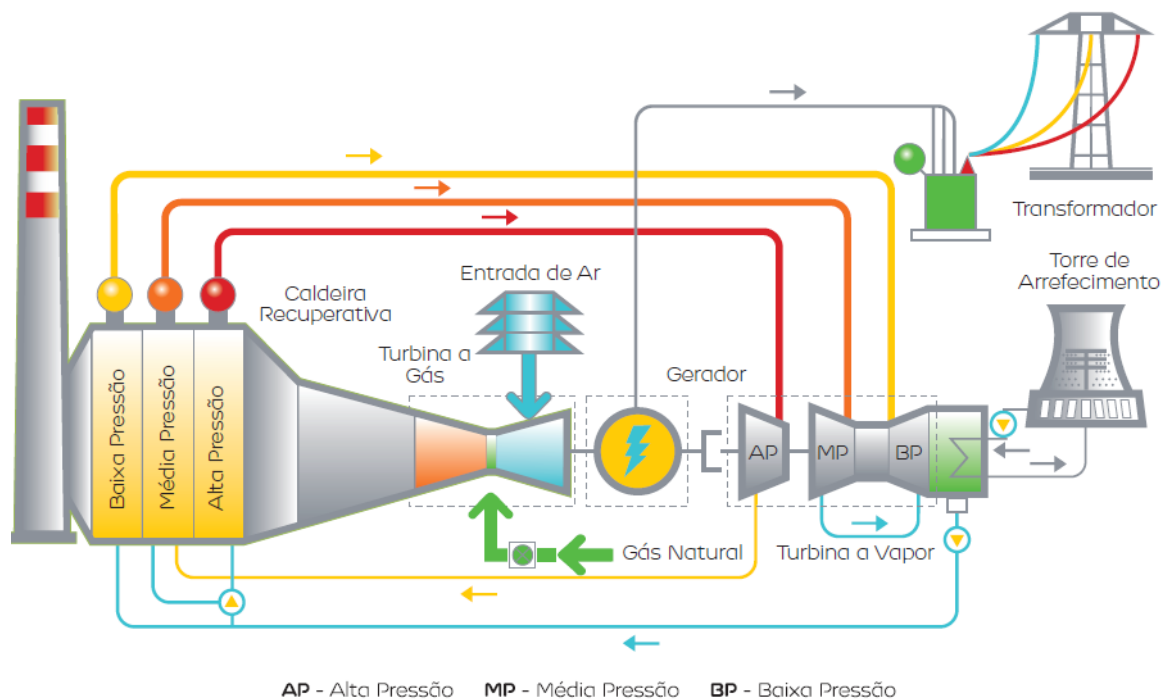


Figura 4.4 - Esquema simplificado de um grupo da Central do Ribatejo

Fonte: EDP (2021)

4.1.4 Unidade de Negócio de Gestão de Energia

A EDP, SA conta ainda com uma unidade de negócio, Unidade de Negócio de Gestão de Energia, adiante designada por UNGE, que tem como principal função otimizar a participação do portfólio de geração da EDP no mercado elétrico, decidindo que centros produtores estão a produzir e em que momento.

Resumidamente, e de uma forma simplista, o sistema elétrico é constituído por três elementos: geração, redes e consumo. Do lado da geração existem os grandes centros electroprodutores, centrais convencionais térmicas e hídricas, e a geração distribuída solar e eólica. Ao nível das redes, o sistema é constituído por redes de transporte e redes de distribuição que fazem chegar a eletricidade

produzida até aos clientes. Por fim, o consumo é o conjunto de todos os clientes que se encontram ligados às redes de transporte (grandes consumidores) e distribuição.

Uma das características da eletricidade é que a todo o momento a produção e o consumo devem ser exatamente iguais.

Por isso, torna-se necessário compreender como funciona o mercado de energia, uma vez que é este que permite o casamento entre a procura e a oferta em todos os momentos. Do lado da geração existem tanto centros electroprodutores que são despacháveis (centrais térmicas e grandes hídricas por exemplo) e geradores não despacháveis (parques eólicos e solares). Os segundos caracterizam-se pela sua intermitência, dependem das condições meteorológicas para funcionarem.

Na UNGE, é efetuada a negociação nos mercados de energia, através do cruzamento das curvas da oferta e da procura para cada hora de negociação, são determinados os preços da eletricidade para cada hora do dia seguinte. Assim, são efetuadas as trocas comerciais de eletricidade entre diversos países, caso a produção de eletricidade seja superior ao que a população está a utilizar, ou caso haja necessidade de suprimir necessidades, caso Portugal produza menos eletricidade do que a necessária (EDP, 2021).

Estas trocas ocorrem através de uma plataforma digital à qual os vários produtores têm acesso e onde podem dar ordens de compra e venda, a partir de vários países. Assim sendo, e após o compromisso da entrega do bem produzido (a eletricidade), surge a necessidade de garantir que, em tempo real, certos Centros Produtores estão realmente a produzir. Caso uma companhia venda eletricidade no mercado que depois não consiga entregar, sofrerá penalizações económicas. Posteriormente, é no Despacho que, mediante os resultados do mercado de eletricidade, se dão as ordens aos diversos Centros Produtores para produzir eletricidade, de forma que não ocorram falhas no fornecimento das quantidades previamente vendidas.

Deste modo, surge a importância do caso de estudo, em que é analisado o processo de gestão da manutenção, que irá garantir as intervenções atempadas, de forma preventiva ou corretiva, de modo que a Central do Ribatejo esteja disponível quando é solicitada a produção de energia nas instalações.

4.2 Processo de Gestão da Manutenção

O Departamento de Manutenção da Central do Ribatejo permite atuar sistematicamente na prevenção de avarias dos equipamentos e instalações, e corrigir as avarias decorrentes do processo de fabrico.

Os objetivos da manutenção estão ligados aos objetivos globais da empresa, uma vez que a manutenção afeta a rentabilidade do processo produtivo, ou seja, se por um lado melhora o desempenho e a disponibilidade do equipamento, por outro lado, crescem os custos de funcionamento.

Deste modo, de uma forma geral, os principais objetivos de um departamento de manutenção são os seguintes:

- Minimizar o custo total;
- Reduzir as paragens programadas e as paragens por avaria;
- Aumentar a disponibilidade dos equipamentos para cumprir os prazos planeados pela produção;
- Maximizar o contributo da manutenção para ajudar a rentabilizar a empresa.

No que diz respeito aos tipos de manutenção, a Central do Ribatejo classifica-os em cinco diferentes tipos, tendo cada um deles, um respetivo código pelos quais são identificados.

Numa primeira fase, as notas criadas que irão desencadear todo o processo de manutenção, são de três tipos (P1, P2 e P3), em que cada uma delas tem uma função específica:

- **P1 – Nota de Avaria:** criadas para situações em que o equipamento deixou de cumprir a sua função, ou seja, há efetivamente uma avaria que foi detetada e por isso, necessita de intervenção. Estas notas de avaria dão posteriormente origem a Ordens de Manutenção do tipo P010, explicadas mais à frente nesta dissertação;
- **P2 – Solicitação de Manutenção:** este tipo de notas criadas, tem como objetivo a identificação de uma situação cuja manutenção é necessária, mas que, neste caso, o equipamento continua a executar a sua função. Por isso, a sua intervenção poderá ser programada para uma data oportuna, como é o exemplo de pintura de equipamentos. Estas notas originam ordens de manutenção do tipo P020;
- **P3 – Notas de Ação:** criadas com o intuito de registar o histórico de uma avaria, isto é, se o Departamento de Operação tiver de efetuar uma reparação rápida, por exemplo no turno da noite, é necessário que tudo seja registado. Assim deverá ser criada uma nota P3 e

posteriormente é criada uma ordem de manutenção do tipo P010 para que depois seja possível registar todos os materiais utilizados, o tempo gasto na manutenção, concluindo assim o relatório de intervenção, permitindo a criação de histórico.

Relativamente às Ordens de Manutenção (OM), estas podem ser de cinco tipologias, sendo atribuído um código para cada uma delas, explicadas de seguida:

- **P010:** ordem de manutenção criada, devido a avarias fortuitas, isto é, diz respeito à manutenção corretiva;
- **P020:** código atribuído às ordens de manutenção criadas para manutenção sistemática preventiva;
- **P030:** ordens de manutenção sistemática condicionada, sendo dependente da condição de funcionamento do equipamento, isto é, são efetuados ensaios ao equipamento e só depois se decide se a intervenção deverá ser efetuada e quando;
- **P040:** referem-se a investimentos e melhorias a implementar num determinado equipamento. Por norma, apresentam maiores custos do que quando comparado a outro tipo de manutenção;
- **P200:** ordens de manutenção relativas a intervenções da responsabilidade do departamento de Operação. São efetuadas de forma rotineira, como é o caso das verificações de extintores, chuveiros e lava olhos, entre outros.

A partir do ano de 2019, a Central do Ribatejo, decidiu começar a testar um novo equipamento no departamento de manutenção para auxiliar o processo. Trata-se de um *tablet*, com um *software* denominado por *Mobipro*, cujo principal objetivo é a possibilidade de redução de tempo despendido em todo o processo de manutenção, desde a deteção de avaria até ao fecho da ordem de manutenção e posterior relatório de intervenção. Deste modo, a sua utilização apresenta as seguintes vantagens:

- Fácil acesso a toda a documentação da empresa, a partir de um tablet;
- Ligação direta do *Mobipro* ao *software* SAP, que permite que as chefias tenham acesso a todas as ocorrências e avarias;
- Planeamento de trabalho do técnico, uma vez que o *Mobipro* disponibiliza uma listagem de todas as tarefas a realizar;
- Eliminação de deslocções desnecessárias, nomeadamente entre o *Gemba* e o escritório, onde o técnico teria até então que efetuar todos os registos e impressão de documentos;

- Redução do número de documentos impressos necessários à realização de uma intervenção;
- Possibilidade de conclusão do relatório de ocorrência *in loco*;
- Facilidade em anexar fotografias do equipamento, exigidas no relatório de ocorrência.

Apesar de ainda não estar concluída a fase de testes do *Mobipro*, este é já amplamente utilizado pelo departamento de Operação nas intervenções do tipo P200, uma vez que estas rotinas são feitas maioritariamente no turno da noite, quando existe um menor volume de trabalho. A utilização do *Mobipro* neste tipo de intervenção, torna todo o processo muito mais eficiente, uma vez que se trata de apenas uma parte das ordens de manutenção, em termos mensais.

4.3 Aplicação do Modelo Proposto

Ao longo deste subcapítulo será aplicado o modelo proposto no capítulo anterior, onde serão implementadas todas as fases do modelo, utilizando para isso, as ferramentas propostas, para o caso de estudo.

4.3.1 Definir

A primeira etapa da aplicação do modelo, tem como objetivo definir qual o problema que irá ser tratado e os respetivos objetivos do projeto.

Deste modo, após *Brainstorming*, decidiu-se trabalhar no processo de gestão da manutenção, por este apresentar indicadores que representam algumas deficiências no processo e, além do mais, por a empresa estar a implementar uma nova ferramenta de trabalho, o *Mobipro*, como foi já explicado anteriormente. Neste âmbito, será considerado o processo de gestão da manutenção dito tradicional, ainda sem a utilização do *Mobipro*, que será abordado no ponto referente às melhorias a implementar.

Ao longo de todo o caso de estudo, será estudado o processo de gestão da manutenção, nomeadamente o *lead time* do processo, e serão analisados alguns pontos em que seja despendido mais tempo, devido a ineficiências do processo. Posteriormente, todo o processo será analisado, mais especificamente as oportunidades de melhorias, que poderão tornar o processo mais eficiente, e sugerir melhorias para que seja possível alterar o processo e consequentemente, diminuir o *lead time* do processo.

Assim, após a escolha do projeto a trabalhar, o tema foi registado através de um *Project Charter* (Tabela 4.1), incluindo todos os dados importantes a considerar ao longo do projeto, incluindo as datas

de início e de fim do projeto, os principais objetivos, o respetivo cronograma e os principais intervenientes neste projeto.

