



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Aplicação da Six Sigma Maintenance Scorecard a uma Unidade Fabril do Sector Agroalimentar

António Jorge Inácio dos Santos Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica
(2º ciclo de estudos)

Orientadores: Prof. Doutor Carlos Manuel Pereira Cabrita
Mestre Carlos Manuel Antunes Fernandes

Covilhã, Outubro de 2013

Agradecimentos

Quero deixar o meu agradecimento ao Professor C. Pereira Cabrita, orientador deste projecto, por todo o seu apoio, disponibilidade e partilha de conhecimento.

Agradeço ao Mestre Carlos Fernandes por toda a sua orientação e dedicação ao meu objectivo, esta dissertação, estando sempre disponível e empenhado.

Á unidade fabril da Frulact da Covilhã, mais propriamente ao Departamento de Manutenção pela disponibilização dos meios para a realização desta dissertação.

Ao Departamento de Engenharia da Faculdade da Engenharia da Universidade da Beira Interior, por oferecer as condições para levar a cabo este trabalho.

Quero agradecer aos meus pais Francisco e Leopoldina pelo seu apoio e por me proporcionarem condições para seguir o meu percurso académico.

Agradeço aos meus irmãos Carlos e Fernando por toda a ajuda que me prestaram ao longo da minha vida e nesta etapa em especial.

Á minha esposa Marília por estar sempre a meu lado nas horas difíceis e pelo seu apoio.

Resumo

A presente dissertação propõe-se descrever o processo de implementação da metodologia de Manutenção Seis Sigma e sua complementaridade com o modelo TPM, a uma unidade fabril do sector agroalimentar, sector que cada vez mais se afirma no mercado com criação de riqueza para a economia nacional e internacional, evidenciando-se assim a necessidade de optimização da Função Produção para a qual contribui de forma directa a Manutenção dos equipamentos.

Para avaliação da Função Manutenção da empresa aplicou-se a adaptação proposta da ferramenta de cálculo do nível Seis Sigma para o desempenho económico das organizações, as Cartas de Desempenho de Negócios Seis Sigma para as Cartas de Desempenho da Manutenção Seis Sigma e sua correcção através do cálculo do factor de correcção. Para tal segue-se a metodologia de equivalência dos níveis Seis Sigma com os respectivos números de defeitos por milhão de oportunidades na distribuição normal.

Obtiveram-se assim os níveis Seis Sigma, para o ano de 2012 e primeiro semestre de 2013 relativos ao desempenho do Departamento de Manutenção da Frulact. Permite-nos assim construir uma análise crítica, onde se verificam as necessidades de melhoria e propostas para eliminação dos principais problemas.

Palavras-chave

TPM, Seis Sigma, Nível Seis Sigma, Defeitos por Milhão de Oportunidades, Manutenção Industrial Seis Sigma, Cartas de Desempenho de Negócios Seis Sigma, Cartas de Desempenho de Manutenção Seis Sigma.

Abstract

This thesis aims to describe the implementation process of the Six Sigma methodology Maintenance and its complementarity with the TPM model, a plant of the agrifood sector, a sector that increasingly claims the market with the creation of wealth for the national economy and internationally, thus demonstrating the need for optimization of the Production Function for which contributes directly to equipment maintenance.

To evaluate the function Maintenance in the Company applied the proposed adaptation of the tool to calculate the level Six Sigma for the economic performance of organizations, the Six Sigma Business Scorecard for Six Sigma Maintenance Scorecard and its correction by calculation of the correction factor. To that follows the methodology Six Sigma equivalent levels with respective numbers of defects per million opportunities to the normal distribution.

We obtained the Six Sigma levels for the year 2012 and the first half of 2013 relative to the performance of the Maintenance Department of Frulact. This allows us to build a critical analysis, which is where the improvement needs and proposals to eliminate major problems.

Keywords

TPM, Six Sigma, Six Sigma Level, Defects per Million Opportunities, Industrial Maintenance Six Sigma, Six Sigma Business Scorecard, Six Sigma Maintenance Scorecard.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Acrónimos	xv

Parte 1

Apresentação da Empresa e Actividade do Candidato

1.1.	Introdução	1
1.2.	Empresa	2
1.2.1.	História	2
1.2.2.	Política de Sustentabilidade e Responsabilidade Social	4
1.2.3.	Produtos	5
1.2.4.	Manual de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar	7
1.2.5.	Representante da Gestão de Topo	8
1.2.6.	Normas de Referência	9
1.2.7.	Segurança Alimentar	9
1.2.8.	Organigrama da Empresa	12
1.2.9.	Processo Produtivo	14
1.3.	Actividade Prestada na Empresa pelo Candidato	15

Parte 2

Revisão Bibliográfica

2.1.	Conceitos de Manutenção Industrial	22
2.1.1.	Políticas de Manutenção	23
2.1.2.	Modelo RCM - Manutenção Centrada na Fiabilidade	24
2.1.3.	Origem do Total Productive Maintenance (TPM)	26
2.1.4.	Os 5 S	28
2.1.5.	Pilares de Sustentabilidade do TPM	29
2.1.6.	Importância do TPM na Indústria	31
2.1.7.	A Manutenção Produtiva Total e o Seis Sigma	34
2.1.8.	Produção Magra	35
2.1.9.	Seis Sigma	37
2.1.10.	Custos de Má Qualidade	40
2.1.11.	Implementação	40

2.1.12.	Conceitos e Definições de DPU, DPO e DPMO	47
2.1.13.	Manutenção Industrial Magra	51
2.1.14.	Seis Sigma Magra	54
2.1.15.	Carta de Registo de Negócios Seis Sigma	59
2.2.	Determinação do Nível Seis Sigma	61
2.2.1.	Cartas de Registo de Manutenção Seis Sigma - SSMS	70
2.2.2.	Determinação do Nível Seis Sigma - SSMS	75
2.1.3.	Correcção do Nível Seis Sigma	77
Parte 3		
Departamento de Manutenção da Frulact - Covilhã		
3.1.	O Modelo de Manutenção	79
3.2.	Recursos Humanos do Departamento	80
3.3.	Gestão do Departamento de Manutenção	82
3.4.	Gestão da Manutenção Assistida por Computador	83
3.5.	Execução do Modelo de Manutenção	87
Parte 4		
Determinação do Nível Seis Sigma da Frulact - Covilhã		
4.1.	Determinação do Nível Seis Sigma da Frulact - Covilhã	91
4.1.1.	Indicadores	91
4.1.2.	Definição dos Pesos e Desempenho de Cada Indicador	92
4.1.3.	Correcção do Nível Seis Sigma	94
4.2.	Cálculo do Nível Seis Sigma	95
Parte 5		
Conclusões Finais		
5.1.	Análise dos Resultados Obtidos do Método - SSMS	96
5.1.1.	Sugestões para Melhoria dos Indicadores	98
5.2.	Generalidades	99
5.3.	Recomendações para Trabalhos Futuros	99
Referências Bibliográficas		101
Anexo A - Folhas de Registo de Intervenções		107
Anexo B - Caderno de Encargos		110

Lista de Figuras

Parte 1

Apresentação da Empresa e Actividade do Candidato

Figura 1.1	Vista geral da empresa.	2
Figura 1.2	Organigrama da fábrica da Covilhã.	12
Figura 1.3	Organigrama do grupo Frulact.	13
Figura 1.4	Descrição do processo produtivo.	14
Figura 1.5	Condensadores evaporativos das unidades de compressão de NH ₃ na Frulact da Covilhã.	19
Figura 1.6	Grupo de compressores alternativos e separadores de NH ₃ da fábrica da Covilhã.	20
Figura 1.7	Grupo de compressores alternativos e separadores de NH ₃ da Frulact da Covilhã, Ponte Pedrinha.	20
Figura 1.8	Compressor de parafuso de NH ₃ da Frulact da Covilhã.	21

Parte 2

Revisão Bibliográfica

Figura 2.1	Evolução do modelo TPM.	27
Figura 2.2	Custos de manutenção preventiva e de falhas de equipamentos em função do nível de manutenção.	31
Figura 2.3	O segredo do sucesso do Seis Sigma.	47
Figura 2.4	Cadeia de realização de operações de manutenção.	53
Figura 2.5	Evolução paralela das filosofias Magra e Seis Sigma.	55

Parte 3

Departamento de Manutenção da Frulact - Covilhã

Figura 3.1	Organigrama do Departamento de Manutenção da Frulact - Covilhã.	81
Figura 3.2	Tela de entrada no SAP.	84
Figura 3.3	Menus do SAP para o Departamento de Manutenção.	84
Figura 3.4	Transacções dos menus do SAP para o Departamento de Manutenção. Fonte Frulact	85
Figura 3.5	Pedido de Compra/Serviços.	86
Figura 3.6	Fluxograma do plano de acções em caso de falha de equipamentos.	89

Anexo A - Folhas de Registo de Intervenções

Figura A1	Folha de Registo Intervenção Interna.	108
Figura A2	Folha de Registo Intervenção Externa	109

Anexo B - Caderno de Encargos

Figura B1	Caderno de Encargos, página 1.	111
Figura B2	Caderno de Encargos, página 2.	112
Figura B3	Caderno de Encargos, página 3.	113
Figura B4	Caderno de Encargos, página 4.	114
Figura B5	Caderno de Encargos, página 5.	115

Lista de Tabelas

Parte 1

Apresentação da Empresa e Actividade do Candidato

Quadro 1.1	Quadro de riscos de contaminação química em operações de lubrificação.	11
------------	--	----

Parte 2

Revisão Bibliográfica

Quadro 2.1	Correspondência entre os níveis sigma de curto prazo e de longo prazo.	38
Quadro 2.2	Relação entre os níveis Seis Sigma e os custos de má qualidade.	40
Quadro 2.3	Exemplo numérico prático de determinação do nível Seis Sigma para a filosofia <i>Six Sigma Business Scorecard</i> , aplicada a médias e grandes empresas (<i>Business Scorecard</i>)	64
Quadro 2.4	Valores recomendados para os rácios de desempenho dos indicadores medidos (médias e grandes empresas).	65
Quadro 2.5	Correspondência entre os níveis Seis Sigma e os DPMO.	66
Quadro 2.6	Valores limites máximo e mínimo dos DPU_B .	66
Quadro 2.7	Valores limites máximos e mínimos dos níveis Seis Sigma.	67
Quadro 2.8	Valores recomendados para os rácios de desempenho dos indicadores medidos (pequenas empresas).	69
Quadro 2.9	Exemplo numérico prático de determinação do nível Seis Sigma para a filosofia <i>Six Sigma Business Scorecard</i> , aplicada a pequenas empresas (<i>Business Scorecard</i>).	70
Quadro 2.10	Exemplificação do cálculo do factor de correcção.	78

Parte 3

Departamento de Manutenção da Frulact - Covilhã

Quadro 3.1	Número de funcionários por categoria profissional.	82
------------	--	----

Parte 4

Determinação do Nível Seis Sigma da Frulact - Covilhã

Quadro 4.1	Indicadores parciais de desempenho da Função Manutenção, relativos á unidade fabril Frulact da Covilhã.	92
Quadro 4.2	Valores para os rácios efectivos de desempenho dos indicadores medidos.	93
Quadro 4.3	Valores limite, máximos e mínimos, dos DPU , $DPMO$ e factor de correcção.	94
Quadro 4.4	Determinação do nível Seis Sigma para a filosofia Manutenção Seis Sigma (<i>Maintenance Scorecard</i>).	95