Tabela 4.1 - Project Charter do projeto

Nome do Projeto					
Implementação de melhorias no processo de gestão da manutenção: classificação das atividades					
Data de início	26 outubro 2020		Data de fim	30 junho 2022	
Empresa	EDP Produção – Central do Ribatejo				
Âmbito do projeto					
O âmbito do projeto será o processo de gestão da manutenção, passando por analisar o estado atual do processo, análise das causas dos problemas, implementação de ações corretivas e posteriormente o controlo e análise do processo.					
Objetivo do projeto					
Identificar todas as atividades inerentes ao processo e classificá-las com a ferramenta <i>Tool Time</i> , mediante sejam atividades de valor acrescentado, ou atividades sem valor acrescentado (incidentais ou desperdícios) e avaliar o nível de desempenho da organização – processo de gestão da manutenção. Posteriormente serão sugeridas melhorias para reduzir desperdícios e otimizar o processo.					
Restrições					
Devido ao panorama gerado pela pandemia COVID-19, o contacto com todos os intervenientes pode tornar-se difícil, para além do acompanhamento de trabalhos na Central do Ribatejo.					
Cronograma					
Definir	Caracterizar	Analisar	Classificar	Melhorar	Verificar
26/10 a 05/11	06/11 a 30/01	15/01 a 03/04	05/04 a 10/05	10/05 a 30/06	20/06 a 30/06/2022*
Equipa de trabalho					
Nome			Responsabilidade		
Nuno Timóteo			Diretor da Central		
Jesus Rodrigues			Apoio à Gestão e Lean		
Xavier Teixeira			Manutenção		
Ana Sofia Almeida			Estudante		
Observações:					
* A verificação dos resultados será feita durante 1 ano					

Posteriormente, o projeto foi esboçado num relatório A3, apresentado na Figura 4.5.

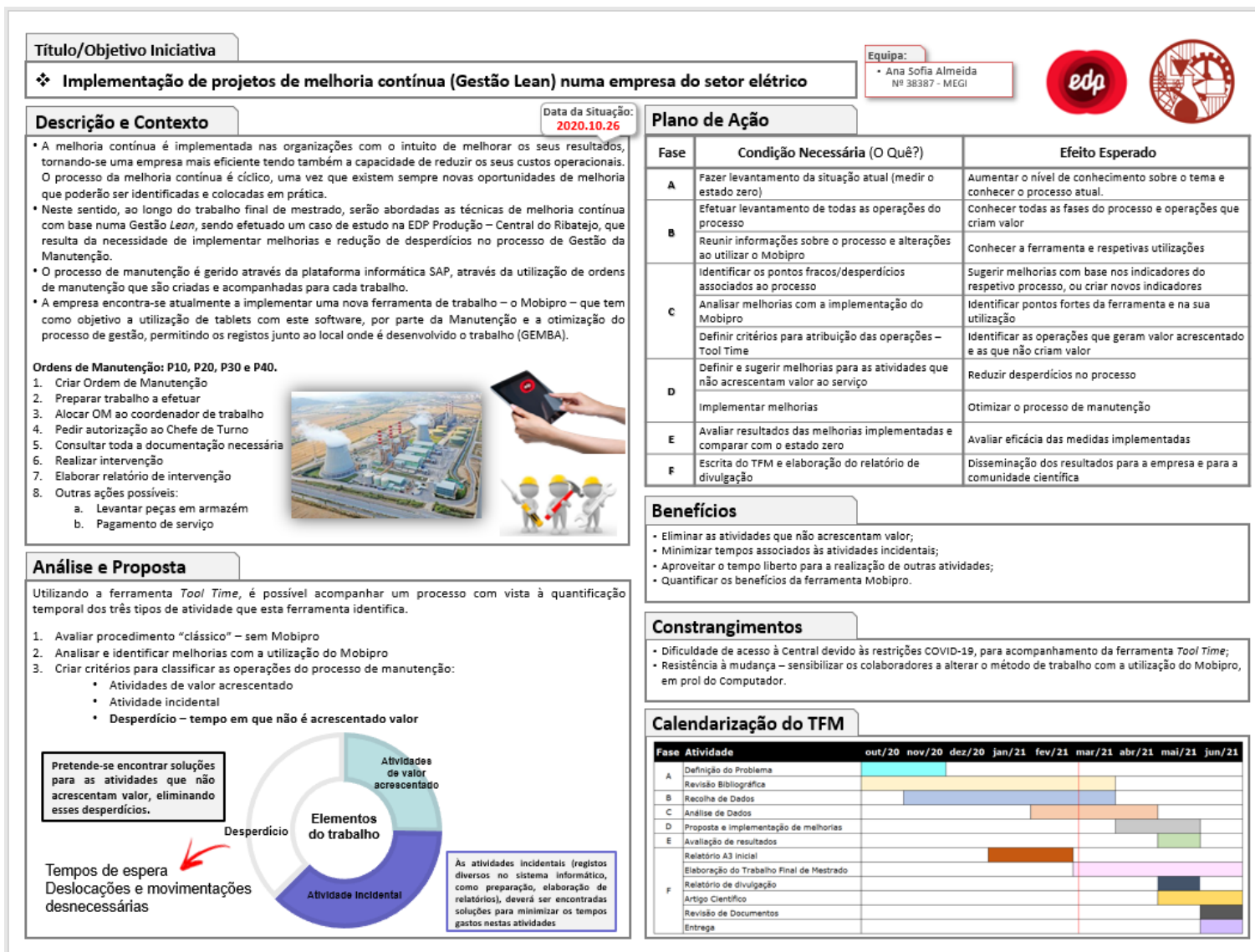


Figura 4.5 - Relatório A3 do projeto em estudo

4.3.2 Caracterizar

Numa primeira fase, e para conhecer de forma *macro* o processo envolvido, foi efetuado um diagrama SIPOC, de modo a conhecer e identificar todos os intervenientes do processo, assim como as fases principais do mesmo, apresentado na tabela abaixo.

Tabela 4.2 - Diagrama SIPOC do processo de gestão da manutenção - Central do Ribatejo

Suppliers (Fornecedores)	Inputs (Entradas)	Process (Processo)	Outputs (Saídas)	Customers (Clientes)
Departamento de Manutenção Empresas externas de prestação de serviços	Ordem de Manutenção (originada por Nota de Avaria ou Plano de Manutenção Preventiva)	<pre> graph TD A[Detecção de avaria ou plano de manutenção] --> B[Criação OM e preparação do trabalho] B --> C[Agendamento do trabalho e AT] C --> D[Intervenção ao equipamento] D --> E[Testes e ensaios] E --> F[Fecho do trabalho e registo] </pre>	Equipamento intervencionado Ordem de Manutenção preenchida Relatório finalizado e Histórico	Departamento de Operação da EDP Produção - Central do Ribatejo

Posteriormente, foi efetuado o mapeamento do processo, para detalhar todas as atividades e etapas envolvidas no mesmo. Para isso, foi utilizado o *software Bizagi Modeler*, apresentado na Figura 4.6.

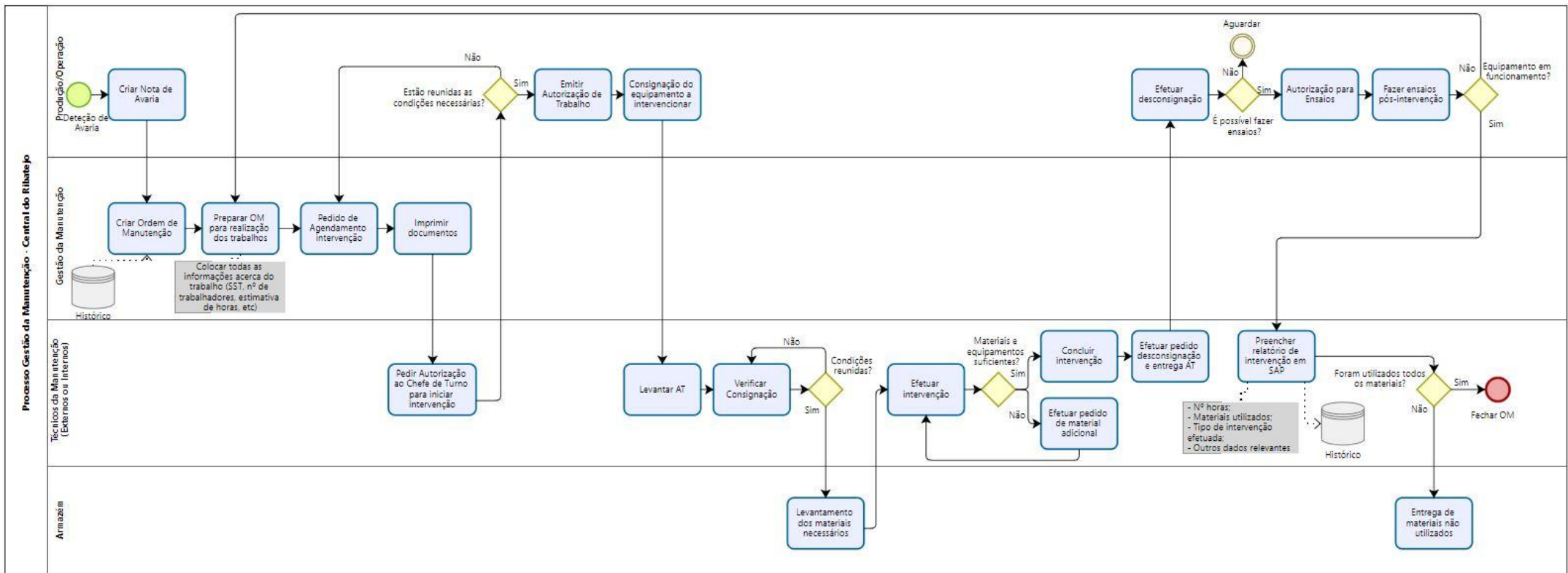


Figura 4.6 - Mapeamento do processo de gestão da manutenção da Central do Ribatejo

O Processo de Gestão da Manutenção inicia quando uma avaria é detetada, dando assim origem à criação de uma Nota de Avaria pelos operadores da produção, sendo posteriormente encaminhada para que, na área de Gestão da Manutenção, dê origem a uma Ordem de Manutenção. Esta OM, ao ser criada e associado um determinado equipamento, trará todo o histórico associado, auxiliando depois em todo o processo de intervenção dessa avaria.

Para concluir a criação da OM, é necessário que o trabalho seja preparado, isto é, sejam indicados todos os parâmetros necessários, desde descrição de avaria, material necessário, número de trabalhadores alocados, estimativa de horas necessárias para resolução da intervenção, e todas as questões de segurança no trabalho. Posteriormente, é necessário agendar a intervenção, pois só depois de agendada será dada continuidade a este processo, isto é, a impressão dos documentos necessários, para que de seguida, o técnico de manutenção possa pedir a Autorização de Trabalho (AT) ao departamento de Operação para que se inicie a intervenção. Após emissão da AT, caso se reúnam todas as condições necessárias para tal, quer em termos de segurança, quer em termos de disponibilidade do equipamento, caso seja necessário efetuar uma paragem na produção para a respetiva intervenção. Se por alguma razão, não for possível emitir a AT, esta Ordem de Manutenção ficará a aguardar disponibilidade, e regressará à fase de agendamento da intervenção. No entanto, se for possível avançar com a AT, então o processo seguirá para a próxima fase: consignação do equipamento a intervir.

A consignação de um equipamento, que tem como objetivo isolar o equipamento, para que seja intervir fora de tensão, seguindo os seguintes passos, designados por “5 Regras de Ouro”:

- i. Cortar a alimentação, separando (isolar) completamente a instalação de todas as possíveis fontes de tensão;
- ii. Bloquear na posição de abertura todos os órgãos de corte ou seccionamento, ou adotar medidas preventivas quando tal não seja possível;
- iii. Confirmar a ausência de tensão, depois de previamente identificada no local de trabalho, a instalação colocada fora de tensão;
- iv. Ligar à terra e em curto-circuito;
- v. Delimitar a zona de trabalhos e proteger contra as peças em tensão adjacentes.

Após a consignação será então levantada a AT pelos técnicos de manutenção que deverão, antes de iniciar a intervenção, verificar se a consignação foi devidamente efetuada, evitando assim que corram riscos desnecessários durante a intervenção.

Havendo condições para iniciar a intervenção, deverão ser levantados no armazém todos os materiais necessários (descritos na Ordem de Manutenção). Apenas no decorrer da intervenção, os técnicos poderão verificar se os materiais levantados são suficientes, ou se será necessário mais algum material ou equipamento que não tinha sido previsto. Caso seja necessário, deverá ser efetuado novo levantamento de material no armazém. Caso contrário, poderá ser concluída a intervenção e solicitar à operação que iniciem as manobras de desconsignação do equipamento para efetuar os ensaios e testes, com o intuito de verificar que o equipamento se encontra em condições normais de funcionamento.