Lista de Acrónimos

AAO	–	Alta Administração da Organização
AEO	–	<i>Asset Efficiency Optimization</i> , (Optimizazão da Eficiência dos Activos)
B2B	–	<i>Business to Business</i> , (Negócio para Negócio)
BRC	–	<i>British Retail Consortium</i>
BTS	–	<i>Build to Schedule</i> , (Peças Feitas Segundo o Planeamento);
CCP	–	<i>Cost per Piece</i> , (Custo por Peça);
CFC's	–	Clorofluorcarbono
COPQ	–	<i>Costs Of Poor Quality</i> , (Custos de má qualidade)
COTEC	–	Associação Empresarial para a Inovação
Cp	–	Capabilidade dos Processos
DFSS	–	<i>Design For Six Sigma</i>
DMADV	–	<i>Define, Measure, Analyze, Design and Verify</i> , (Definir, Medir, Analisar, Desenvolver e Verificar)
DMAIC	–	<i>Define, Measure, Analyze, Improve and Control</i> , (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar)
Do	–	Disponibilidade Operacional dos Equipamentos
DPM	–	Defeitos por Milhão
DPMO	–	Defeitos por Milhão de Oportunidades
DPO	–	Defeitos por Oportunidade
DPU	–	Defeitos Por Unidade
EBAR	–	Estação de Bombagem de Águas Residuais
EGE	–	Eficiência Global dos Equipamentos
EN	–	<i>European Norm</i> , (Norma Europeia)
ETAR's;	–	Estação de Águas Residuais
ETARI's	–	Estação de Águas Residuais Industriais
EUA	–	Estados Unidos da América
FMEA	–	<i>Failure Mode Effects and Analysis</i> , (Análise do Modo e Efeito das Avarias)
FMECA	–	<i>Failure Mode Effects and Criticality Analysis</i> , (Análise do Modo e Efeito das Avarias e Criticidade)
GBP	–	<i>Granger Bouguet Pau</i>
GMAC	–	Gestão da Manutenção Assistida por Computador
HACCP	–	<i>Hazard Analysis and Critical Control Points</i> , (Análise dos Perigos e Pontos Críticos de Controlo)
IDI	–	Investigação, Desenvolvimento, Inovação
IDM	–	Índice de Desempenho da Manutenção
IDMP	–	Índices de Desempenho da Manutenção Parciais

IDN	– Índice de Desempenho de Negócios
IDNP	– Índices de Desempenho de Negócios Parciais
I&D	– Investigação e Desenvolvimento
IEP	– Índice de Efectivos de Pessoal
IQS	– Índice de Qualidade do Serviço
ISO	– <i>International Organization for Standardization</i> , (Organização Internacional de Standardização)
ITA	– Índice Técnico de Actividade
ITE	– Índice de Trabalho Extraordinário
ITS	– Índice de Trabalho Subcontratado
IVP	– Índice do Volume de Produção
JIPM	– <i>Japanese Institute of Plant Maintenance</i>
JIT	– <i>Just-In-Time</i>
LSL	– <i>Lower Specification Limit</i> , (Limite Inferior da Especificação),
MDT	– <i>Mean Maintenance Down Time</i> , (Tempo ou Duração Média das Acções de Manutenção)
MTBF	– <i>Mean Time Between Failures</i> , (Tempo Médio Entre Falhas)
MTBM	– <i>Mean Time Between Maintenance</i> , (Tempo Médio Entre Acções de Manutenção)
MTTR	– <i>Mean Time To Repair</i> , (Tempo Médio entre Reparações);
NP	– Norma Portuguesa
NPR	– Número da Prioridade do Risco
OEE	– <i>Overall Equipment Effectiveness</i> , (Eficiência dos Equipamentos)
PCC	– Ponto Crítico de Controlo
PM	– Manutenção Preventiva
PSD	– Produto sem Defeito
PTF	– Produto Total Fabricado
QASA	– Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar
RAMS	– <i>Reliability, Availability, Maintainability, Security</i> , (Fiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade, Segurança)
RCFA	– <i>Root Cause Failure Analysis</i> , (Análise das Causas Raízes das Avarias)
RCM	– <i>Reliability Centered Maintenance</i> , (Manutenção Centrada na Fiabilidade)
RTY	– <i>Rolled Throughput Yield</i>
SAP	– <i>Systems, Application, and Products in Data Processing</i> , (Sistemas, Aplicação e Productos em Processamento de Dados)
SGIDI	– Sistema de Gestão da Investigação, Desenvolvimento e Inovação
SGQASA	– Sistema de Gestão da Qualidade Ambiente e Segurança Alimentar
SHARP	– <i>Safety & Health Assessment & Review Process</i> , (Avaliação da Segurança e da Saúde e Revisão do Processo)

SPICE	–	<i>Software Process Improvement and Capability Determination</i> , (Software de Desenvolvimento de Processo e Determinação da Capabilidade)
SSBS	–	<i>Six Sigma Business Scorecard</i> , (Carta de Registo de Negócios Seis Sigma)
SSMS	–	Cartas de registo de Manutenção Seis Sigma
TIG	–	<i>Tungsten Inert Gás</i>
TOL	–	Taxa de Operação Líquida
TPM	–	Manutenção Produtiva Total
TPS	–	<i>Toyota Production System</i>
T _q	–	Taxa de Qualidade dos Produtos Fabricados
TQC	–	<i>Total Quality Control</i> , (Controlo Total de Qualidade)
TRS	–	Taxa de Rendimento Sintética
TRS	–	Taxa de Rendimento Sintética dos Equipamentos
TVO	–	Taxa da Velocidade Operacional
UBI	–	Universidade da Beira Interior
USL	–	<i>Upper Specification Limit</i> , (Limite Superior da Especificação).
UTAN	–	Unidade de Tratamento de Ar Novo

Parte 1

Apresentação da Empresa e Actividade do Candidato

1.1.Introdução

A necessidade de processos cada vez mais eficientes e otimizados, atualmente muito destacado pelo termo competitividade, com vista à obtenção de produtos e prestação de serviços de forma a responder às especificações dos agentes económicos, exigem a adopção de métodos eficazes de melhoria contínua dentro das organizações ou seja a adopção de modelos de gestão. A indústria agroalimentar é um exemplo, nos últimos tempos, esta indústria através essencialmente da automação dos processos e da inovação tem vindo a ganhar terreno a nível das exportações, sendo um mercado em franco desenvolvimento, sector que se torna assim atractivo para a aposta e o desenvolvimento de forma sustentada da agricultura, o Sector Primário tem sido muito “esquecido” ao longo dos últimos anos.

Trata-se de uma indústria recente que antigamente assentava na utilização massiva de mão-de-obra e com pouco envolvimento tecnológico, assim as empresas do ramo desenvolvem-se de forma autónoma e consoante as suas necessidades de projectos para automação e optimização dos processos, o que implica uma relação estreita com organizações de metalomecânica e automação.

Contudo em salvaguarda á concorrência são empresas que não tornam públicos os seus projectos e processos, tornando-se por outro lado organizações fechadas que tentam pelos próprios meios desenvolver-se tornando também mais difícil a “entrada” de tecnologias mais avançadas.

A *Lean Production* e o *Six Sigma* são dois sistemas que, apesar de assentarem em princípios distintos, possuem características comuns e possuem metas semelhantes, tais como: a redução de custos de produção, a melhoria contínua do processo e o aumento da qualidade até se atingir uma produção virtualmente sem defeitos. Os dois sistemas têm dominado individualmente as tendências da indústria nos últimos 15 anos e recentemente, multinacionais como a *General Electric*, *Xerox* ou *Colgate-Palmolive* têm utilizado as duas metodologias em conjunto, sob a denominação *Lean Six Sigma*, com um elevado grau de sucesso [51]. Algumas destas ferramentas foram já utilizadas, com resultados bastante positivos, na reestruturação da globalidade das organizações bem como em apenas um departamento específico. O presente estudo foca-se na implementação destas metodologias ao Departamento de Manutenção da Unidade Fabril da Frulact na Covilhã.

A escolha do tema justifica-se pelo interesse suscitado no autor pelo impacto e importância que possuem os processos da Manutenção na organização. Eles, em conjunto com a Produção, são o “core” das empresas e o facto de se poder actuar sobre eles com vista ao seu bom desempenho foi um dos factores determinantes para o desenvolvimento do presente trabalho. A utilização da metodologia *Six Sigma Maintenance Scorecards* como mote principal do trabalho, deve-se ao facto de com esta poderosa ferramenta conseguir calcular o nível Seis Sigma no Departamento de Manutenção e com a análise dos indicadores obter um resultado crítico para a implementação de melhorias, o que directamente irá reflectir ganhos para a empresa bem como um contributo para a sua aplicação no tecido empresarial.

1.2. Empresa



Figura 1.1 - Vista geral da empresa. (Fonte: Autor)

1.2.1. História

A Frulact S.A. é um grupo empresarial familiar com sede na Maia, onde nasceu em 1987 como resultado dos anos de experiência dos seus mentores na indústria de tecnologias das actividades de transformação de frutas e de produtos lácteos. Esta empresa é o resultado da visão estratégica e espírito empreendedor do seu fundador pelo que eclodiu do zero e foi evoluindo pelo *know-how* criado e pela constante necessidade de inovação, desde o fabrico até à comercialização, com especial destaque para a investigação e desenvolvimento de produtos e de processos industriais.

A unidade fabril em estudo, que actua no sector agroalimentar, foi fundada em 2006 e situa-se no Parque Industrial do Tortosendo - Covilhã, estrategicamente localizada próxima de zonas de elevada produção frutícola. Actualmente esta unidade em conjunto com a do Ferro - Ponte Pedrinha totaliza uma área coberta de 19.000 m² e emprega 100 colaboradores directos e 30 indirectos.

A história do grupo tem início, como já referimos, em 1986, expandiu-se da Maia para a Covilhã em 1998, com uma nova unidade fabril localizada no Ferro. No ano de 1999 instala-se em Marrocos para servir uma fileira de indústrias do sector alimentar e o mercado de grande consumo. Em 2000, continuando o seu processo de expansão, chega à Tunísia com a instalação de uma nova fábrica, que serve de plataforma de aprovisionamento dos mercados do Norte de África e Médio Oriente.

Como prova da aposta no desenvolvimento do grupo Frulact, em 2006 dá-se o início da laboração da nova fábrica em Tortosendo/ Covilhã, e faz-se a aquisição de uma empresa francesa do sector a GBP (*Granger Bouguet Pau*). Com esta aquisição dá-se mais um passo na conquista da Europa e reforça-se a estratégia de proximidade aos clientes, no segundo maior mercado europeu do seu core-business.

Em 2007/08 aumenta a sua posição no Norte de África e no Médio Oriente com a instalação de uma unidade fabril na Argélia e outra em Marrocos, ficando ainda o ano marcado com a integração do Grupo na rede COTEC (Associação Empresarial para a Inovação), bem como pela atribuição pela mesma entidade do Prémio Inovação 2007.

Em 2009/10 a Frulact continua a apostar a sua presença nos mercados Francês e Europeu, aproveitando as oportunidades para o crescimento orgânico e por via das condições de mercado e do esforço de competitividade que se exige atualmente a todos os *players*.

Em 2012/13 o grupo faz mais uma aposta no continente africano, em Pretória, África do Sul, passando assim a dominar a parte sul deste continente e por conseguinte a ter o total domínio deste mercado na região. Além disso, conquista actualmente a posição de líder ibérico em preparados à base de fruta para a indústria alimentar.

A Frulact tem em fase final a concretização um projecto, que servirá de alavanca à otimização dos investimentos realizados ao longo de vários anos em termos de Inovação e Tecnologia para a prossecução dos objetivos que acarinha particularmente: A sustentabilidade e a melhoria contínua do serviço ao cliente, o *Inova-Fruit*.

A Frulact tem-se destacado no plano da inovação, possuindo para isso um centro de investigação, desenvolvimento e inovação (IDI) designado *Frutech* onde se implementa o Sistema de Gestão da Investigação, Desenvolvimento e Inovação (SGIDI), onde faz uma grande aposta em conjunto com algumas das instituições prestigiadas do ensino português.

O âmbito do Sistema de Gestão da Investigação, Desenvolvimento e Inovação (SGIDI) para as normas NP4456:2007 e NP4457:2007, é: “*Investigação, Desenvolvimento e Inovação orientada para ingredientes da indústria alimentar e para bens alimentares*”.