Caso ocorram falhas durante os ensaios de pós-intervenção, o processo regressa à fase inicial, sendo necessário preparar nova OM para que sejam resolvidos os problemas detetados, seguindo todo o processo já descrito. Se por outro lado, os ensaios decorrerem da melhor forma, os técnicos que efetuaram a intervenção deverão preencher o relatório de intervenção para que sejam descritas todas as etapas da intervenção, materiais utilizados, horas despendidas, número de trabalhadores alocados à intervenção em questão, para que seja adicionado em histórico.

Os materiais não utilizados na intervenção, são devolvidos ao armazém e a OM é concluída, dando assim termo ao processo de gestão da manutenção.

Descrito todo o processo de gestão da manutenção, também representado esquematicamente através de BPMN (Figura 4.6), surge agora a necessidade de seguir para a subfase *Analisar*.

4.3.3 *Analisar*

Para dar início à subfase *Analisar*, e após conhecimento de todo o processo de gestão de manutenção, desde os seus intervenientes, clientes, inputs e outputs, e todas as fases desde o início ao fim do processo, é agora necessário explorar o processo em detalhe para identificar eventuais problemas associados.

Para tal, desenvolveu-se um VSM, sendo necessário determinar previamente alguns dados fundamentais do processo, tais como:

- Tempo de trabalho disponível (T.Disp);
- Tempo de espera (entre passos);
- Número de recursos em cada passo;
- Tempo de processamento (P/T);

- *First Time Trough* (FTT) ou eficiência.

Após visita à central e conversa com todos os intervenientes neste processo, foram apurados todos os tempos de espera, onde foi efetuada uma média aritmética dos diferentes tempos medidos, e também o tempo de processamento de cada atividade.

Deste modo, foi possível construir o VSM do processo de gestão da manutenção da Central do Ribatejo, que se encontra ilustrado na Figura 4.7.

Para tal, foram utilizadas as nomenclaturas próprias do VSM, assim como o cliente (departamento de operação da Central do Ribatejo), de que forma é efetuado o pedido para início do processo, e de como é recebida a informação de fim do processo. Foi também utilizada a nomenclatura dos trabalhadores, legendada no VSM, sendo referidos os técnicos de manutenção, os trabalhadores do departamento de manutenção e o responsável pelas criação e gestão das ordens de manutenção, que pertence ao departamento de manutenção.

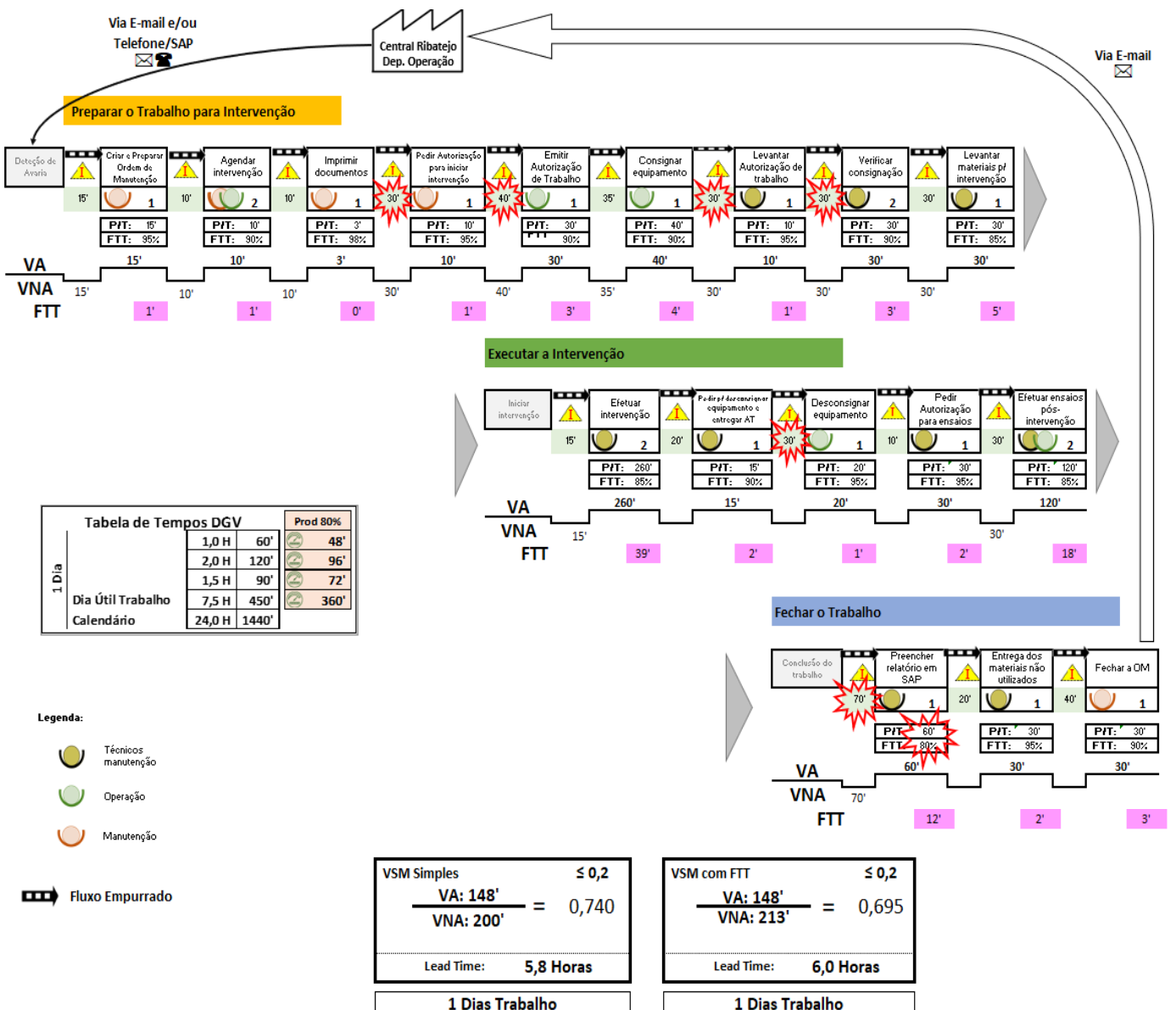


Figura 4.7 - Diagrama VSM do processo de gestão da manutenção da Central do Ribatejo

Após colocação de todas as atividades envolvidas no processo, e alocação dos tempos de duração de cada uma delas, assim como dos tempos de espera entre atividades, foi possível, juntamente com a empresa, fazer uma análise cuidada ao tempo que demora cada atividade e tempos de espera, considerados críticos no processo, sendo assinalados a vermelho no VSM.

Para efetuar uma análise mais detalhada ao VSM, foram considerados alguns tempos como sendo críticos, tendo como critério, o facto de não dependerem do tipo de manutenção, isto é, que possam ser reduzidos e otimizados, tratando-se de uma intervenção mais simples ou mais complexa.

Deste modo, os tempos considerados críticos, são os seguintes:

- Tempo de espera entre a impressão de documentos e o pedido de autorização para iniciar a intervenção;
- Tempo de espera entre o pedido de autorização para iniciar a intervenção e a emissão da autorização de trabalho (AT);
- Tempo de espera entre a consignação do equipamento e o levantamento da AT;
- Tempo de espera entre o levantamento da AT e verificação de consignação do equipamento;
- Tempo de espera entre o pedido e a desconsignação do equipamento;
- Tempo de espera entre a conclusão do trabalho e o preenchimento do relatório;
- Tempo associado ao preenchimento do relatório.

Foram selecionados estes tempos de espera, entre etapas do processo, uma vez que não se trata da ação de manutenção em concreto, isto é, são etapas que ocorrem para que o processo de gestão da manutenção seja efetuado do início ao fim.

Enquanto as atividades de manutenção propriamente ditas, isto é, resolução da avaria por técnicos de manutenção, poderá variar no tempo, dependendo do grau da avaria, as atividades de apoio ao processo, isto é, criação de notas de avaria e ordens de manutenção no sistema, pedido de autorizações de trabalho e outros tempos de espera, poderão ser melhorados. Estas atividades funcionam, por norma, de forma constante, isto é, da mesma maneira, independentemente do tipo de avaria, salvo raras exceções, como por exemplos grandes intervenções anuais.

Assim sendo, foram selecionados estes tempos, uma vez que são passíveis de melhoria ao longo da aplicação do Modelo Proposto nesta dissertação.

Posteriormente, foi utilizada a ferramenta Diagrama de Ishikawa, que permite a definição de um dos problemas considerado o mais importante no processo de gestão da manutenção: quantidade de avarias superior à capacidade de trabalhadores (FTE – *Full Time Equivalent*). Assim, este problema foi analisado (Figura 4.8), identificando assim as causas que estão na origem deste problema.

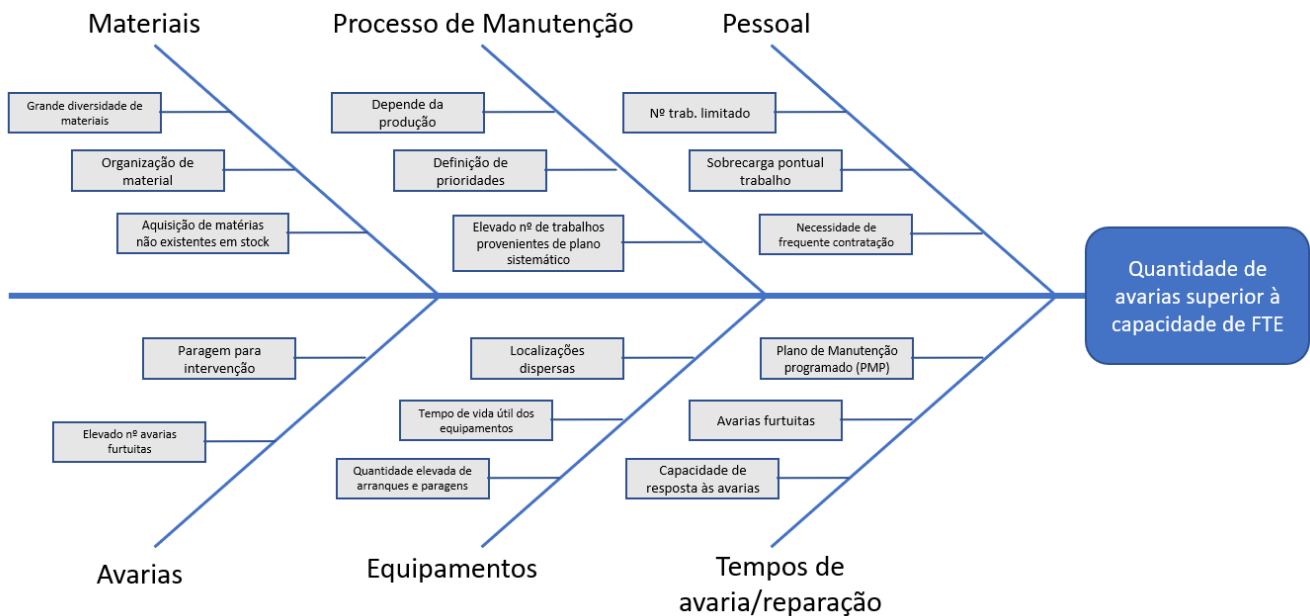


Figura 4.8 - Diagrama de Ishikawa do caso de estudo

Após esta análise, juntamente com os elementos da organização envolvidos neste projeto, foram identificadas várias causas-raiz em cada uma das seis áreas definidas previamente: os Materiais, o Processo de Manutenção, o Pessoal (trabalhadores internos e externos), as Avarias, os Equipamentos e os Tempos de avaria vs. Tempos de reparação.

Deste modo, serão estas as causas a considerar e que são as causadoras do problema a estudar – quantidade de avarias superior à capacidade de FTE.

Para que seja possível detalhar e especificar este problema, foi efetuada, com auxílio da ferramenta 5W2H uma análise complementar, a partir da resposta a sete perguntas, que se encontram na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - 5W2H aplicado ao processo de gestão da manutenção

Questão?	Resposta
What (O quê?)	Quantidade de avarias superior à capacidade de resposta
Why (Porquê?)	Avarias recorrentes Necessária paragem para intervenção Localizações dispersas Número de trabalhadores limitado
Where (Onde?)	Equipamentos dos Grupos 1, 2 e 3
When (Quando?)	Implementação de melhorias e testes no final de 2021
Who (Quem?)	Departamento <i>Lean</i> Departamento de Manutenção
How (Como?)	Implementação de melhorias e monitorização
How Much (Quanto?)	(não é possível ter acesso a valores financeiros)

Em relação à questão “*How Much*” não é possível quantificar o valor associado, uma vez que no presente Trabalho final de mestrado, não foram cedidos quaisquer valores de custos, por serem confidenciais e restritos para pessoal externo à administração.