Os locais da Frulact abrangidos pelo âmbito do SGIDI são:

- Unidade da Maia (Porto, Portugal): Serviços centrais, actividades de investigação e desenvolvimento do grupo e produção de pequenas unidades;
- Unidade de Tortosendo (Covilhã, Portugal): Unidade de produção;
- Unidade do Ferro (Covilhã, Portugal): Unidade de produção;

Trata-se de uma organização empresarial comprometida com os valores e os princípios fundamentais do empreendedorismo sustentável e da responsabilidade social, partilhados com todos os que consigo se relacionam, incorporados na sua gestão quotidiana e focalizados na satisfação das mais justas expectativas de todos os intervenientes.

1.2.2. Política de Sustentabilidade e Responsabilidade Social

A Frulact define os seguintes pilares para promover a sua sustentabilidade e para socialmente ser responsável:

- **Aprovisionamento responsável:** Distinguem-se fornecedores que partilhem valores de sustentabilidade e responsabilidade social, amigos do ambiente, que incorporem valor e utilidade no ciclo de vida dos produtos para uma maior sustentabilidade da cadeia de aprovisionamentos. Promove-se a certificação das origens e o comércio justo.
- **Nutrição:** Apoiados na investigação, desenvolvimento e inovação da organização, no cumprimento dos requisitos legais, segue objectivos claros e inegociáveis de produzir alimentos seguros e saudáveis, com os melhores valores nutricionais que as matérias-primas oferecem, conciliando-os com a satisfação organoléptica dos consumidores.
- **Saúde e segurança:** Promove-se a saúde, a higiene e a segurança no trabalho, implementando programas de prevenção, acompanhamento médico, formação e sensibilização no local de trabalho, contribuindo para o bem-estar dos funcionários. A segurança alimentar dos produtos produzidos é um pilar da sua actividade, preservando a saúde do consumidor final.
- **Pessoas:** Sustenta-se numa selecção, recrutamento e contratualização criteriosos de acordo com os requisitos legais. Implementa acções e condições de trabalho favoráveis para motivar todo o efectivo, reforçar a responsabilidade individual e colectiva, a ética, o trabalho justo e digno. São dadas oportunidades aos colaboradores e líderes para se desenvolverem social e profissionalmente, resultando em valor acrescentado para a organização. Apoia a educação e a formação ao longo da vida, a conciliação com a vida familiar. Visa o reconhecimento público enquanto empresa com o melhor ambiente de trabalho sustentável.

- **Comunidade:** Incorpora e respeita as culturas, hábitos e costumes locais em todas as práticas dos negócios, apoia organizações locais e nacionais para melhor qualidade de vida e ambiental, com ênfase na educação e na solidariedade humana, contribuindo positivamente para o desenvolvimento sustentável nas comunidades onde está.
- **Recursos - Água e Energias:** Promove o controlo e a redução dos consumos, investindo em função das mais adequadas e/ou melhores tecnologias disponíveis. Segue objectivos ambiciosos na diminuição das emissões de CFC's.
- **Gestão de resíduos:** Reduzir, reutilizar e reciclar são norteadores da prática quotidiana. Promovem-se acções que visem eliminar ou reduzir os impactos das actividades industriais de transformação. Assume que o resíduo é valorizável enquanto recurso, sendo que a organização procura desenvolver acções e parcerias nesse sentido.
- **Crescimento económico e rentabilidade sustentados:** Providencia uma estratégia e gestão adequadas dos investimentos e do risco, com partilha equilibrada das cadeias de valor com os agentes económicos que se inter-relacionam, assentes em elevados padrões de operacionalidade, para o retorno do capital investido e constituição de adequadas reservas para o autofinanciamento durável e equilibrado, com libertação da melhor remuneração possível e permanente dos *stakeholders*. Adopta políticas financeiras de reforço de segurança dos capitais investidos, independentemente das naturezas da sua titularidade.

1.2.3. Produtos

Actualmente a Frulact produz as variedades de produtos para as indústrias e consumidores finais descritas abaixo.

Os produtos referenciados são os que se encontram no âmbito do SGQASA (Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar).

Lácteos

Poucos são os mercados em que a evolução se ajustou ao nível da inovação e do dinamismo como o dos produtos lácteos. Através da introdução de novos conceitos, atingindo posicionamentos inovadores, esta empresa tenta atingir novos segmentos de mercado e desenvolver, com êxito, novas tendências.

A Frulact dispõe de uma equipa com espírito criativo, irreverente e inovador, habituada a grandes desafios, pronta a responder em tempo útil às solicitações e necessidades dos seus clientes.

Gama de produtos:

- Preparados à base de fruta, açucarados e edulcorados;
- Preparados à base de puré de fruta, açucarados e edulcorados;
- Preparados à base de legumes;
- Incorporação de ingredientes funcionais;
- Incorporação de cereais e frutos secos;
- Incorporação de extractos vegetais.

Gelados

Criatividade, dinamismo e irreverência caracterizam o mercado dos gelados. Novos conceitos de produtos são orientados pela necessidade crescente de identificar novas tendências de mercado.

A aptidão a prever essas tendências faz com que a Frulact seja um parceiro reconhecido pelas indústrias de gelados.

Nesse sentido, a Frulact propõe conceitos orientados para o mercado, à medida dos desafios lançados, contribuindo de forma decisiva para o sucesso dos seus Clientes.

Gama de Produtos:

- *Toppings* com pedaços de fruta;
- *Toppings* com puré de fruta;
- Preparados com pedaços de fruta;
- Preparados com puré de fruta.

Bebidas

Funcionalidade, frescura, saúde, prazer e diversidade são definitivamente critérios de eleição do mercado das bebidas não alcoolizadas.

A Frulact está preparada para, conjuntamente com a sua equipa de I&D (Investigação e Desenvolvimento), desenvolver conceitos e formulações, com o objectivo de responder com sucesso às necessidades dos clientes.

Gama de produtos:

- *Blends* para refrigerantes;
- Preparados de fruta para bebidas à base de sumo;
- Puré para néctares;
- Extractos aromatizados;
- Bebidas à base de sumo e/ou polpa de fruta.

Pastelaria Industrial

Para a Frulact, inovar é responder com êxito a uma ideia e a uma necessidade, oferecendo preparados de fruta à medida das exigências dos clientes neste sector.

Transpor "a arte do Pasteleiro" para produtos inovadores e diferenciados é o desafio que lançam os clientes.

A equipa de I&D da Frulact, profunda conhecedora da actividade, está preparada para, mais uma vez, conjugar domínio tecnológico com o *know-how* adquirido e cujo objectivo central consiste em propor soluções eficazes e inovadoras à medida do sucesso dos seus clientes.

Gama de produtos:

- Preparados de pedaços de fruta;
- Preparados de puré de fruta.

Doces

No sentido de responder à procura do mercado, a Frulact desenvolveu um projecto de doces e doces extra; sinal da orientação da Frulact e dos seus quadros a novos desafios, em parceria com os clientes.

Gama de produtos:

- Unidoses;
- Doces;
- Doces extra.

Sobremesas

Com vista a apresentar uma oferta de produtos direccionada ao fim das refeições, pequenos-almoços e pausas entre refeições, a Frulact desenvolve produtos onde o ingrediente fundamental e central é a fruta e onde procura oferecer produtos com sabor, textura e aspecto agradáveis para cada ocasião, sem recorrer a teores de açúcar altos ou demasiados aditivos.

Gama de produtos:

- Compotas.

1.2.4. Manual de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar

Pela necessidade de cumprir os requisitos de qualidade, ambiente e segurança alimentar foi criado um manual onde a sigla SGQASA (Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar) tem origem.

O âmbito do Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar, para as normas NP EN ISO 9001:2008 e NP EN ISO14001:2012 é: "*Concepção, Desenvolvimento,*

Produção e Comercialização de Ingredientes para a Indústria Alimentar"; para a norma NP EN ISO 22000:2005 é *"Concepção, Desenvolvimento, Produção e Comercialização de Preparados/Doces/Bebidas Termicamente Processados de Frutos, Cereais, Legumes ou uma Mistura destes, e de Ingredientes não Processados Termicamente, para a Indústria Alimentar e Distribuidores"*.

O âmbito do Sistema de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar, para a norma BRC *Global Standard for Food Safety - Issue 6*, é *"Concepção, Desenvolvimento e Produção de Preparados/Ingredientes Processados Termicamente de Frutos, Cereais, Legumes ou uma Mistura destes, para a Indústria Alimentar e Distribuidores"*.

Os produtos / Categorias de Produtos abrangidos pelo SGQASA, encontram-se definidos no ponto 1.2.3. "Produtos".

Os locais da Frulact abrangidos pelo âmbito do SGQASA:

- Unidade da Maia (Porto, Portugal) - Serviços Centrais + Unidade de Produção;
- Unidade de Tortosendo (Covilhã, Portugal) - Unidade de Produção;
- Unidade do Ferro (Covilhã, Portugal) - Unidade de Produção;
- Unidade de APT (França) - Unidade de Produção;
- Unidade de Larache (Marrocos) - Unidade de Produção Unidade *Innovafruits* (Marrocos) - Unidade de Produção;
- Unidade de Pretória (África do Sul).

1.2.5. Representante da Gestão de Topo

O representante da Administração para os assuntos da QASA (Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar) é o Director Geral da Área Industrial, que tem a responsabilidade de assegurar a manutenção e melhoria contínua do SGQASA, reportar à Administração o desempenho do SGQASA e informar quais os recursos necessários para atingir os objectivos definidos pela Administração.

Deve ainda garantir que os *"inputs"* necessários ao cumprimento dos objectivos definidos são comunicados à Administração em tempo útil e manter uma vigilância activa e permanente relativamente à inclusão dos dados necessários à manutenção e melhora contínua do SGQASA. O Representante da gestão tem a responsabilidade de assegurar que os processos necessários para o SGQASA bem como os documentos de suporte são estabelecidos, disponíveis, implementados e mantidos.

Os processos do SGQASA nomeadamente: Concepção e Desenvolvimento, Compras, Comercial, Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar, Planeamento do SGQASA e Recursos Humanos estão centralizados na unidade da Maia.

Para os restantes processos existem gestores nas diferentes unidades, como se poderá observar na figura 1.3.

Os procedimentos abrangidos pelo Sistema da Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar, sendo estes representativos de documentos devidamente referenciados na base de dados da empresa e devidamente autorizados pelo departamento de gestão documental, são os seguintes:

- Gestão Documental;
- Acções Correctivas/Preventivas;
- Tratamento de Não Conformidades;
- Auditorias;
- Concepção e Desenvolvimento;
- Gestão de Recursos Humanos;
- Controlo e Gestão dos Equipamentos de Monitorização e de Medição;
- Compras;
- Tratamento de Reclamações;
- Comunicação;
- Revisão pela Gestão;
- Identificação e Rastreabilidade;
- Notificação e Recolha do Produto;
- Manutenção;
- Logística;
- Resposta a Emergência;
- Procedimento de Compras - Indirectos;
- Gestão de Requisitos Específicos ao Sistema Ambiental;

1.2.6. Normas de Referência

A Frulact é uma empresa que aposta na certificação para consolidar o seu percurso, assim e como anteriormente se verificou, a empresa segue e possui certificação reconhecida pelas seguintes normas:

- NP EN ISO 9001:2008 - Sistema de Gestão da Qualidade. Requisitos;
- NP EN ISO 22000:2005 - Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar;
- BRC *Global Standard for Food Safety - Issue 6*;
- NP EN ISO 14001:2012 - Sistemas de Gestão Ambiental.

1.2.7. Segurança Alimentar

A Segurança Alimentar na Frulact é uma das principais preocupações da organização.

Para o desenvolvimento e implementação de um sistema de Segurança Alimentar, a Frulact

aplicou a metodologia HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Points*), de acordo com a definida nas normas NP EN ISO 22000:2005 e BRC Global Standard for *Food Safety - Issue 6*.

O objectivo do método utilizado é descrever o sistema estabelecido na Frulact para evitar ou minimizar os riscos de contaminação física, química e microbiológica do produto, para o consumidor final, criando assim nos processos de transformação pontos críticos de controlo (PCC) e registos de análises a estes, programadas durante a produção de um determinado produto.