Posteriormente, para detetar outros possíveis problemas ou modos de falha associados ao processo em estudo, foi utilizada a ferramenta FMEA. Esta ferramenta permite efetuar uma listagem de eventuais modos de falha a acontecer ao longo do processo de gestão de manutenção. Posteriormente, através do cálculo do NPR poderão ser comparados estes valores entre os diferentes modos de falha e assim, serão tidos em conta os que têm NPR mais elevado, uma vez que serão considerados prioritários. Para tal, de seguida estão indicados, na Tabela 4.4, os modos de falha identificados e a respetiva atribuição das ponderações de severidade, ocorrência, deteção e o respetivo cálculo NPR. Foram também classificadas, através de uma escala de cor, os modos de falha prioritários (a vermelho), os modos de falha que deverão ser tidos em conta (a laranja) e por fim, os que não apresentam para já risco (cor verde).

Tabela 4.4 - Identificação dos modos de falha no processo de gestão da manutenção e respetiva quantificação do NPR

Processo de Gestão da Manutenção				
Modos de falha identificados	S	O	D	NPR
Falha na deteção de avaria, de forma atempada	9	4	7	252
Ordem de Manutenção criada com erros	6	3	5	90
Impossibilidade de agendamento de intervenção	6	5	3	90
Autorização de trabalho não adequada à intervenção	10	3	6	180
Materiais levantados não adequados	5	3	5	75
Intervenção efetuada de forma incorreta	9	4	6	216
Falha no preenchimento do relatório de intervenção	5	6	6	180

Deste modo, foram identificados dois modos de falha como sendo os mais críticos e prioritários (a vermelho):

- Possíveis falhas na deteção de avaria de forma atempada, o que poderá ter consequências críticas para os equipamentos e para a instalação, apesar de não ocorrer de forma frequente e uma vez que, pelo *software* utilizado pela organização, ser possível detetar a avaria em caso de falha dos operadores durante as rondas efetuadas;
- Caso uma intervenção seja efetuada de forma incorreta, irá implicar erros e falhas durante o processo de manutenção. Estas falhas poderão ser devidas à inexperiência dos técnicos de manutenção, sejam eles internos ou externos (subcontratados pela organização para um trabalho em específico), ou caso a avaria não tenha sido reportada de forma correta, envolvendo outros problemas no equipamento que não tenham sido detetados. Deste modo, esta falha é considerada severa, uma vez que poderá ter implicações graves para os equipamentos, trabalhadores e instalações. No entanto, foi considerado que tem uma baixa ocorrência, e que em alguns casos poderá ser detetada através do *software* disponível na Sala de Controlo, operado pelo Departamento de Operação da instalação.

No que diz respeito aos modos de falha identificados como sendo necessário ter atenção (a laranja), são eles:

- A Autorização de trabalho é um instrumento de apoio à intervenção, uma vez que promove o conhecimento pelas partes da intervenção que será efetuada, assim como todos os riscos

associados à mesma. No entanto, poderá acontecer que esta não seja adequada ao trabalho em questão, devido ao volume de trabalho do pessoal responsável pela emissão das ATs, ou porque a avaria não foi bem descrita, originando assim uma ordem de manutenção incorreta;

- Falha no preenchimento do relatório de intervenção, sendo este um passo importante no processo de gestão de manutenção, pois permite registar todas as informações relevantes da intervenção efetuada. Este relatório será útil em futuras intervenções, para que seja possível, monitorizar o equipamento. Caso ocorram falhas no registo, por exemplo, indicação de substituição de uma válvula, ou outro, não tendo sido verdadeira substituída, poderá levar a outro tipo de avarias, uma vez que não será considerada a substituição dessa mesma válvula numa intervenção posterior.

Por fim, foram ainda considerados três modos de falha, que apresentam risco considerado não significativo no momento de análise, estando por isso apresentados com a cor verde. São eles:

- Ordem de Manutenção criada com erros, uma vez que se trata de uma atividade manual, poderão, por vezes, ocorrerem erros na perceção da avaria, ou na resolução da mesma;
- Impossibilidade de agendamento de intervenção, pois a organização precisa de cumprir a produção definida pela UNGE. Posto isto, apenas irá efetuar interrupção da produção, caso a avaria seja grave e, portanto, de resolução urgente. No entanto, caso não seja possível resolver a avaria a curto prazo, poderá piorar o estado do equipamento;
- Materiais levantados não adequados, que poderá surgir devido a erros na criação da ordem de avaria, ou devido à disponibilização dos materiais por parte do armazém.

De seguida, foram listados e analisados os KPI utilizados pela empresa para monitorizar e gerir o processo de gestão da manutenção.

Estes indicadores poderão ser classificados em dois grupos, uma vez que uns são utilizados e acompanhados pela gestão de topo, nomeadamente para decisão de compra de novos equipamentos e para acompanhamento dos custos associados à indisponibilidade de um dos Grupos da Central, quando a UNGE solicita a sua operação.

Para controlar se os objetivos são cumpridos, a curto, médio e longo prazo, a nível da gestão e administração, têm sido monitorizados KPI que permitem aferir a eficácia do processo, nomeadamente:

- Tempo total de paragem de um determinado equipamento devido a avaria e/ou resolução da mesma;
- Tempo médio entre avarias (MTBF).

No entanto, e para acompanhamento do processo de gestão da manutenção são monitorizados os seguintes indicadores, que serão analisados posteriormente:

- Notas de avaria criadas;
- Notas de avaria encerradas;
- Ordens de manutenção por tipo de manutenção;
- Ordens provenientes de planos de manutenção;
- Número de ordens enviadas para *Mobipro*;
- Indisponibilidade por Grupo devido a manutenção;
- Tempo médio de reparação de avaria por Grupo;
- Total de ocorrências com indisponibilidade;
- Número de ordens encerradas no mesmo mês em que foram criadas.

Em primeiro lugar será importante analisar o número de notas de avaria criadas, documento este que é criado quando se deteta uma avaria, e verificar quantas destas notas de avarias foram concluídas no mesmo mês. Esta análise é efetuada através do gráfico da Figura 4.9, apresentado de seguida.

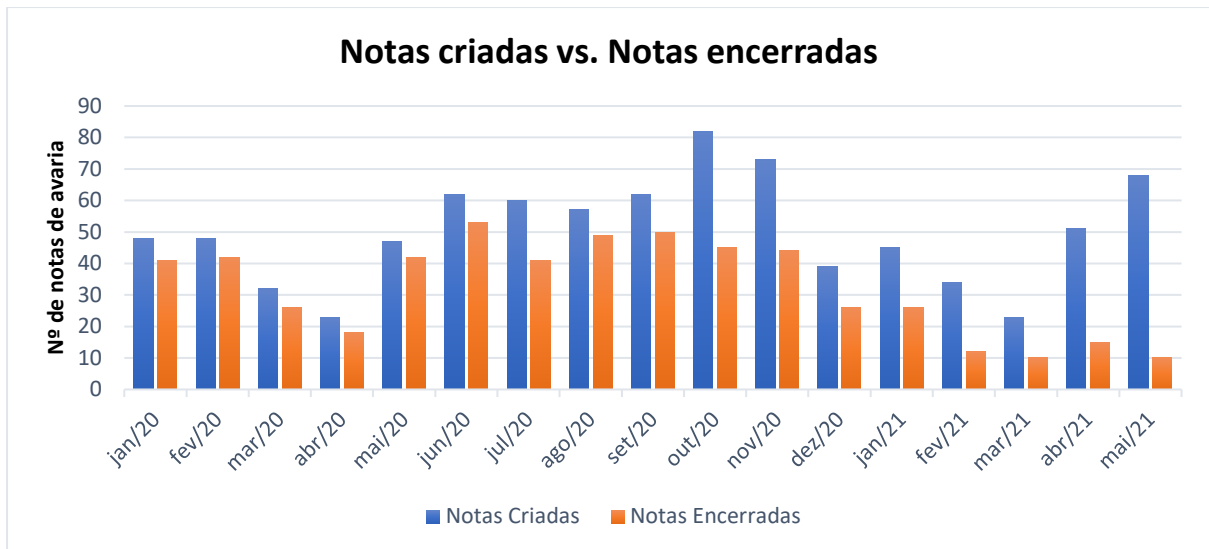


Figura 4.9 - Número de notas de avaria criadas e respetivo encerramento

A partir do gráfico da figura anterior, verifica-se que ao longo de cada mês, não é possível encerrar a totalidade das notas de avaria criadas nesse mês, devido à quantidade de notas criadas, em comparação à capacidade de resolução da mesma. No que toca ao ano de 2021, o número de notas de avaria encerradas é bastante inferior ao número de notas de avaria criadas. Através desta análise verifica-se que apenas cerca de 1/3 das notas de avaria criadas durante o presente ano, foram já concluídas no respetivo mês. No entanto, é de ressaltar que, embora não seja possível concluir todas as notas de avaria no respetivo mês, estas vão sendo encerradas ao longo do tempo, definindo prioridades entre elas.

No que diz respeito às ordens de manutenção, etapa que sucede as notas de avaria, estas poderão ser classificadas pelos tipos de manutenção, explicados anteriormente: P010 (ordens de manutenção criadas para resolver avarias furtivas), P020 (ordens de manutenção criadas para manutenção sistemática preventiva), P030 (ordens de manutenção sistemática condicionada) ou P040 (ordens de manutenção para intervenções que requerem um maior investimento).

No ano de 2020 o número de ordens de manutenção existentes dividiu-se da seguinte forma (Figura 4.10):

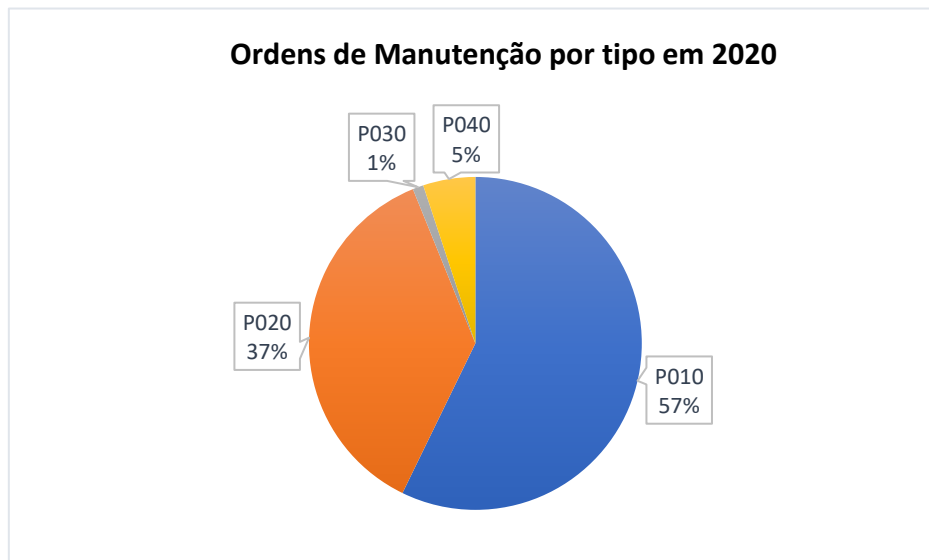


Figura 4.10 - Ordens de Manutenção dos diferentes tipos (em 2020)

Pelo gráfico da figura anterior, verifica-se que existe uma grande incidência no tipo de manutenção P010 (57%) – avarias furtuitas, ou seja, manutenção corretiva, e P020 (cerca de 37%), que diz respeito às ordens de manutenção sistemáticas preventivas.