Envolve todas as fases, desde a recepção da matéria-prima até distribuição do produto final, passando pela concepção, desenvolvimento, produção e comercialização. O ar ambiente no interior da unidade fabril é tratado por UTAN's (Unidades de Tratamento de Ar Novo), que introduzem ar tratado no edifício e criando assim um ambiente com pressão positiva para evitar contaminações provenientes do exterior.

Este é também um ponto de elevada importância para os procedimentos de uma intervenção de manutenção, pois a equipa de manutenção constantemente corre o risco de contaminar os equipamentos que funcionam directamente com o produto.

Assim exige-se pelo Departamento de Qualidade ao Departamento de Manutenção que todos os equipamentos estejam em bom estado de conservação. Exista plano de manutenção dos equipamentos actualizados para cada unidade produtiva, com todas as actividades relevantes. Sempre que os equipamentos estejam em manutenção, estes deverão ser correctamente identificados. Todos os colaboradores, devem transmitir ao seu superior hierárquico qualquer informação relativa ao equipamento, que tenham necessidade de manutenção ou reparação. As manutenções demoradas, são realizadas fora das áreas produtivas. Caso não seja possível as zonas ou equipamentos em manutenção são isoladas.

As pessoas que levam a cabo a manutenção têm o cuidado de nunca deixarem ao abandono as ferramentas utilizadas para a manutenção ou reparação do equipamento.

Todos os lubrificantes usados (óleos e massas consistentes), susceptíveis de entrar em contacto com o produto, são de grau alimentar. Todos os pontos de lubrificação do equipamento, susceptíveis de entrar em contacto com o produto estão assinalados.

A Frulact possui declarações de compatibilidade alimentar relativa aos lubrificantes utilizados sempre que aplicável. Do mesmo modo, os produtos químicos existentes em cada Unidade de Produção encontram-se cadastrados, existindo a respectiva Ficha de Segurança do Produto, sempre que possível.

O quadro 1.1, apresenta o risco indicativo dos equipamentos susceptíveis de contaminação química por lubrificação, representativo de um quadro de criticidade.

Localização	Equipamento	Caracterização das zonas			Periodicidade Definida	Comentários
		Baixo Risco	Médio Risco	Alto Risco		
Linha A	Marmita		x		Semanal	Zonas de contacto com produtos alimentares, lubrificantes tipo H1
Linha A	Elevador das tinas	x			Mensal	Não está relacionado com o processo
Linha C	Centrais hidráulicas	x			Semanal	Não está relacionado com o processo
Linha C	Elevador das tinas	x			Semestral	Não está relacionado com o processo
Linha D	Thermecs		x		Semanal	Zonas de contacto com produtos alimentares, lubrificantes tipo H1
Linha D	Elevador das tinas	x			Mensal	Não está relacionado com o processo
Sala das frutas	Moinhos Comitrol		x		Mensal	Zonas de contacto com produtos alimentares, lubrificantes tipo H1
Sala das frutas	Cortador Urschel RA		x		Após mudança de corte	Zonas de contacto com produtos alimentares, lubrificantes tipo H1
Sala das frutas	Cortador Urschel DC		x		Após mudança de corte	Zonas de contacto com produtos alimentares, lubrificantes tipo H1
Sala das frutas	Túnel RFSyestem	x			3 meses	Não está relacionado com o processo
Sala das frutas	Tapetes transportadores/ elevadores		x		Mensal	Zonas de contacto com produtos alimentares, lubrificantes tipo H1
Secos	Compressor de Açúcar	x			Semanal	Não está relacionado com o processo
Central frio	Compressores alternativos	x			Mensal	Não está relacionado com o processo
Veículos	Empilhadores, Motas e Porta-paletes	x			Semanal	Não está relacionado com o processo

Quadro 1.1 - Quadro de riscos de contaminação química em operações de lubrificação.

Os produtos foram agrupados em processos, os quais estão organizados numa sequência básica de operações, tendo em conta a compatibilidade dos produtos e as linhas de produção existentes em cada fábrica, neste caso apresenta-se para a fábrica alvo desta dissertação, a fábrica de Tortosendo que atualmente opera com a do Ferro como um todo.

As linhas existentes na unidade fabril de Tortosendo todas possibilitam fazer os mesmos produtos, ao contrário por exemplo da unidade de França onde as linhas têm especificidade, ou seja existem produtos que não podem ser produzidos em determinadas linhas.

1.2.8. Organigrama da Empresa

Como se compreende cada fábrica possui um organigrama próprio, a figura 1.2 é representativa da organização da unidade fabril da Frulact na Covilhã, instalada no parque industrial do Tortosendo e Ponte Pedrinha, funcionando actualmente as duas unidades como uma só.

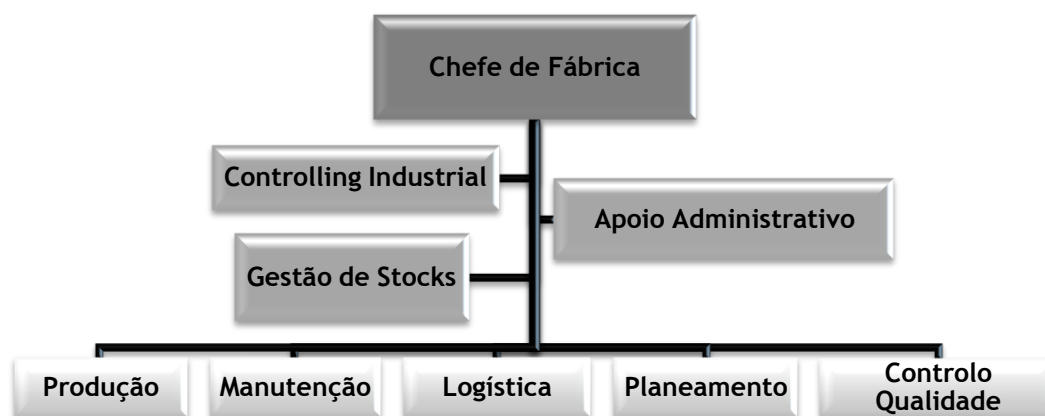


Figura 1.2 - Organigrama da fábrica da Covilhã.

Apresenta-se na figura 1.3 a estrutura organizacional do grupo Frulact.

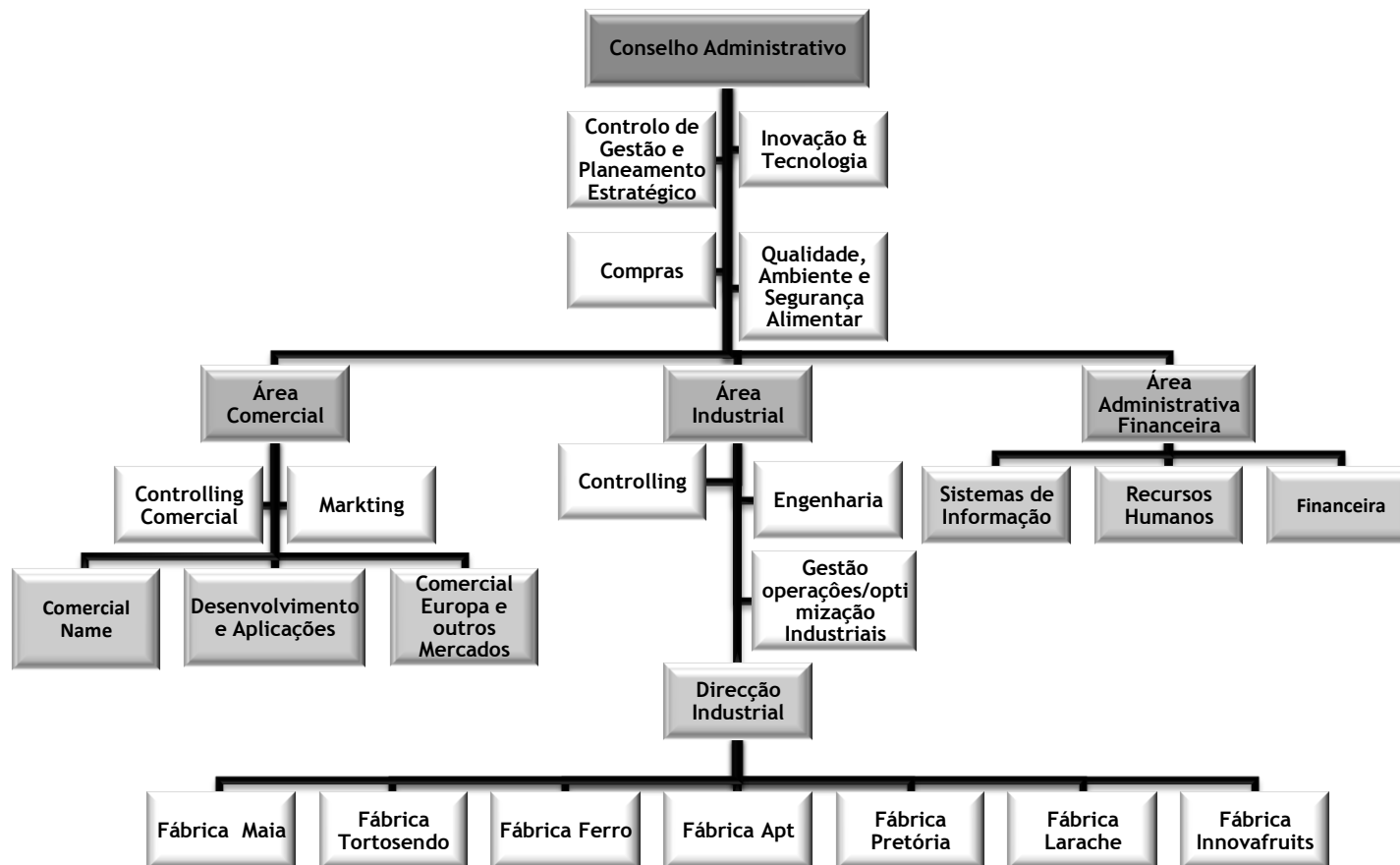


Figura 1.3 - Organograma do grupo Frulact.

1.2.9. Processo Produtivo

A unidade industrial do Tortosendo tem como principal actividade a elaboração de preparados à base de fruta para a indústria alimentar, onde se destacam as indústrias dos lacticínios, da pastelaria industrial, dos gelados e das bebidas. A sua produção é baseada em preparados resultantes de uma primeira e de uma segunda transformação de fruta, processo sintetizado no fluxograma da figura 1.4.

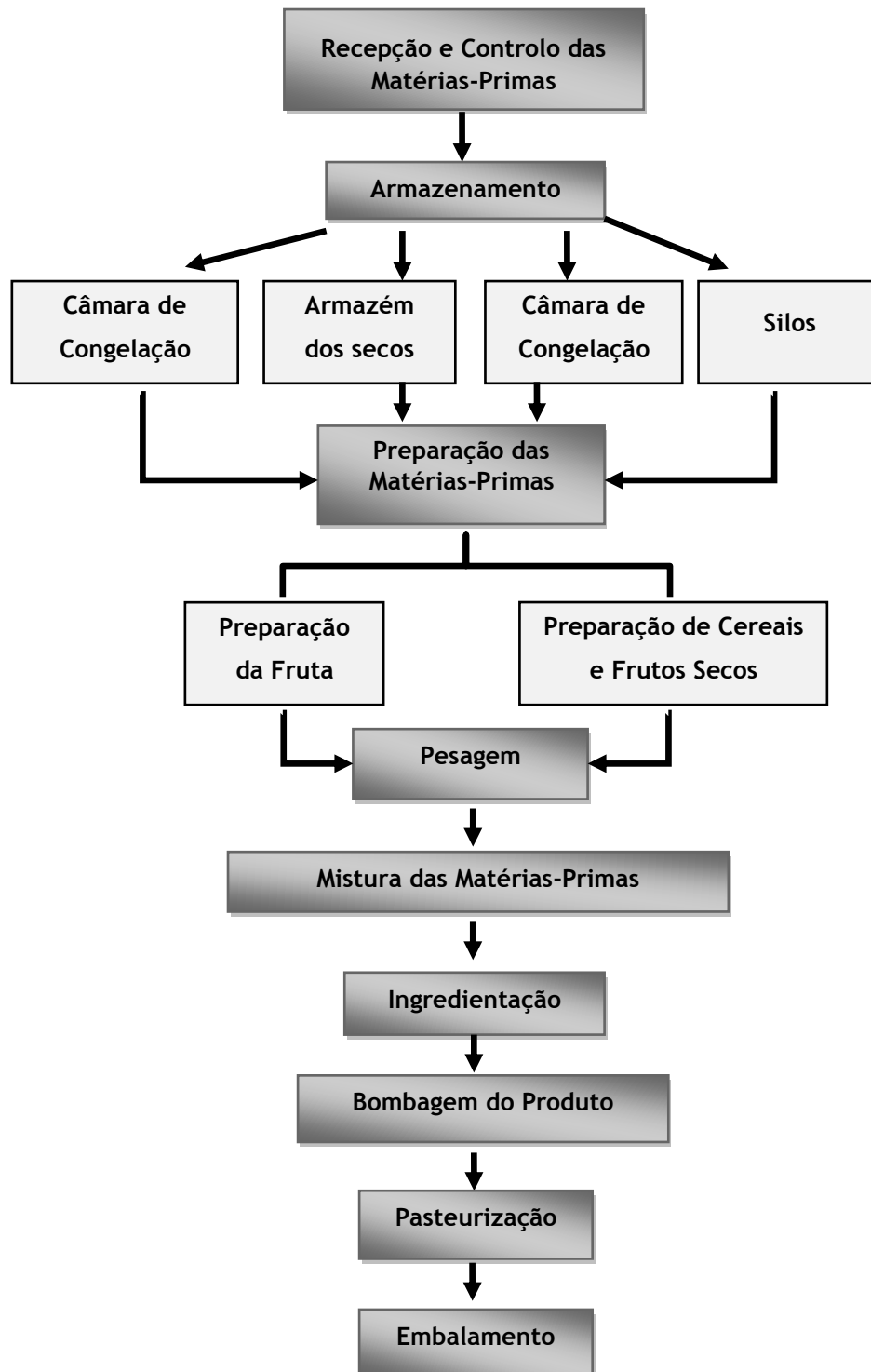


Figura 1.4 - Descrição do processo produtivo

A primeira transformação consiste em receber a fruta fresca e com esta, realizar as operações de lavagem, higienização, corte, pasteurização, congelação entre outras.

A segunda transformação consiste em continuar o processo, após a primeira transformação da fruta, cortá-la em pedaços, transformá-la em polpa, fazer uma combinação com outras e juntando ingredientes, com base numa receita pré-definida.

Os preparados de fruta destinam-se ao consumidor final, entrega no cliente, como é o caso das compotas, marmeladas, concentrados de sumos produzidos na fábrica da Maia, ou para a integração noutros produtos, como é o caso de produtos produzidos noutras fábricas, num modelo *Business to Business* (B2B).

Os produtos foram agrupados em processos, os quais estão organizados numa sequência básica de operações, tendo em conta a compatibilidade dos produtos e as linhas de produção existentes em cada fábrica, neste caso apresenta-se para a fábrica alvo desta dissertação, a fábrica de Tortosendo.

1.3. Actividade Prestada na Empresa pelo Candidato

Esta dissertação resulta como já descrito, em grande parte, da actividade do candidato desempenhada na empresa no Departamento de Manutenção da Frulact.

De uma reflexão de forma mais empírica podemos concluir que a razão de ser da manutenção está em gerar condições operacionais para que equipamentos, instalações e serviços funcionem adequadamente, visando atingir objetivos e metas da empresa atendendo assim, aos clientes, ao mais baixo custo, sem perda de qualidade.

Para que a manutenção possa atingir a produtividade total de forma eficaz e reduzir o número de intervenções, actuando preventivamente, de modo a atender a disponibilidade e fiabilidade operacional dos equipamentos, faz parte das funções do candidato o planeamento nos itens abaixo:

- Controlo de custo por manutenção em equipamento;
- Estrutura de análise de ocorrências e anomalias nos equipamentos;
- Indicadores de desempenho;
- Padronização nos processos da execução de atividades;
- Análise no índice de obsolescência de equipamentos;
- Históricos actualizados dos equipamentos;
- Formação nos procedimentos de higiene e segurança no trabalho;
- Actividade na área de informática dedicada ao histórico e análise da manutenção preventiva ou corretiva dos equipamentos, sendo utilizador do programa de apoio informático GMAC (Gestão da Manutenção Assistida por

Computador) adoptado pela empresa, o SAP (Systems, Application, and Products in Data Processing);

- Circulação das informações internas e externas;
- Evidências objetivas.

A manutenção é a combinação de todas as acções técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um equipamento ou instalação num estado no qual possa desempenhar uma função requerida. A manutenção pode incluir a modificação de um item ou equipamento se necessário, acções melhorativas postas em prática pelo candidato como exemplificaremos mais á frente.

Cabe à manutenção fazer com que o seu cliente (processo produtivo) actue, também, de maneira sistemática para alcançar estes objetivos.

A permanência do equipamento em condições satisfatórias significa vida útil mais longa e, isto só é conseguido através de um sistema adequado e eficiente de manutenção. O gasto com métodos, processos, instrumentos e ferramentas destinadas à manutenção representa um aumento da vida útil do equipamento.

O melhoramento contínuo das práticas de manutenção assim como a redução de custos são resultados da utilização do ciclo da qualidade total como base no processo de gestão.

Segundo a empresa ProfitAbility [51], torna-se cada vez mais aceite pelas empresas que, para o bom desempenho da produção em termos mundiais, o gasto em manutenção deve estar próximo de 2% do valor do activo.

Como referido a Frulact foi-se desenvolvendo pelos seus próprios meios, aquando da certificação pela norma ISO 9001 a empresa teve necessidade de se munir de uma ferramenta de gestão da produção, assim, contratou os serviços externos, a empresa PrifitAbility, Lda [51] para a implementação da metodologia Lean e com este foi adoptado o sistema informático SAP para apoio á gestão, a manutenção “herdou” este também como ferramenta GMAC em que o candidato é utilizador avançado. O *software* permite os preencher seguintes factores básicos de selecção:

- Número de utilizadores simultâneos;
- Funções disponíveis;
- Ambiente de gestão de banco de dados utilizado;
- Relatórios disponíveis;
- Recursos para modificação e/ou criação de novos relatórios;
- Possibilidade de transferência de dados de relatórios para outros aplicativos (tabelas excel, gráficos, processadores de texto, etc.);

- Disponibilidade de campos para serem utilizados conforme definição dos utilizadores;
- Possibilidade de personalização (alteração de nomes de campos, menus, funções, telas, janelas, etc.);
- Gerir *stocks* de material e peças de reposição em armazém, bem como gerar requisições de compra;
- Controlar e gerir serviços subcontratados;
- Base de dados de equipamentos existentes e peças de reposição;
- Registo de intervenções de manutenção bem como tempos destas;
- Elaboração de planos de manutenção preventiva;

O candidato assume a gestão das equipas de trabalho e tendo em consideração os diversos factores que devem ser tomados no desenvolvimento de uma boa prática das políticas de manutenção bem como do modelo de manutenção, atualmente o Lean com as ferramentas TPM (Total Productive Management), que se pretende desenvolver neste trabalho.

Tendo em conta que a visão do Técnico de Engenharia do Departamento de Manutenção, normalmente um elemento com formação técnica, deve ser a mais ampla possível para que possa administrar os atritos entre os seus técnicos, assumindo as interfaces e gerindo equipas multidisciplinares, ter em conta que o departamento deve estabelecer uma definição de funções e finalidades, procurando não se afastar desse traçado, a fim de conseguir manter um quadro de pessoal e recursos condizentes com a dimensão e potencial da fábrica.

Assim resumimos os principais itens a ter em conta na actividade do candidato:

- Efectuar reparações, seleccionar, treinar e qualificar pessoal para assumir responsabilidades de manutenção;
- Acompanhar projectos e montagens de instalações para posteriormente a manutenção poder optimizá-los;
- Manter, reparar e fazer revisão geral de equipamentos e ferramentas, deixando-os sempre em condições operacionais;
- Instalar e reparar equipamentos para atender necessidades da produção;
- Preparar lista de materiais sobressalentes necessários e programar sua conservação;
- Prever com antecedência suficiente a necessidade de material de reposição;
- Separar o tratamento dado a equipamentos e suplentes nacionais dos estrangeiros, no que se refere a prever suas necessidades;
- Nacionalizar o maior número de suplentes ou equipamentos possíveis, dentro dos critérios de menor custo e óptima performance;
- Manter um sistema de controlo de custos de manutenção para cada equipamento em que haja intervenção.

Para que se tenha uma melhor compreensão destas actividades e processos, enumeram-se as áreas de intervenção de manutenção na empresa que candidato pela sua formação académica e profissional conhece, executa e se integra:

- Refrigeração industrial;
- Mecânica geral;
- Electricidade Industrial (média e baixa tensão);
- Eletrotécnica;
- Automação industrial;
- Pneumática;
- Hidráulica;
- Óleo-hidráulica;
- Metalúrgica;
- Metalomecânica;
- Soldadura TIG (Tungsten Inert Gás) com câmara inerte (único processo autorizado na empresa para soldadura em INOX com qualidade alimentar);
- Sistemas de tratamento de água potável;
- EBAR (Estação de Bombagem de Águas Residuais), ETAR's (Estação de Águas Residuais) e ETARI's (Estação de Águas Residuais Industriais);

No contexto das actividades enumeradas, podem-se exemplificar algumas acções já implementadas e algumas em curso:

- Aplicação de sistemas de auto lubrificação em componentes móveis de máquinas sujeitos ao atrito o que permitiu reduzir falhas por esquecimento e tempo de mão-de-obra;
- Estudo e acompanhamento com fornecedores de empanques mecânicos de tungsténio dos pasteurizadores e arrefecedores (Thermecs), altamente dispendiosos, que partiam nos pernos de fixação, esta alteração aumentou em 50% a vida útil destes;
- Automação com sistema de acionamento por variadores de frequência nas centrais de bombagem de água, reduzindo o consumo de electricidade em 15% e eliminação de golpes de aríete na instalação;
- Desenvolvimento de projecto e execução de um sistema de tratamento de água potável com cloro, controlado por sistema de leitura por sondas em sistema hidráulico de *loop* fechado no tanque de abastecimento, para substituir o antigo que injectava directamente cloro na tubagem, não possuindo controlo de concentração nem tempo mínimo de reacção;

- Controlo automático das bombas e níveis nos tanques das estações de bombagem de águas residuais, que anteriormente eram de controlo manual o que levava a queimar bombas por esquecimento dos operadores;
- Cálculo e redimensionamento de sobressores da ETARI, o que permitiu reduzir consumo de electricidade em 20% destes e um retorno de investimento em 1,5 anos;
- Implementação total e de raiz de um plano de manutenção na ETARI;
- Acompanhamento e estudo de projecto de instalação de um reactor térmico para cogeração com combustão de metano proveniente dos resíduos orgânicos da fábrica recolhidos na ETARI do Ferro.
- Redução de pressão de trabalho da instalação de compressão de NH_3 (Amoníaco) o que permitiu redução no consumo de energia, água e redução de esforço e fractura por fadiga das válvulas pilotadas por contrapressão que alimentam os evaporadores em regime inundado, bem como menos horas de funcionamento dos condensadores evaporativos, figura 1.5;



Figura 1.5 - Condensadores evaporativos das unidades de compressão de NH_3 na Frulact da Covilhã. (Fonte: Autor)

A diminuição da pressão de trabalho da instalação de frio mostrou-se de elevada importância para a unidade fabril em questão, pois possui 6000 m^2 de câmaras de congelação a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ e 3000 m^2 em câmaras de refrigeração a $5 \text{ }^\circ\text{C}$, onde são armazenados a matéria-prima e produto acabado. Com uma potência eléctrica instalada que totaliza 1000 KW em compressores alternativos tipo V4 que funcionam com regime de média e alta pressão, ilustrados nas figuras 1.6 e 1.7, para alimentar as câmaras de refrigerados e congelados

respectivamente. A instalação de frio consome 55% da energia consumida pela fábrica. Sendo o controlo de temperaturas para efeitos de HACCP e Controlo de Qualidade muito rigoroso e considerados como Pontos Críticos de Controlo para o Departamento de Qualidade.