As ordens de manutenção poderão ainda ter origem no Plano de Manutenção Preventiva (PMP), onde se inclui o tipo de manutenção P200, sendo estas as que apresentam maior incidência. No gráfico da Figura 4.11 é possível analisar o número de ordens de manutenção de cada um dos tipos:

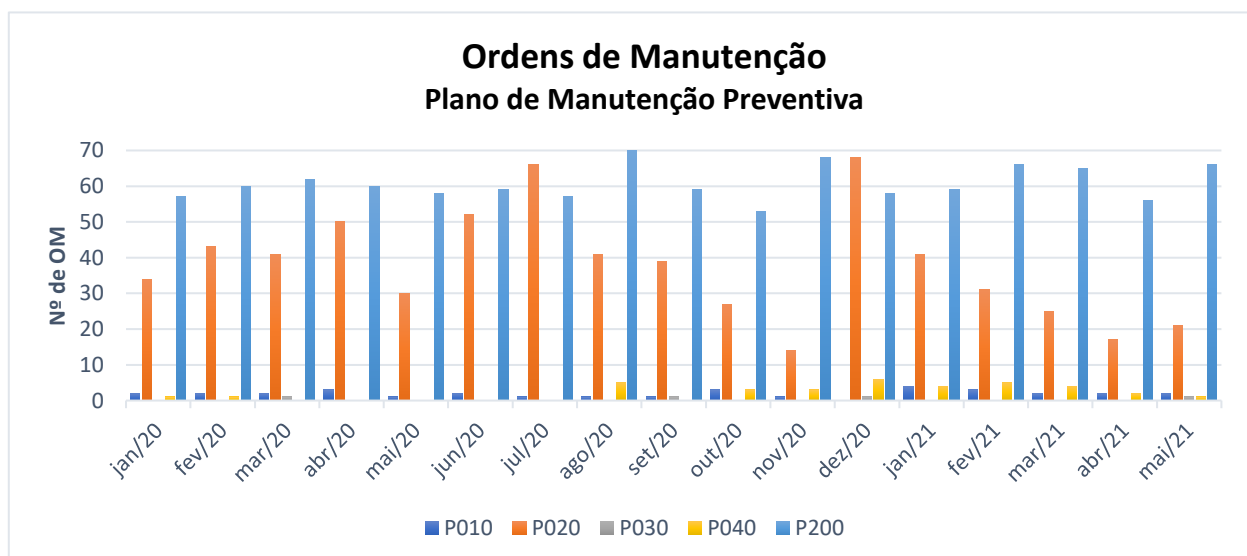


Figura 4.11 - Número de ordens de manutenção com origem no Plano de Manutenção Preventiva, por tipo

Ao analisar o gráfico da figura anterior é possível notar a grande incidência das OM do tipo P200, com uma média de 60 ordens por mês. Estas foram criadas recentemente, funcionando através do software *Mobipro*, tendo como objetivo a melhoria do acesso a estas ordens de manutenção por parte

do departamento de Operação. Assim, este departamento, que tem à sua responsabilidade inúmeras verificações como validade e estado dos extintores das instalações, verificação e registo de todos os chuveiros de emergência e lava olhos, entre outros, é possível, através da utilização do *Mobipro*, o registo *in loco*, no exato momento em que essa verificação é efetuada.

Para além destes KPI, foi também possível a empresa monitorizar, ao longo do tempo as horas despendidas para cada tipo de manutenção, com base no total de horas de manutenção, sendo estes valores, na Figura 4.12, apresentados em percentagem (%):

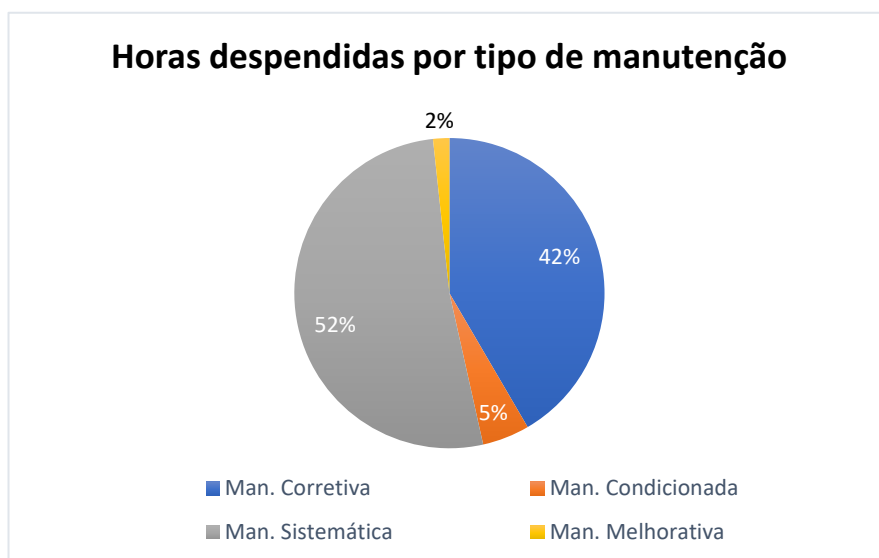


Figura 4.12 - Horas despendidas por tipo de manutenção (dados de 2018, 2019 e 2020)

Verifica-se que a grande maioria se refere aos tipos de manutenção sistemática e corretiva, perfazendo um total de 94%, sendo estes os tipos de manutenção mais efetuada na Central do Ribatejo.

No que toca às reparações, é possível monitorizar o tempo médio de reparação (MTR), em horas, relativas a cada um dos grupos.

Tabela 4.5 - Tempo médio de reparação de avarias em cada um dos Grupos da Central Ribatejo

	Tempo médio de reparação (h)		
	2018	2019	2020
Grupo 1	216	90	8
Grupo 2	25	229	58
Grupo 3	68	28	4

Apesar de haver uma monitorização e registo do número de horas relativas a manutenções em cada um dos grupos, estes valores não são possíveis de se relacionarem e compararem, uma vez que as intervenções de cada um dos grupos são independentes, e dependem dos equipamentos de cada Grupo. No entanto, numa primeira análise, identificam-se valores superiores em 2018 para o Grupo 1 e em 2019 para o Grupo 2. Estes valores podem ser resultado das paragens efetuadas na Central (grandes revisões).

No ano de 2020, devido à pandemia vivida, a Central foi obrigada a adaptar a sua produção às restrições exigidas pela Direção Geral de Saúde, e por esse motivo, foram apenas mantidos os trabalhadores essenciais para o funcionamento da Central. Todos os outros trabalhadores se encontravam em teletrabalho, ficando de alerta caso seja necessário resolver alguma avaria urgente e que o Departamento de Operação não tivesse capacidade para tal. Deste modo, é assim justificado o decréscimo do valor de 2020, uma vez que foram apenas resolvidas as intervenções urgentes e que punham em causa o funcionamento da Central.

No entanto, houve ainda nesse ano, uma intervenção de licenciamento (re-certificação dos ESP (equipamentos sob pressão) no Grupo 2, tendo-se aproveitado para efetuar outras intervenções noutros equipamentos, uma vez que o grupo está indisponível durante esse tempo).

Apesar dos valores apresentados do tempo despendido em manutenção, nem sempre significa que tenha ocorrido indisponibilidade do equipamento ou Grupo, ou seja, que tenha sido necessário efetuar paragem da produção para efetuar as intervenções. Apenas houve indisponibilidade de cerca de 15% no Grupo 1 (referente a 10 ocorrências/ano), de 8 ocorrências no Grupo 2, o que representou uma indisponibilidade média de 14% e uma indisponibilidade de 11% no Grupo 3, devido a uma média de 11 ocorrências anuais. Estes valores foram calculados através da média dos valores de indisponibilidade entre 2018 e 2020.

4.3.4 Classificar

Passando à subfase *Classificar*, que tem como principal objetivo classificar todas as atividades inerentes ao processo de gestão da manutenção, segundo a ferramenta *Tool Time*. Deste modo, as atividades serão classificadas como sendo de valor acrescentado ou de valor não acrescentado para o cliente do processo. Para além disso, serão identificados os desperdícios associados a cada uma das principais atividades no processo de gestão da manutenção.

Considerando o processo já apresentado anteriormente (Figura 4.6), é possível identificar as principais atividades e serão ainda adicionadas outras atividades inerentes ao processo, sendo indicadas na tabela abaixo, identificando os departamentos envolvidos e os desperdícios associados.

Com esta análise, será possível ter, de forma perceptível, as etapas e/ou atividades que poderão ser melhoradas, uma vez que não são essenciais para que o processo seja concluído, e não têm assim, valor acrescentado para o cliente.

Deste modo, as atividades que geram valor para o cliente, foram classificadas como sendo atividades de valor acrescentado. Por outro lado, as atividades inerentes ao processo, isto é, que são necessárias para que o processo ocorra da melhor forma, seja em termos de gestão, ou em termos de segurança, foram classificadas como sendo atividades incidentais – dentro da classificação de atividade de valor não acrescentado.

Tabela 4.6 - Identificação das atividades envolvidas no processo de gestão da manutenção da Central do Ribatejo

Atividades	Departamentos envolvidos		Desperdícios associados	Classificação <i>Tool Time</i>	Justificação
	MAN	OP			
Efetuar rondas pela fábrica	x	x	Movimentações	Atividade incidental	Poderão ser reduzidas, através da implementação de melhorias ou outros meios de deteção
Detetar avarias	x	x	Excesso de manutenção	Desperdício	Poderão ser precavidas, através do plano de manutenção preventiva
Criar nota de avaria	x		-	Atividade incidental	Necessária à realização da manutenção, no entanto poderão ser implementadas melhorias através do PMP, evitando a criação de Notas de Avaria
Criar Ordem de Manutenção	x	x	-	Atividade incidental	Necessária ao processo
Contactar departamento Operação para agendamento da intervenção	x	x	Tempo de espera	Desperdício	Poderão ser evitados contactos e tentativas de agendamento, através da criação de uma “agenda” disponível para ambas as partes
Imprimir documentos	x		Movimentações; Impressão de documentos	Desperdício	Poderá ser otimizado, evitando a impressão e consequente passagem entre operadores
Entregar os documentos no departamento de Operação	x		Movimentações; Tempo de espera	Desperdício	Poderá ser otimizado, evitando as deslocações para entrega dos documentos

Atividades	Departamentos envolvidos		Desperdícios associados	Classificação <i>Tool Time</i>	Justificação
	MAN	OP			
Solicitar Autorização de trabalho	x		Movimentações; Tempo de espera	Atividade incidental	Necessária para efetuar a intervenção em condições de segurança para os operadores
Efetuar Autorização de Trabalho		x	-	Atividade de valor acrescentado	Necessária para efetuar a intervenção em condições de segurança para os operadores
Recolher Autorização de trabalho	x		Movimentações; Tempos de espera	Desperdício	Poderá ser otimizado, evitando as deslocações para recolha dos documentos
Levantar os materiais necessários	x		Movimentações; Tempo de espera de operadores e materiais	Atividade incidental	Necessária para que possa ser realizada a intervenção
Efetuar a Intervenção	x		Erros	Atividade de valor acrescentado	Trata-se do objetivo principal do processo – a intervenção para reparar a avaria
Devolução da Autorização de Trabalho	x	x	Movimentações	Desperdício	Poderá ser otimizado, evitando as deslocações para recolha dos documentos
Realização de ensaios	x	x	-	Atividade de valor acrescentado	Necessário para a conclusão de intervenção, de modo a “entregar” a intervenção bem resolvida
Concluir e preencher o relatório	x		-	Atividade de valor acrescentado	Traz valor acrescentado para o cliente, pois é o relatório que o informa sobre o que foi efetuado

Posteriormente, e para complementar a presente subfase, é necessário introduzir o *Balanced Scorecard*, que permite identificar quatro perspetivas: financeira, dos clientes, de processos internos e aprendizagem e melhoria contínua. Deste modo, em cada uma destas perspetivas, foram identificados os objetivos, as ações a tomar e quais os indicadores que permitem monitorizar e acompanhar a evolução das ações e o cumprimento dos objetivos propostos.