Figura 1.6 - Grupo de compressores alternativos e separadores de NH_3 da fábrica da Covilhã.
(Fonte: Autor)



Figura 1.7 - Grupo de compressores alternativos e separadores de NH_3 da Frulact da Covilhã, Ponte Pedrinha. (Fonte: Autor)

Assim é justificada a grande importância em termos de políticas de manutenção da instalação de frio, que assentam essencialmente em Manutenção Preventiva Sistemática e Melhorativa levada a cabo essencialmente por empresas externas. Em termos de consumo de energia com a redução proposta pelo candidato e levada a cabo pelo mesmo, conseguiu-se anualmente, recorrendo a medições de consumo de corrente, provar a diminuição do consumo em 5% o que representa um decréscimo considerável em termos económicos e ambientais.

Verificou-se também, com esta alteração, uma redução do desgaste dos elementos móveis dos compressores, como o exemplo de pistons, mancais, válvulas e buçins, pois com a redução das pressões nas câmaras de compressão reduziram-se as forças exercidas o que se evidenciou nas recentes acções de manutenção sistemática em que os compressores são abertos para revisão geral. Assim pode-se alargar o tempo médio entre acções de manutenção o que vai surtir elevadas poupanças a nível económico e ambiental.

Podemos com o exposto deixar para trabalho futuro uma análise mais aprofundada desta questão, o que pensamos ser um bom tema para desenvolvimento de um projecto de dissertação no âmbito da Refrigeração Industrial e sua Manutenção.

A unidade possui também um túnel de ultracongelação a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ com capacidade para um caudal de 40 Ton/h e que é alimentado por uma unidade de compressão de NH_3 de parafuso com uma potência eléctrica de 250 KW, como se mostra na figura 1.8.



Figura 1.8 - Compressor de parafuso de NH_3 da Frulact da Covilhã. (Fonte: Autor)

Nos processos produtivos onde existem permutadores de arrefecimento com água, em quase todos os processos, pois após a pasteurização é feito um arrefecimento do produto, estes são abastecidos com água fria proveniente de um sistema de permutador de placas em fluxo cruzado de água e glicol, glicol este que é arrefecido num chiller de 30 KW que funciona com gás fluorado R134A.

Parte 2

Revisão Bibliográfica

2.1. Conceitos de Manutenção Industrial

Durante anos foram construídos equipamentos e máquinas sem se ter em consideração, a fiabilidade e a manutibilidade dos mesmos, o que se traduzia invariavelmente por falhas extemporâneas e paragens frequentes das instalações com evidentes custos acrescidos.

A pressão exercida sobre a produção por programas fixados pelos sectores de marketing e vendas, obrigava esta a trabalhar frequentemente sem disponibilizar os equipamentos para as tarefas mínimas de manutenção.

A reparação só era efectuada quando a máquina partia e a avaria se tornava de tal modo grave que não era mais possível dar continuidade à produção através de qualquer acção rápida de reparação, o grau de degradação dos equipamentos atingia tal nível que a reparação obrigava a longas paragens, ou mesmo à substituição parcial ou total do equipamento, provocando elevadas perdas de produção e custos acrescidos de aquisição de novos equipamentos.

De todas as necessidades e com a evolução tecnológica desde a revolução industrial a manutenção tem cada vez mais fortificado a sua posição como um ramo de engenharia e ciência, o que levou ao desenvolvimento das políticas de manutenção bem como ao aparecimento de vários modelos ou filosofias de manutenção.

Actualmente a qualidade dos produtos presentes no mercado, especialmente no ramo alimentar, é de extrema importância. Cada vez mais o consumidor final exige produtos de melhor qualidade, fazendo com que todos os intervenientes da cadeia exijam também maior qualidade ao seu fornecedor. A resposta a esta exigência depende claramente das condições das instalações e equipamentos das indústrias.

Além do crescimento da preocupação com a qualidade dos produtos, podem identificar-se outras tendências tais como competitividade de preços e flexibilidade, em que é notória a importância da manutenção de instalações e equipamentos.

Com o aumento de investimento das empresas em novos equipamentos e tecnologias, a manutenção desses equipamentos passa a ter um importante papel na estratégia da organização. De 15 a 40% dos custos de produção são atribuídos a custos de manutenção, devendo este ser um ponto de extrema importância na gestão de uma empresa, criando uma forte ligação entre a estratégia de negócio da empresa e a estratégia de manutenção [16].

Note-se a importância dos custos resultantes de uma paragem de produção não programada de algumas horas devido a uma avaria de equipamento, que implicam custos com produtos que deixam de ser produzidos, tempo de arranque do equipamento, setup, e testes de qualidade do produto, bem como o tempo despendido pelos técnicos na resolução da avaria, peças e ainda reprocessamento de produto não conforme.

Na engenharia de manutenção o principal objectivo consiste na combinação de todas as acções técnicas e administrativas, incluindo supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item ou equipamento num estado para o qual possa desempenhar a função requerida. Nesta actividade, a sua estrutura está definida por dois grandes pilares, ou modelos, nos sectores produtivo e de exploração de equipamentos: a Manutenção Produtiva Total (TPM) e Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM). Estes modelos têm como finalidade a optimização de custos, tanto discretos, como sejam os custos directamente envolvidos na manutenção de *stocks*, recursos humanos, materiais, serviços externos, assim como os custos indirectos afectos ao tempo produtivo e à qualidade que possa estar em causa [5,12,27,28,29].

2.1.1. Políticas de Manutenção

Define-se política de manutenção como sendo a descrição da forma, conteúdo e condições da manutenção que deve ser aplicada a um bem durável. As políticas de manutenção deverão ser estabelecidas de acordo com as características dos equipamentos e sistemas, devendo igualmente ser seleccionadas tendo em atenção as diversas opções possíveis, e escolher-se a solução que melhor se adegue aos equipamentos a manter ou então combinar diversas opções com o objectivo de otimizar os custos. São as seguintes, as grandes opções de políticas de manutenção, constatando-se facilmente, por exemplo, que todas elas são utilizadas, por combinação na indústria, em serviços de transporte e mesmo edifícios [37]:

- **Manutenção Correctiva/Curativa:** Consiste na reparação de avarias apenas quando elas ocorrem.
- **Manutenção Preventiva Sistemática:** É efectuada com uma periodicidade fixa, e subdivide-se:
 - Visitas ou inspecções periódicas a pontos críticos do equipamento originando intervenções quando a inspecção o revele necessário.
 - Revisões gerais constituídas por trabalhos de manutenção programados efectuados periodicamente com paragem geral dos equipamentos e sistemas
- **Manutenção Preventiva Condicionada ou Manutenção Predictiva:** É efectuada em função do estado dos equipamentos, e constitui um controlo de condição, sendo este controlo do estado de funcionamento realizado continuamente ou através de

verificações periódicas recorrendo a variáveis de funcionamento. Estas intervenções, pela análise das tendências dessas variáveis, permitem prever futuras ocorrências de avarias. Recorre-se normalmente a técnicas de verificação tais como raios X, processos químicos, controlo de pressão, etc.

- **Manutenção Melhorativa:** Consiste no estudo, projecto e realização de alterações nos equipamentos e sistemas, com o objectivo de eliminar intervenções de manutenção, devido ao aumento da fiabilidade. Esta política de manutenção é ainda designada por Engenharia de Manutenção.

De um modo geral, a selecção da política de manutenção a adoptar deverá assentar nos seguintes factores [5,15]:

- Fiabilidade dos equipamentos e taxa previsível de avarias;
- Manutibilidade dos equipamentos;
- Tipos de avarias previsíveis, aleatórias e em função do tempo;
- Criticidade dos equipamentos, em relação à sua influência nos custos indirectos, isto é, nas perdas de produção;
- Consequências das avarias no que respeita à segurança do próprio equipamento e de pessoas e bens;
- Existência de aspectos legais relativos a inspecções, vigilâncias e certificações obrigatórias, como é o caso dos transportes;
- Viabilidade técnica e económica da predição de avarias;
- Avaliação económica comparativa dos benefícios resultantes das várias opções possíveis de manutenção.

2.1.2. Modelo RCM - Manutenção Centrada na Fiabilidade

O objectivo primordial deste modelo consiste na optimização do binómio custo - eficácia, através da conjugação das políticas de manutenção com os custos dessa mesma manutenção, que originem elevados níveis de segurança dos bens materiais e humanos e, simultaneamente, que maximizem a disponibilidade dos equipamentos [2,4,5,6,9,10,12,14,15].

A metodologia deste modelo identifica, de forma sistemática e estruturada, todas as avarias consideradas como críticas e, de seguida, com base nos critérios de quantificação dos factores de criticidade, determina qual a política de manutenção mais vantajosa para cada equipamento. Um aspecto bastante interessante reside na atenção que é dada às denominadas “avarias escondidas”, que, numa primeira fase, não afectam os equipamentos, ou seja, não apresentam efeitos imediatamente visíveis, mas que, á posteriori, quando se declarem, podem ter graves consequências nos equipamentos, no ambiente, e nas pessoas [5,14,15].

Apesar de todas as políticas de manutenção se encontrarem contempladas neste modelo RCM, como ele é relativamente recente, verifica-se, na prática, a existência de uma tendência para a manutenção preventiva condicionada.

Com o RCM procura-se fazer com que o equipamento cumpra, de modo fiável, as funções e o desempenho previstos em projeto, através da combinação e optimização do uso de todas as políticas de manutenção disponíveis. Para se atingir esse objetivo a política do RCM considera necessário que as equipas ligadas á operação e manutenção dos equipamentos devem responder claramente às seguintes questões [38]:

- Quais são as funções e níveis de desempenho previstos no projeto do equipamento e seus subsistemas?
- Por quê e como podem ocorrer falhas nessas funções? Quais as consequências da falha?
- É possível prever ou prevenir a falha?
- Caso não, que outra política de manutenção pode ser utilizada para impedir a ocorrência da falha?

Por outro lado, os critérios de fiabilidade resultam da análise sistemática das avarias através da utilização de métodos específicos como o **FMEA** - *Failure Mode Effects and Analysis* (Análise do Modo e Efeito das Avarias), e o **RCFA** - *Root Cause Failure Analysis* (Análise das Causas Raízes das Avarias) [4,5,15].

O **FMEA** é um sistema lógico que estabelece uma hierarquia das avarias potenciais, e fornece as recomendações para as acções preventivas, com a seguinte sequência [4,5,15]:

1. Isolamento e descrição do modo da avaria potencial - sob que condições é que o equipamento avaria?
2. Determinação da frequência e gravidade da avaria - qual a frequência de ocorrência da avaria?
3. Qual o seu grau de gravidade?
4. Determinação do Número da Prioridade do Risco (NPR) - produto da frequência da avaria pela sua gravidade.
5. Desenvolvimento de planos de acção para corrigir ou eliminar o problema potencial.

Quanto ao **RCFA**, baseia-se na pergunta “porquê?”, e deve seguir a seguinte sequência [4,5,15]:

1. Análise do Modo e Efeito da Avaria.
2. Preservação da informação da avaria.
3. Organização do grupo de análise.
4. Análise.

5. Elaboração do relatório e das recomendações.
6. Acompanhamento dos resultados.

Por conseguinte, este modelo de manutenção apresenta os seguintes benefícios [4,5]:

- Aperfeiçoamento do desempenho.
- Optimização do binómio custo - benefício.
- Melhoria das condições ambientais.
- Aumento da vida útil dos equipamentos.
- Maior motivação dos meios humanos.
- Maior envolvimento de todos nos problemas da manutenção.
- Fortalecimento do trabalho em equipa.