Esta informação encontra-se sistematizada na Tabela 4.7, que se encontra abaixo:

Tabela 4.7 - *Balanced Scorecard* aplicado ao processo de manutenção da Central do Ribatejo

Perspetiva	Objetivos	Ações	Indicadores
Financeira	Redução de custos de manutenção	Priorizar a manutenção preventiva	% Manutenção preventiva vs. Corretiva Custos associados aos tipos de manutenção
		Aumentar a resposta dada pelos técnicos para manutenção e vigilância	% Avarias
	Otimização e aproveitamento dos equipamentos e materiais existentes	Priorizar a manutenção preventiva	Nº ordens de manutenção geradas por PMP vs. Manutenção corretiva
Clientes	Aumentar o nível de satisfação do(s) cliente(s)	Definir as verdadeiras necessidades do cliente	Avaliação de satisfação do cliente
		Definir prioridades mediante as necessidades do cliente	% Cumprimento de OM
	Reduzir o <i>lead time</i> do processo	Definir prioridades mediante as necessidades do cliente	<i>Lead time</i> (h)
Processos Internos	Realizar o processo de forma contínua (mínimo de interrupções)	Efetuar alterações ao processo de modo que seja possível evitar interrupções	<i>Lead time</i> (h)
	Redução do <i>lead time</i>		
Aprendizagem e Melhoria Contínua	Criação de projetos para otimização dos processos	Aumentar o número de projetos associados à Filosofia <i>Lean</i> já adotada na empresa	Número de iniciativas <i>Lean</i>
	Redução de desperdícios associados aos processos	Definir objetivos, mediante o projeto a trabalhar, para reduzir os desperdícios associados	<i>Lead time</i> (h) Custos associados aos tipos de manutenção

Tabela 4.8 - Resultados de P_n , D_n e IDP_n , para os indicadores medidos

Indicadores medidos	P_n	D_n	IDP_n
Custos associados à manutenção corretiva	20	70	14
Tempo médio de reparação de avaria por Grupo	15	60	9
Tempo médio entre avarias	10	70	7
Indisponibilidade operacional dos Grupos	25	80	20
Trabalho subcontratado	20	70	14
Cumprimento do PMP	10	50	5

Após atribuição dos pesos e do desempenho de cada indicador e do cálculo dos Índices de Desempenho Parciais, foi possível calcular o Índice de Desempenho do Sistema, o DPU global, o valor de defeitos por milhão de oportunidade (DPMO) e, por fim, obter o nível de seis sigma do processo em estudo. Estes valores encontram-se apresentados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Cálculos para apurar o nível seis sigma

IDS	DPU Global	DPMO	Nível Seis Sigma
69%	0,3711	371063,68	1,8

Deste modo, obteve-se um Índice de Desempenho do Sistema de cerca de 69% e um nível seis sigma de 1,8. Deste modo, existe ainda muita margem para melhorar o desempenho, sendo por isso necessário passar à próxima subfase onde serão sugeridas melhorias com base em toda a avaliação efetuada anteriormente.

4.3.5 Melhorar

Com o objetivo de melhorar o processo descrito ao longo dos pontos anteriores, surge a subfase *Melhorar*, onde serão propostas melhorias para colmatar os pontos fracos identificados no ponto anterior. Para tal, será considerado a utilização do *Mobipro* como sendo um ponto forte neste projeto, uma vez que, quando a sua implementação estiver finalizada, prevê-se que o processo de gestão da manutenção se torne mais eficiente. Deste modo, será possível identificar reduções no *lead time* do processo com a utilização do *tablet* e otimizar os recursos disponíveis, sejam eles humanos, materiais ou de equipamentos.

Com a utilização do *Mobipro* no processo de gestão da manutenção, este sofrerá algumas alterações nas etapas que compõem o processo. Numa visão macro, espera-se que com a utilização deste novo *software*, seja reduzido o tempo do processo, uma vez que, numa primeira instância, irá reduzir significativamente as deslocações dos técnicos de manutenção, pois permite a realização de algumas tarefas *in loco*.

Para que seja possível esquematizar em que medida o *Mobipro* altera o processo, foi efetuado um novo mapeamento do processo em BPMN (Figura 4.13), uma vez que algumas das tarefas poderão de existir, tais como imprimir documentos, levantar a autorização de trabalho, preencher o relatório de intervenção apenas no final da intervenção, entre outras.

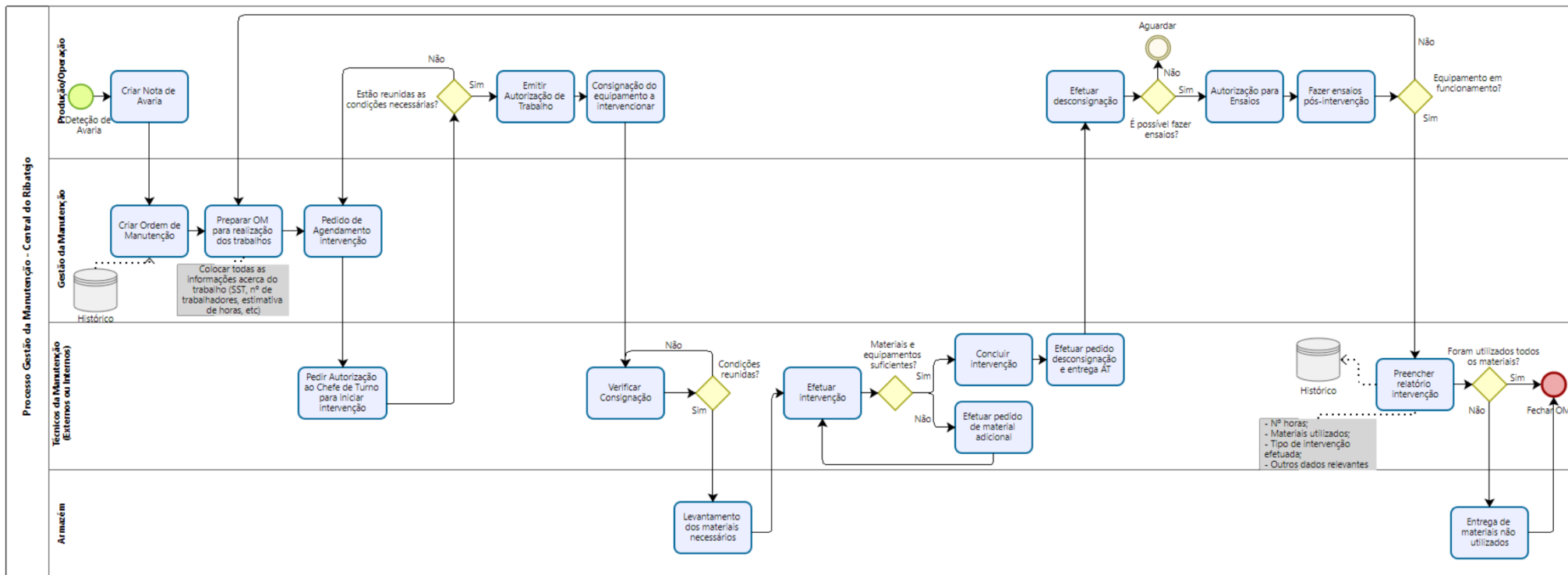


Figura 4.13 - Processo de Manutenção com utilização do Mobipro

Para além disso, e recorrendo ao VSM, foi possível identificar os pontos onde poderá ocorrer uma redução significativa dos tempos de espera ao longo do processo, após implementação do processo com a utilização do *Mobipro* (Figura 4.14).

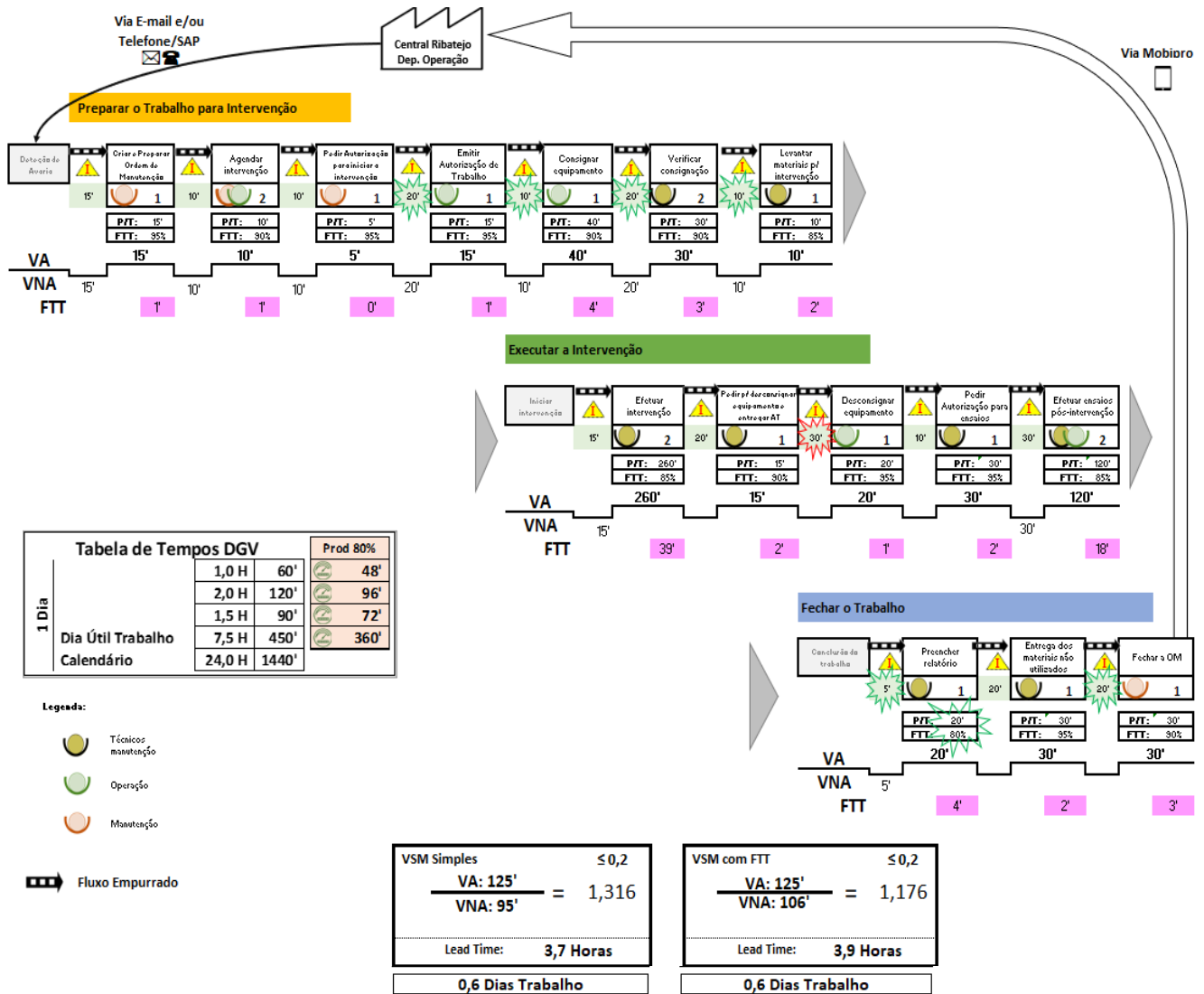


Figura 4.14 - VSM do processo de manutenção com utilização do *Mobipro*

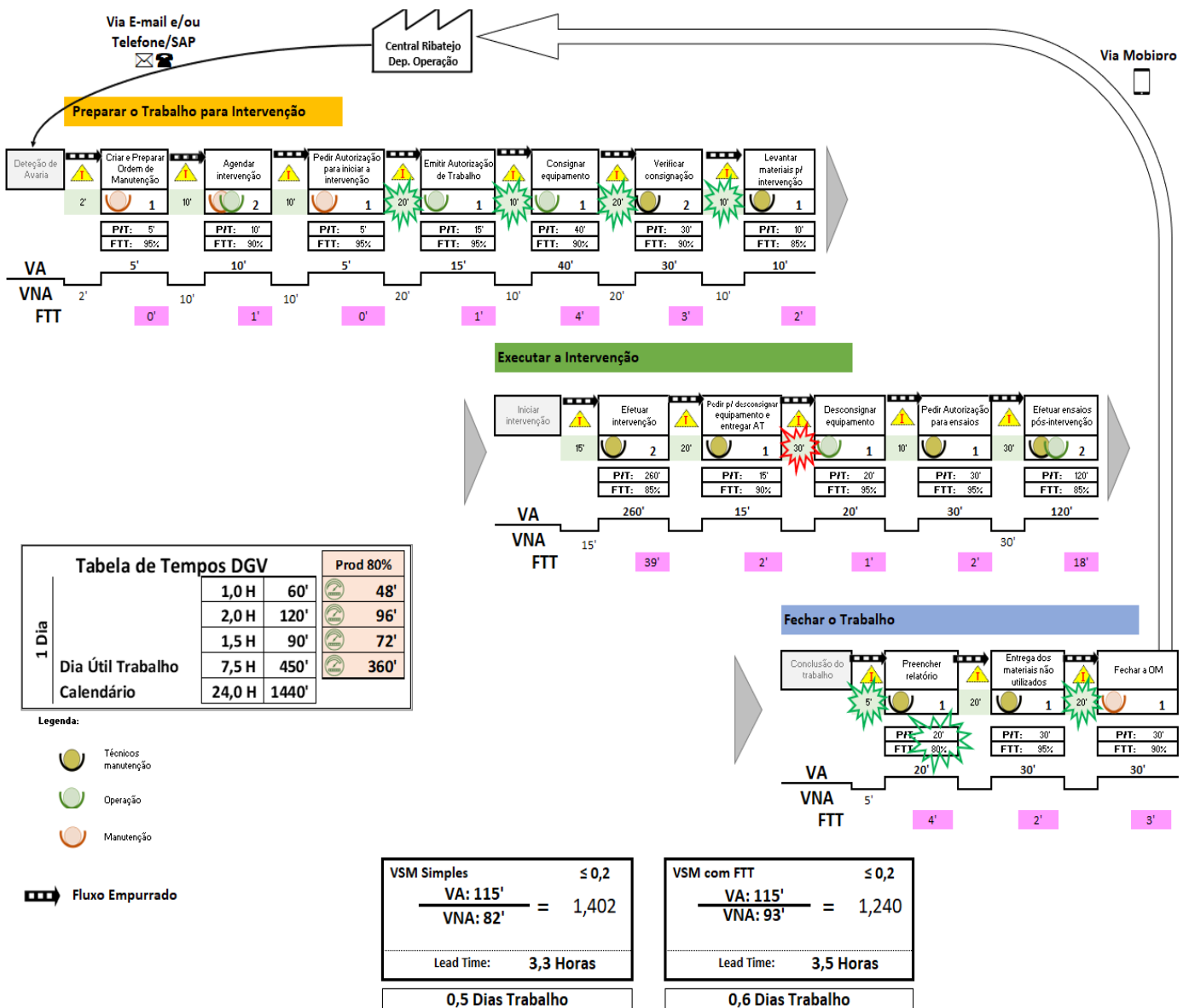


Figura 4.15 - VSM do processo de manutenção com implementação de melhoria sugerida

Deste modo, e após análise é apresentada a comparação do *lead time* do processo sem a utilização do *Mobipro* e com a utilização deste *tablet* (Tabela 4.10).