2.1.3. Origem do Total Productive Maintenance (TPM)

A aceitação da manutenção como um elemento importante na melhoria dos resultados da empresa, bem como a consciencialização de que a manutenção programada e sistemática aplicada na perspectiva da prevenção é a forma mais eficaz na redução de perdas, trouxe melhorias ao processo produtivo das empresas. Este aspecto, hoje em dia, é determinante, uma vez que a manutenção programada e sistemática deverá contribuir para a antecipação da reparação da avaria. Isto nem sempre acontece, traduzindo-se frequentemente em perdas significativas. Desta forma, o objectivo primordial da TPM é minimizar as acções de manutenção curativas não programadas [16].

Total Productive Maintenance (TPM) é uma marca registada do *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM), e por definição TPM é uma metodologia que visa melhorar a produtividade e a qualidade, através do aumento da eficiência do equipamento ao seu mais alto nível, definindo os seguintes objectivos: zero avarias, zero defeitos e zero acidentes e assim potenciar a *performance* das empresas, tanto ao nível da Produtividade como da Manutibilidade [16].

Após a segunda guerra mundial, industriais japoneses reconheceram que teriam de melhorar a qualidade dos seus produtos, de forma a serem bem sucedidos nos seus negócios, no mercado mundial. Para tal, importaram, técnicas de gestão e produção, dos Estados Unidos da América (EUA), adaptando e optimizando-as de acordo com sua realidade, começando a produzir productos muito competitivos e de grande qualidade [39].

Na década de 50 as teorias das indústrias americanas foram adoptadas pelos japoneses e adaptadas à gestão das suas fábricas. Durante esta época foram surgindo diferentes conceitos de manutenção. No início dos anos 50 surge o conceito de manutenção preventiva (PM) como uma espécie de *check-up* físico do equipamento, com o objectivo de evitar paragens [38].

Passados poucos anos, surge o conceito de manutenção correctiva através da expansão da manutenção preventiva, uma vez que além de prevenir paragens, pretende-se desenvolver o equipamento de forma a evitar falhas do mesmo e também tornar a sua manutenção mais fácil [38].

Um pouco mais tarde, em 1960, surge o conceito de prevenção da manutenção, tendo como principal objectivo desenvolver o equipamento desde a sua concepção de forma a torna-lo cada vez mais livre de manutenção, com a introdução de equipamentos cada vez mais automáticos. Algumas empresas japonesas evoluíram da Manutenção Preventiva, para uma primeira abordagem à Manutenção Produtiva, envolvendo apenas os departamentos de produção, levada à prática pelos operadores de produção, uma vez que a partir dessa altura os problemas de manutenção aumentaram e como as equipas de manutenção não dispunham de colaboradores suficientes para fazer face aos problemas, foram os operadores de produção que passaram a executar as operações de manutenção mais rotineiras, como limpeza e inspecção, lubrificação, reparação de pequenas anomalias, etc. [38].

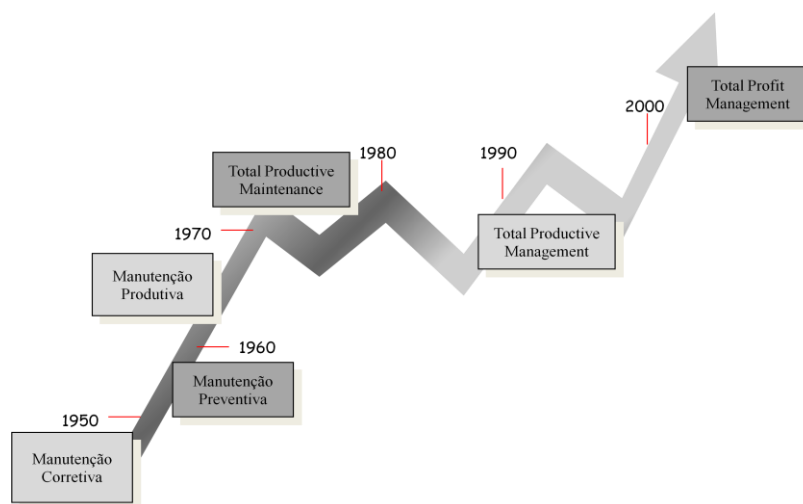


Figura 2.1 - Evolução do modelo TPM. (Fonte: [59])

No início da década de 70, Seiichi Nakajima iniciou a combinação das ideias que já tinha desenvolvido até então sobre manutenção, com os conceitos *Total Quality Control (TQC)* envolvendo totalmente os colaboradores de cada empresa, desenvolvendo a *TPM*, tornando-a no sistema que tem revolucionado a manutenção a nível mundial. A partir desta altura, a TPM alargou o seu âmbito, passando de Manutenção Produtiva, que envolvia apenas os departamentos de produção, a Manutenção Produtiva Total, envolvendo todos os departamentos das empresas, uma vez que a TPM aumenta a eficácia de toda a organização e, não apenas, a eficácia produtiva. A grande diferença entre a manutenção preventiva, que Nakajima importou dos EUA, e a TPM prende-se com o facto de que nas empresas Americanas as equipas de manutenção faziam apenas manutenção e nada mais, enquanto os operadores de produção só produziam, ao passo que nas empresas Japonesas que implementaram a TPM,

era requerida a participação e envolvimento de todos os colaboradores. Este sistema inovador começou por ser implementado por Nakajima, em 1971, no Japão [38,39].

São objectivos do TPM, [15]:

- Constituir uma estrutura empresarial que procure a máxima eficiência do sistema de produção (ou serviço) - rendimento global;
- Constituir, no próprio local de trabalho, mecanismos para prevenir as diversas perdas, obtendo o zero acidentes, o mínimo de defeitos e o mínimo de falhas, tendo como objectivo diminuir o custo do ciclo de vida do sistema de produção;
- Envolver todos os departamentos, começando pelo da produção (operação + manutenção) estendendo-se aos de desenvolvimento, vendas, administração, etc. (incluindo terceiros);
- Contar com a participação de todos, desde os directores até os operários de primeira linha;
- Obter zero perdas através de actividades simultâneas de pequenos grupos;
- Melhorar a qualidade do pessoal (operadores, pessoal afecto à manutenção e engenheiros);
- Melhorar a qualidade dos equipamentos, através da maximização da sua eficiência e de seu ciclo de vida útil;
- Melhorar os resultados alcançados pela empresa (vendas, atendimento ao cliente, imagem, etc.).

2.1.4. Os 5 S

Com o desenvolvimento do TPM verificou-se ser fundamental que, além da necessidade de cada um alcançar a limpeza e a organização para melhoria das suas actividades e do ambiente de um modo geral, os atributos ordem, asseio e disciplina, também influenciam a melhoria da produtividade, complementando assim o grupo dos 5 S. Os “5S’s” simplificam o ambiente de trabalho, reduzem desperdícios e actividades sem valor, enquanto melhoram a segurança e a eficácia de qualidade [40].

São 5 palavras que, em japonês, começam com as letras S e têm os seguintes significados [15]:

- *Seiri* - Organização (utilização, selecção): Separar as coisas necessárias das que são desnecessárias, dando um destino para aquelas que deixaram de ser úteis para aquele ambiente.
- *Seiton* - Ordem (sistematização, arrumação): Guardar as coisas necessárias, de acordo com a facilidade de acesso, levando em conta a frequência de utilização, o tipo e o peso do objecto, segundo uma sequência lógica já praticada, ou de fácil assimilação. Quando se tenta ordenar as coisas, o ambiente fica necessariamente mais arrumado, mais agradável para o trabalho e, conseqüentemente, mais produtivo.
- *Seiso* - Limpeza (inspecção, zelo): Eliminar a sujidade, inspeccionando para descobrir e atacar as fontes dos problemas. A limpeza deve ser encarada como uma oportunidade de inspecção e de reconhecimento do ambiente. Para tal, é de fundamental importância que a limpeza seja feita pelo próprio utilizador do ambiente, ou pelo operador da máquina ou equipamento.
- *Seiketsu* - Asseio (padronização, saúde, aperfeiçoamento): Conservar a higiene, tendo cuidado para que as condições de organização, ordem e limpeza, já alcançadas, não retrocedam. Isto é executado através da padronização de hábitos, normas e procedimentos.
- *Shitsuke* - Disciplina (autocontrole, educação): Cumprir rigorosamente as normas e tudo o que for estabelecido pelo grupo. A disciplina é um sinal de respeito pelo próximo.

2.1.5. Pilares de Sustentabilidade do TPM

De acordo com o *JIPM*, a estrutura de gestão da TPM mais utilizada, normalmente assenta num modelo com oito pilares [41]:

- **Manutenção Autónoma:** É a manutenção dos equipamentos feita pelos operadores, para garantir um alto nível de produtividade. As atividades de Manutenção Autónoma começam nos equipamentos e estendem-se a toda a produção. O objectivo deste pilar é consciencializar o operador da sua responsabilidade para com o seu equipamento de trabalho através das atividades de manutenção autónoma.
- **Manutenção Preventiva:** É o pilar responsável por todo o planeamento da manutenção a um nível geral. A responsabilidade de gestão desse pilar é do departamento de manutenção da empresa e os seus executores são os técnicos de manutenção, os quais têm formação técnica que permite maior conhecimento dos

equipamentos. O objectivo é aumentar a Eficiência Global dos Equipamentos (OEE), com aumento da disponibilidade operacional

- **Melhoria dos Equipamentos:** Responsável pela gestão das informações de funcionamento dos equipamentos. É a frente de gestão que gera estatísticas e propõe optimização através do grupo de melhoria, as quais visam eliminar perdas. O objectivo é desenvolver melhoria contínua ao processo de manutenção de equipamentos.
- **Educação e formação:** Gestão responsável pelo controlo do conhecimento dos operadores, técnicos de manutenção e lideranças inseridas na Manutenção Produtiva Total. Objectiva reduzir perdas por falha humana através de formação, capacitação, aquisição de habilidades e auto-estima. Para a implementação da TPM é necessário ter um plano de gestão inicial de formação.
- **Controlo Inicial:** A execução da manutenção de equipamentos pode ter deficiências por falta de informações referentes ao histórico de funcionamento. É imprescindível, assim, uma gestão individual de manutenção de novos equipamentos.

Manutenção da Qualidade: Através da eficiente reparação das máquinas de produção, a TPM tem como meta “zero defeitos” de produtos. O sector responsável pelo controlo de qualidade e gestão do sistema de gestão de qualidade deve actuar em conjunto com a gestão da manutenção, para atingir os objectivos comuns.

- **Departamentos Administrativos:** É o uso da metodologia da Manutenção Produtiva Total, em todos os sectores de uma empresa. Organizam-se os processos com o objectivo de os optimizar, em rapidez, qualidade e confiabilidade. O objetivo é reduzir perdas administrativas. Como metodologia, pode propor-se a implementação dos “5 S” nas áreas administrativas, o “*Just In Time*” para áreas de compras e materiais (inclusive dos escritórios), e o “*Kamban*” para matéria-prima, suplentes, ferramentas e material de uso dos escritórios [15];
- **Segurança, Higiene e Meio Ambiente:** Frente de gestão com o objectivo de atingir o nível zero de acidentes ambientais e de trabalho. Tem importância na medida em que torna obrigatória, através das leis e de requisitos ambientais e de segurança no trabalho, a prevenção de acidentes. Desta forma, o pressuposto para boa gestão dessa frente é manter o ambiente de trabalho em boas condições, limpo e seguro, como orientação poderá seguir-se um quadro dos 5 S.

2.1.6. Importância do TPM na Indústria

O ambiente de competitividade actual requer que as indústrias sustentem a sua capacidade produtiva máxima, minimizando o investimento de capital necessário.

Da perspectiva da manutenção, significa maximizar a fiabilidade dos equipamentos, através da extensão da longevidade de cada componente [17].

Segundo Pinjala *et all* (2006), 15 a 40% dos custos de produção poderão ser atribuídos a custos de manutenção, custos esses, que segundo o mesmo autor, têm tendência a aumentar com o aumento da tecnologia e a automação ao serviço da produção, o que conduz inevitavelmente a um aumento da sua complexidade.