Tabela 4.10 - Valores de *Lead time* para o processo tradicional, processo com utilização do *Mobipro* e implementação de outras melhorias

	Lead Time (h)		
	Processo tradicional	Processo com utilização do <i>Mobipro</i>	Outras melhorias
VSM Simples	5,8	3,7	3,3
VSM com FTT	6,0	3,9	3,5

Com os valores de *lead time* para cada um dos processos, é assim possível calcular a redução que se espera atingir, caso todas as melhorias sugeridas sejam implementadas, em comparação com o processo tradicional. Estes valores são apresentados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Valores de redução esperada ao concluir a implementação do *Mobipro* e de outras melhorias

	Redução esperada (vs. processo tradicional)	
	Implementação do <i>Mobipro</i>	Implementação de outras melhorias
VSM Simples	36%	43%
VSM com FTT	35%	42%

Através dos cálculos efetuados, verifica-se que haverá margem de redução do *lead time* caso sejam implementadas as melhorias sugeridas. Relativamente à primeira melhoria sugerida, a total implementação e utilização do *software Mobipro*, poderá gerar uma redução de cerca de 36% no que diz respeito ao *lead time* do processo, passando de 5,8 horas de trabalho para 3,3 horas de trabalho.

Por outro lado, e caso sejam implementadas também as melhorias sugeridas posteriormente, indicadas acima, espera-se atingir uma redução de 43%, de forma cumulativa.

4.3.6 Verificar

Na última subfase do modelo proposto, *Verificar*, aplicada ao caso de estudo, importa referir que os objetivos principais são os de comprovar que a redução esperada referida anteriormente é cumprida. Para tal, deverão ser efetuados vários testes, e após otimização do processo, este deverá ser implementado e todos os indicadores deverão ser monitorizados ao longo do tempo

Para tal, foram já sugeridas algumas ferramentas, tais como os KPI, numa ótica de comparação com os indicadores e os respetivos valores anteriores, e monitorizá-los ao longo do tempo. Poderão ser também consideradas as cartas de controlo, como fortes aliadas na monitorização do processo, uma vez que permite registar e observar eventuais desvios ao que estava planeado; o *Balanced Scorecard* e Seis Sigma para alterar os objetivos e respetivas ações a tomar, assim como novos indicadores que sejam considerados relevantes. Por outro lado, é essencial que o procedimento seja padronizado, isto é, sugere-se que a empresa altere os procedimentos existentes, ou crie novos processos, com posterior formação dos trabalhadores envolvidos, para que tomem conhecimento das alterações efetuadas.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Face à competitividade a que as organizações, hoje em dia, estão expostas, e que têm que enfrentar diariamente, o conceito de melhoria contínua surge cada vez mais, como sendo um aliado para a melhoria dos processos e consequente redução de custos. Muitas vezes, surge também a inovação, aliada à melhoria dos processos, uma vez que através de novas metodologias e novos *softwares*, é possível otimizar um determinado processo.

No âmbito desta dissertação, foram estudados em profundidade os conceitos relacionados com os desperdícios nas organizações, assim como as ferramentas *Lean* que auxiliam a eliminação desses desperdícios, aumentando a eficiência de um determinado processo ou de toda a organização.

Para que fosse dado um contributo original à presente dissertação, foi criado um modelo conceptual, que permite, através da sua aplicação, identificar, caracterizar e analisar os problemas existentes numa organização. Estas subfases são vantajosas para que sejam detetadas ineficiências que nunca foram tidas em conta, ou que nunca foram analisadas. Posteriormente, a subfase *Classificar* que permitem, através da utilização de ferramentas como o *Tool Time* e o *Balanced Scorecard*, analisar e avaliar os resultados das ações e decisões tomadas em termos financeiros, quer os fatores críticos de sucesso do negócio que são analisados numa perspetiva não financeira e o desempenho do processo ou da organização é quantificado através dos níveis Seis Sigma.

Deste modo, este modelo de aplicação traz inúmeras vantagens à organização selecionada, uma vez que se trata da implementação de um projeto em todas as suas fases, em que vários elementos da organização poderão e deverão estar envolvidos, para uma maior facilidade na posterior implementação de mudanças a nível dos processos. Torna-se também importante, sendo isso possível através da implementação do modelo proposto, que os trabalhadores tenham perceção das atividades e tarefas realizadas inúmeras vezes ao longo de um dia de trabalho, mas que não acrescentam qualquer tipo de valor para o cliente final do processo. Estas atividades, classificadas como atividades incidentais ou desperdício, traduzem-se em ineficiências para o processo e, consequentemente, para a organização, diminuindo o seu desempenho global.

De salientar que a implementação do modelo apenas se considera finalizada após conclusão da subfase *Verificar*. Esta última subfase poderá prolongar-se no tempo, a curto prazo, caso seja necessário efetuar alguns ajustes ao processo, mediante os resultados medidos.

Na grande maioria das atividades fabris, nomeadamente quando nestas existe uma participação de mão de obra humana, o carácter aleatório dos tempos destas estará quase sempre presente. Ao longo de um turno de trabalho, a capacidade de atenção e execução de procedimentos para um dado fim,

por parte de um trabalhador, será sempre variável, pois nenhuma tarefa será feita da mesma forma num determinado intervalo de tempo fixo. Caso essa capacidade se verifique, muito provavelmente estaremos perante meios de produção robotizados.

Com a implementação do modelo criado nesta dissertação, prevê-se que o *lead time* do processo de gestão de manutenção, em estudo, seja reduzido em cerca de 36% (correspondente a uma redução de 2,1 horas de trabalho) após a conclusão da implementação do *software Mobipro*. Para além disso, é expectável uma redução de 43% (correspondente a uma diminuição de 0,5 horas em relação ao processo com utilização do *Mobipro*) caso seja também implementada a melhoria sugerida: criação e preenchimento de uma *check-list* com apoio do *Mobipro* aquando da deteção da avaria, para preparar automaticamente a ordem de manutenção.

Ao longo de todo o tempo em que foi aplicado o modelo, como um caso de estudo, numa organização do setor elétrico, é importante referir que apesar da aplicação ter sido efetuada com sucesso, foram encontradas algumas dificuldades a nível do estudo do funcionamento do processo em terreno. As visitas à organização encontravam-se muito limitadas devido à atual situação pandémica COVID-19. Por esse motivo, foi reforçada, ao longo do tempo, a passagem de conhecimento através de reuniões *online* frequentes e de apresentações e passagem de informação da empresa por parte dos responsáveis do processo de gestão da manutenção.

Assim sendo, e como sugestão de melhoria nesta dissertação, teria sido importante o contacto mais próximo com os trabalhadores envolvidos, para além dos responsáveis, para entender as limitações a que estão sujeitos no dia a dia, assim como eventuais sugestões a nível da execução do processo no quotidiano da organização.

Como proposta de trabalhos futuros, seria interessante aplicar-se as melhorias sugeridas ao processo de gestão da manutenção da Central do Ribatejo, uma vez que face às restrições devido à COVID-19 não foi possível efetuar um acompanhamento *in loco*, possibilitando testes e ensaios. Para além disso, sugere-se a aplicação do modelo conceptual a processos de organizações de outras indústrias, com processos de índole distinta. Os resultados deverão ser medidos e monitorizados e avaliar se os resultados são benéficos para o negócio. Caso seja necessário, deverão ser feitos ajustes ao modelo, de modo que possa ser aplicável a diferentes processos.

Referências Bibliográficas

- Agustiady, T., & Cudney, E. (2015). *Total Productive Maintenance - Strategies and Implementation Guide*. Nova Iorque: CRC Press.
- Al-Aomar, R. (2011). Applying 5S Lean Technology: An Infrastructure for Continuous Process Improvement. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 60, pp. 1606-1611. Obtido em 23 de abril de 2021, de <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.310.6759&rep=rep1&type=pdf>
- Almeida, J. (2011). *Aplicação de ferramentas associadas à filosofia Lean*. Lisboa: Dissertação de Mestrado - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Altekar, R. (2005). *Supply Chain Management - Concepts and Cases* (1ª ed.). New Delhi: PHI Learning Pvt. Ltd.
- Amim, M. (2013). *A systematic approach for selecting Lean strategies and assessing Leanness in manufacturing organizations*. Australia: Ph.D. Thesis - Queensland University of Technology.
- Bakri, A., Rahim, A., Yusof, N., & Ahmad, R. (2012). Boosting Lean Production via TPM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 65, pp. 485-491. Malásia: Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.sbspro.2012.11.153
- Bashin, S., & Burcher, P. (2006). Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2(1), 56-72.
- Behrouzi, F., & Wong, K. (2011). Lean performance evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach. *Procedia Computer Science*, 3, 388-395.
- Bell, S. (2006). *Lean Enterprise Systems using IT for Continuous Improvement*. Nova Jersey, EUA: John Wiley & Sons, Inc.
- Bilsel, R., & Lin, D. (2016). Ishikawa cause and effect diagrams using capture recapture techniques. *Quality Technology & Quantitative Management*, 9(2), 137-152.
- Bortolotti, T., Boscari, S., & Danese, P. (2015). Successful Lean Implementation: organizational culture and soft Lean practises. *International Journal Production Economics*, 160, 182-201.
- Carbone, T., & Tippet, D. (2015). Project Risk Management using the Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal*, 16(4), 28-35. doi:10.1080/10429247.2004.11415263

- Charron, R., Harrington, H., Voehl, F., & Wiggin, H. (2014). *The Lean Management Systems Handbook*. Nova Iorque: CRC Press.
- Chen, J., Li, Y., & Shady, B. (2008). From value stream mapping toward a Lean/Sigma continuous improvement process - An Industrial case study. *International Journal of Production Research*, 1069-1086.
- Chiarini, A. (2012). *Lean Organization - From the tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Springer.
- Chukwendu, O., Chima, A., & Edith, M. (2020). The optimization of overall equipment effectiveness factors in pharmaceutical company. *Heliyon*.
- Clayphan, A., Collins, A., Ackad, C., Kummerfeld, B., & Kay, J. (2011). Firestorm: a brainstorming application for collaborative group work at tabletops. *Proceedings of the ACM International Conference on interactive tabletops and surfaces*, (pp. 162-171).
- Costa, A. (2009). *Aplicação da Metodologia Balanced Scorecard em Instituições do Sector Público Não Lucrativo - O Estudo do Caso Instituto Politécnico de Portalegre*. Instituto Superior de Economia e Gestão. Lisboa: Mestrado em Ciências Económicas.
- Decker, G., & Barros, A. (2007). Interaction modeling using BPMN. *International Conference* (pp. 208-219). Business Process Management.
- Deffense, J. (2010). *Produção Lean na Indústria de pré-fabricados de betão armado - Aplicação e avaliação de resultados em Caso de Estudo*. Lisboa: Dissertação de Mestrado - Universidade Nova de Lisboa.
- Doshi, J., Kamdar, J., Jani, S., & Chaudhary, S. (2012). Root Cause Analysis using Ishikawa diagram for reducing radiator rejection. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2(6) , 684-689.
- Dudbridge, M. (2011). *Handbook of Lean Manufacturing in the food industry*. Wiley-Blackwell.
- EDP. (2021). *Energias de Portugal*. Obtido em 15 de março de 2021, de <https://www.edp.com/pt-pt/a-edp>
- Filip, F., & Marascu-Klein, V. (2015). The 5S lean method as a tool of industrial. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 95, pp. 1-6. Brasov, Roménia: IOP Publishing. Obtido em 14 de junho de 2021, de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/95/1/012127/pdf>

- Ghinato, P. (1995). *Sistema Toyota de Produção - Mais do que simplesmente Just-in-Time*. São Paulo: Edições Scielo. Obtido em 20 de março de 2021, de <http://www.scielo.br/pdf/prod/v5n2/v5n2a04>
- Giollo, P. (2002). *Modelo de avaliação de desempenho fundamentado no Balanced Scorecard - caso de estudo na URI*. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado de Administração - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Gomes, F. (2016). *Dissertação: Melhoria da eficiência de uma empresa de produção da indústria metalomecânica através da aplicação de metodologias e ferramentas Lean*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Hansen, D., Mowen, M., & Guan, L. (2009). *Cost Management - Accounting and Control*. South Western Cengage Learning.
- Harry, M., & Schroeder, R. (2005). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*. Currency Book.
- Hinckley, C. (2007). Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry. *Accredit Quality Assurance*, 223-230.
- Hines, P. (2010). The principles of the Lean Business System. *LERC Annual Conference*. SA Partners.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management*. Inglaterra: MCB University Press Ltd.
- Hirano, H. (2008). *JIT Implementation Manual - The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing* (2ª ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Hofer, C., Eroglu, C., & Rossiter, A. (2012). The effect of Lean Production on financial performance: the mediating role of inventory leanness. *International Journal of Production Economics*, 138, 242-253.
- Hopp, W., & Spearman, M. (2004). To pull or not to pull: that's the question. *Manufacturing & Service Operations Management*, 6(2), 133-148.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: the key to Japan's competitive success*. McGraw-Hill.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: a commonsense approach to a continuous improvement strategy*. McGraw-Hill.
- INVENTTA. (2021). *Inteligência de Inovação*. Obtido em 21 de maio de 2021, de www.inventta.net

- IPQ. (2007). *Norma Portuguesa NP EN 13306 - Terminologia da manutenção*. Caparica, Portugal: Instituto Português da Qualidade.
- Ishaq Bhatti, M., Awan, H., & Razaq, Z. (2013). The key performance indicators and their impact on overall organizational performance. *Qual Quant*, 48, 3127–3143. doi:10.1007/s11135-013-9945-y
- Kaizen Institute. (2021). Obtido em 26 de abril de 2021, de <https://pt.kaizen.com/o-que-e-kaizen.html>
- Kaplan, R., & Norton, D. (1996). Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. *Harvard Business Review*, 76.
- Kardec, A., & Nascif, J. (2013). *Manutenção: Função Estratégica* (4ª ed.). Rio de Janeiro: Qualitymarker Editora.
- Kerzner, H. (2009). *A systems approach to Planning, Scheduling and Control* (10ª ed.). Nova Jérícia: John Wiley & Sons, Inc.
- Kilpatrick, J. (2003). Lean Principles. *Utah Manufacturing Extension Partnership*, 68, 1-5.
- Kimmel, P., Weygandt, J., & Kieso, D. (2008). *Accounting - tools for business decision making*. John Wiley & Sons Canada, Ltd.
- Klock, A., Gasparini, I., & Pimenta, M. (2016). *5W2H Framework: a guide to design, develop and evaluate the user-centered gamification*. São Paulo: IHC. doi:<http://dx.doi.org/10.1145/3033701.3033715>
- Liepina, R., Lapina, I., Mazais, J., & Janauska, J. (2013). Innovations, Standards and Quality Management Systems: Analysis and Interrelation. *8ª Conferência de Inovação e Empreendedorismo*. Bruxelas.
- Liker, J. (2004). *The Toyota Way - 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Liker, J., & Meier, D. (2006). *The Toyota Way Fieldbook*. Nova Iorque: McGraw-Hill.
- Lindberg, C., Tan, S., Yan, J., & Starfelt, F. (2015). Key performance indicators improve industrial performance. *The 7th International Conference on Applied Energy*. 75, pp. 1785-1790. Energy Procedia.
- Litcanu, M., Prosteian, O., Oros, C., & Mnerie, A. (2015). Brain-writing vs. Brainstorming case study for power engineering education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 191, 387-390.

- Lodgaard, E., & Aasland, K. (2011). An examination of the application of plan-do-check-act cycle in product development. *International Conference on Engineering Design (ICED 11)*.
- Lodgaard, E., Ingvaldsen, J., Gamme, I., & Aschehoug, S. (2016). Barriers to Lean implementation: perceptions of top managers, middle managers and workers. *Procedia CIRP, 57*, 595-600.
- Longaray, A. (2017). Using MCDA to evaluate the performance of the logistics process. *International Transactions in Operational Research, 1-24*.
- Luca, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1-6*.
- Machado, V. (2007). Perspectivas de desenvolvimento de Produção Magra. *VIII Congresso Ibero-Americano de Engenharia Mecânica, CIBIM8, 23*. Perú-Cusco.
- Mahfouz, A. (2011). *An integrated framework to assess Leanness performance in distribution centres*. Dublin: Ph.D. Thesis - Dublin Institute of Technology.
- Matsuo, M., & Nakahara, J. (2013). The effects of the PDCA cycle and OJT on workplace learning. *The International Journal of Human Resource Management, 24(1)*, 195-207.
- McBride, D. (2003). *The 7 Manufacturing Wastes*. Obtido em 20 de dezembro de 2020, de EMS Consulting Group Inc.: <http://www.emsstrategies.com/dm090203article2.html>
- Melton, T. (2005). The benefits of Lean Manufacturing - What Lean Thinking has to offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design, 86*, 662-674.
- Moen, R., & Norman, C. (2009). Evolution of the PDCA cycle. *Proceedings of the 7th ANQ Congress*. Tóquio.
- Monden, Y. (2012). *Toyota Production System - An Integrated approach to Just-in-Time (4ª ed.)*. Boca Raton: CRC Press.
- Moura, J. (2016). *Desenvolver pessoas Lean numa organização de serviços - Um modelo de projeto de implementação Lean a três anos*. Lisboa: Ex-Libris.
- Moura, J. (2021). Documentos de apoio - A3 report EDP. Lisboa.
- Muehlen, M., & Recker, J. (2013). How much language is enough? Theoretical and practical use of the business process modeling notation. *Seminal Contributions to Information Systems Engineering, 429-443*.

- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção - Além da Produção em Larga Escala*. Porto Alegre: Bookman.
- Ortiz, C. (2006). *Kaizen Assembly Designing, Constructing and Managing a Lean Assembly Line*. Nova Iorque: Taylor and Francis INC.
- Patel, V., & Thakkar, H. (2014). Review on Implementation of 5S in Various Organization. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology*, 4(3), 774-779. Obtido em 15 de maio de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/26989504.pdf>
- Pereira, Z., & Requeijo, J. (2008). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*. Lisboa: FCT Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Pinto, J. (2014). *Pensamento Lean - A Filosofia das organizações vencedoras* (6ª ed.). Lisboa: Lidel.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: value-stream mapping to create value and eliminate muda* (Vol. 1.3). Cambridge, MA USA: Lean Enterprise Institute, Inc.
- Saurin, T., Marodin, G., & Ribeiro, J. (2011). A Framework for Assessing the Use of Lean Production Practices in Manufacturing Cells. *International Journal of Production Research*, 49(11), 3211-3230.
- Siasos, G., Skondras, G., Gkanas, E., Hrissagis, K., & Makridis, S. (2017). The benefits of Lean through an analysis and improvement of an existing production line. *Material Science and Engineering with Advanced Research*, 2(1), 15-24.
- Silveira, A., & Coutinho, H. (2008). Trabalho Padronizado - A busca por eliminação de desperdícios. *Revista INICIA*, 8-16.
- Singh, R., Gohil, A., Shah, D., & Desai, S. (2013). Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. *Chemical, Civil and Mechanical Engineering Tracks of 3rd Nirma University International Conference on Engineering*. 51, pp. 592-599. Ahmedabad: Elsevier, Ltd. doi:10.1016/j.proeng.2013.01.084
- Sobek II, D., & Jimmerson, C. (2004). A3 reports: tool for process improvement. *IIE Annual Conference. Proceeding (p.1)*. Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE).
- Stefanovic, S., Kiss, I., Stanojevic, D., & Janjic, N. (2014). Analysis of technological process of cutting logs using Ishikawa diagram. *Acta Technica Cornviensis-Bulletin of Engineering*, 93-96.
- Stuart, I., & Boyle, T. (2007). Advancing the adoption of Lean in canadian SMEs. *Ivey Business Journal*, 71(3), 1-5.

- Summers, D. (2011). *Lean Six Sigma: process improvement tools and techniques*. Boston: Pearson Prentice Hall.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean - Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua* (1ª ed.). Mansores: LeanOp Press.
- Tapping, D., & Shucker, T. (2003). *Value Stream Management for the Lean Office - 8 steps to planning and sustaining Lean improvements in Administrative Areas*. Nova Iorque: Productivity Press.
- White, S. (2004). *Introduction to BPMN*. IBM Corporation.
- Wilson, C. (2013). *Brainstorming and beyond: a user-centered design method*. Massachusetts, USA: Morgan Kaufmann.
- Wilson, L. (2010). *How to implement Lean Manufacturing*. Nova Iorque: McGraw-Hill.
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in your Corporation* (2ª ed.). Nova Iorque: Free Press.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (2007). *The Machine that changed the World - The Story of Lean Production* (2ª ed.). Nova Iorque: Free Press.

Anexos

Anexo I

Tabela A.1 - Tabela de conversão para a escala Sigma

Escala Sigma	<i>DPMO</i>	Escala Sigma	<i>DPMO</i>	Escala Sigma	<i>DPMO</i>	Escala Sigma	<i>DPMO</i>	Escala Sigma	<i>DPMO</i>
0,00	933193	1,20	617911	2,40	184060	3,60	17864	4,80	483
0,05	926471	1,25	598706	2,45	171056	3,65	15778	4,85	404
0,10	919243	1,30	579260	2,50	158655	3,70	13903	4,90	337
0,15	911492	1,35	559618	2,55	146859	3,75	12224	4,95	280
0,20	903200	1,40	539828	2,60	135666	3,80	10724	5,00	233
0,25	894350	1,45	519939	2,65	125072	3,85	9387	5,05	193
0,30	884930	1,50	500000	2,70	115070	3,90	8198	5,10	159
0,35	874928	1,55	480061	2,75	105650	3,95	7143	5,15	131
0,40	864334	1,60	460172	2,80	96800	4,00	6210	5,20	108
0,45	853141	1,65	440382	2,85	88508	4,05	5386	5,25	88
0,50	841345	1,70	420740	2,90	80757	4,10	4661	5,30	72
0,55	828944	1,75	401294	2,95	73529	4,15	4025	5,35	59
0,60	815940	1,80	382089	3,00	66807	4,20	3467	5,40	48
0,65	802337	1,85	363169	3,05	60571	4,25	2980	5,45	39
0,70	788145	1,90	344578	3,10	54799	4,30	2555	5,50	32
0,75	773373	1,95	326355	3,15	49471	4,35	2186	5,55	26
0,80	758036	2,00	308538	3,20	44565	4,40	1866	5,60	21
0,85	742154	2,05	291160	3,25	40059	4,45	1589	5,65	17
0,90	725747	2,10	274253	3,30	35930	4,50	1350	5,70	13
0,95	708840	2,15	257846	3,35	32157	4,55	1144	5,75	11
1,00	691462	2,20	241964	3,40	28717	4,60	968	5,80	9
1,05	673645	2,25	226627	3,45	25588	4,65	816	5,85	7
1,10	655422	2,30	211855	3,50	22750	4,70	687	5,90	5
1,15	636831	2,35	197663	3,55	20182	4,75	577	5,95	4
								6,00	3