A Figura 2.2 ilustra os custos referentes à manutenção preventiva e às falhas de equipamentos em função do nível de manutenção utilizado. O gráfico mostra que o investimento na manutenção preventiva tende a reduzir os custos decorrentes de falhas dos equipamentos. No entanto, mostra ainda que existe um ponto óptimo a partir do qual o investimento com a manutenção preventiva não reduz significativamente os custos decorrentes das falhas dos equipamentos, o que provoca um aumento dos custos totais de manutenção. O desafio das equipas de manutenção, em conjunto com os outros departamentos consiste em definir esse ponto óptimo [18].

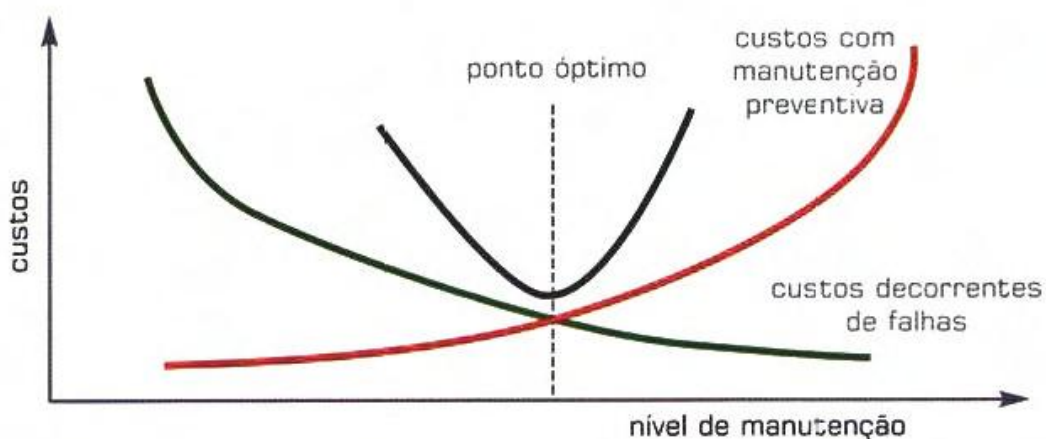


Figura 2.2 - Custos de manutenção preventiva e de falhas de equipamentos em função do nível de manutenção. (Fonte: [18])

A melhoria dos procedimentos de manutenção requer normalmente uma mudança de atitude e motivar a equipa de manutenção a aplicar as mudanças propostas, assegurando que cada uma delas desencadeia uma melhoria. Ao implementar o TPM, uma indústria consegue atingir um uso efectivamente eficiente de equipamentos e instalações de modo a funcionarem sem anomalias e produzirem artigos com qualidade. Para isso o TPM recorre às capacidades dos operadores aumentando o seu envolvimento e participação na decisão, e aumentando a sua responsabilidade pelo equipamento, na correcção de deficiências e implementação de

melhorias. Segundo a filosofia TPM, a empresa deve focar-se nas perdas e eliminá-las, sendo que estas se podem agrupar nos seguintes tipos [17]:

- Perdas nos equipamentos;
- Perdas de mão-de-obra: absentismo e acidentes;
- Perdas em métodos: por movimentos, organização da linha, transporte, ajustes e *layout*;
- Perdas de matéria-prima: falta de material, ferramentas e moldes;
- Perdas de energia: electricidade e gás;
- Perdas ambientais: emissões e afluentes.

Através de uma análise dos vários tipos de perdas, Nakajima (1988) identificou as seis principais perdas:

- Paragens do equipamento: perdas de tempo devido a falhas do equipamento e peças defeituosas. Estas perdas são as mais difíceis de eliminar.
- Setup e ajustes do equipamento: perdas de tempo desde o final da produção de uma peça, limpeza, mudança de ferramentas e ajustes do equipamento, até à produção de nova peça (primeira peça completamente satisfatória).
- “Marcha lenta” e micro paragens: ocorrem quando a produção é interrompida por uma avaria temporária ou o equipamento está a operar em velocidade reduzida.
- Redução de velocidade: diz respeito à diferença entre a velocidade indicada nos parâmetros do equipamento e a velocidade real operatória. Esta diferença poderá advir da qualidade ou de problemas mecânicos.
- Peças defeituosas e retrabalho: causadas pelo mau funcionamento do equipamento.
- Arranque de produção: após um período de inactividade o arranque da produção é sempre um problema, uma vez que o tempo para o equipamento se encontrar nas condições ideais para produção é sempre uma incógnita.

Estas seis principais perdas podem agrupar-se em três tipos de perdas, segundo Nakajima (1988), as duas primeiras são claramente perdas de tempo, as duas seguintes são perdas de velocidade e as duas últimas definem-se como perdas de qualidade, sendo que estas afectam directamente o rácio de qualidade do equipamento.

Actuando nestas principais perdas, o TPM torna-se uma importante ferramenta na melhoria contínua da empresa uma vez que [39]:

- Evita o desperdício num ambiente em que a economia muda rapidamente;
- Permite produzir sem reduzir a qualidade dos produtos;
- Reduz os custos gerais;
- Permite produzir lotes pequenos, o mais rápido possível;
- Reduzir o número de peças com defeitos que chegam ao cliente.

Essencialmente podem identificar-se reduções de perdas em três campos distintos [39]:

- Qualidade (Redução de sucata; Redução de retrabalho; Redução de falhas)
- Fornecimento (Redução do tempo de tramitação)
- Custos (Investimentos; Custos da qualidade; Custos de serviços)

Pode identificar-se ainda a redução de *setup* ou *Set-up Reduction* (SUR) em inglês, e o TPM são duas iniciativas com o claro objectivo de melhorar o desempenho produtivo da empresa, no entanto o principal objectivo da redução de *setup* consiste na melhoria da flexibilidade de um sistema produtivo apelando a pequenos lotes produtivos [19]. O objectivo do TPM é, tal como anteriormente referido, mais abrangente. Como o tempo de *setup* é uma das principais perdas identificadas pelo TPM, assume errada e frequentemente um papel de menor relevância, sendo portanto importante que este equívoco não surja, principalmente devido ao facto de através da redução do tempo de *setup* ser possível aumentar a flexibilidade, diminuindo assim o tempo de resposta das necessidades do cliente [19].

No entanto, para atingir os objectivos e metas descritas, é necessária uma mudança de atitude em todos os níveis de hierarquia, e motivar todos os intervenientes a aplicar todas as propostas de melhoria após validação dos seus benefícios.

Existem, assim, procedimentos necessários à implementação do TPM, tais como [17]:

- Cultivar no operador o sentido de propriedade do equipamento, introduzindo a manutenção autónoma, ficando o operador responsável pelos cuidados primários do equipamento;
- Optimizar as capacidades e conhecimentos do operador para maximizar a eficiência do equipamento;
- Melhorar o desempenho de todo o parque de máquinas, usando equipas multifunções, constituídas por operários, responsáveis de manutenção, engenheiros e gestores;
- Estabelecer um calendário para limpeza e manutenção preventiva.

Após o início da implementação do TPM, as empresas recorrem a diversos tipos de indicadores, que permitem avaliar o decorrer de todo o processo, incluindo o cumprimento dos objectivos definidos. Do universo de indicadores comuns, referem-se alguns exemplos [6]:

- “OEE - *Overall Equipment Effectiveness*” (Eficiência dos Equipamentos);
- “MTBF - *Mean Time Between Failures*” (Tempo Médio entre Falhas);
- “MTTR - *Mean Time To Repair*” (Tempo Médio entre Reparações);
- “CCP - *Cost per Piece*” (Custo por Peça);
- “BTS - *Build to Schedule*” (Peças Feitas segundo o Planeamento);
- “SHARP - *Safety & Health Assessment & Review Process*” (Avaliação da Segurança e da Saúde e Revisão do Processo);
- TRS - Taxa de Rendimento Sintética.

Podem ainda ser seleccionados indicadores com base em normas como por exemplo a norma NP EN 15341:2009 que define indicadores com vários níveis, que quantificam taxas de avarias.

2.1.7. A Manutenção Produtiva Total e o Seis Sigma

Como visto atrás a manutenção produtiva total é um termo que descreve a nova filosofia e novas abordagens para a concepção e gestão do processo de manutenção. O objectivo dessa filosofia é a forma de reduzir radicalmente a dissipação de recursos e aumentar substancialmente a utilização de instalações e equipamentos, de modo que a responsabilidade pelo bom funcionamento dos equipamentos seja deslocado sobre os funcionários, que actuam directamente. Isto levou à criação da manutenção autónoma, que quebrou a barreira entre especialistas em serviços de manutenção e operadores directos no controlo de equipamentos e máquinas [19].

“Muito bom” é melhor do que o melhor, o que significa que há sempre algo que pode ser melhor do que o existente, ou seja, que é possível alcançar a visão de zero erros e zero interrupções, de dissipação zero, etc., para conseguir algo melhor do que o existente, meios para explorar as possibilidades de melhorar os modelos e conceitos de manutenção existentes, e com base nisso, propor um modelo de melhoria do processo de manutenção, que irá atender a todas as exigências da filosofia TPM, mas também as exigências do conceito Seis Sigma.

Introduzindo o modelo integrado TPM e conceito Seis Sigma conduz-se a um modelo melhorado do processo de manutenção, que utiliza todas as vantagens do método TPM, mas também, através da aplicação simultânea de Seis Sigma, bem como a coordenação dos indicadores do TPM para a determinação de um nível sigma, permite a redução das variações do processo, elimina a ocorrência de erros, e reduz o tempo de ciclo do processo de manutenção [50].

A integração do conceito Seis Sigma no modelo de manutenção TPM foi realizada com o objectivo de utilizar o modelo DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) de melhoria das performances, o que melhorou a existente abordagem TPM para manutenção, e

tornou mais simples e mais claro para os utilizadores que desejam aplicar esses novos conceitos de manutenção [50].

2.1.8. Produção Magra

Para que se possa compreender a Lean Maintenance e seu encadeamento com outros modelos, como veremos mais á frente, é importante conhecer a sua origem e bases para o seu entendimento, a *Lean Production*.

A *Lean Production* ou *Lean Manufacturing*, também conhecido apenas como *Lean*, filosofia assim designada pela literatura técnica de língua inglesa, é uma metodologia de gestão popularizada no início dos anos 90 pelo livro *The Machine That Changed the World* [42]. Este sistema de produção tem como principal fundamento a melhoria da qualidade e a redução de tempos e custos de produção através da remoção de tudo o que for considerado desperdício aos olhos do cliente. Uma das bases do *Lean* são o conceito de *pull*, a melhoria contínua do processo e o desenvolvimento de boas relações com fornecedores e clientes [42].

Muitos dos princípios básicos do *Lean* surgem naturalmente do senso comum, existindo múltiplos exemplos da sua aplicação ao longo da história. No entanto, apenas no início do século XX a importância da redução de desperdício como forma de aumentar os lucros começou a ser devidamente reconhecida e documentada. As publicações de Frederick Taylor (1911) e Henry Ford (1922) introduzem conceitos como standardização e diferentes fontes de desperdício [42].

Considera-se a Ford o primeiro pensador *Lean*, na medida em que já identificava o processo de criação de valor e o fluxo de valor, do conceito ao lançamento do produto, da produção à venda ao cliente. Além disso, Ford era considerado um fervoroso inimigo do desperdício [42].

Apesar do sucesso do sistema de produção em larga escala de Ford devido à sua eficiência, este apresentava alguns problemas como falta de flexibilidade, sobre produção e pouca capacidade de inovação. É no sentido de colmatar estas falhas que a Toyota começou a desenvolver, praticamente desde a sua génese, um conjunto de ideias que viria a dar origem ao *Toyota Production System* (TPS) [42].

O *Toyota Production System* é o grande precursor da metodologia *Lean*. Sendo inicialmente baseado nos métodos de Ford e na estratégia de redução de inventário *Just-In-Time* (JIT), a grande evolução do TPS deu-se entre 1948 e 1975 pela mão de engenheiros como Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. Tal como Ford, o TPS foca-se em maximizar a eficiência de um processo, existindo no entanto uma maior preocupação com a capacidade de resposta do processo às flutuações do mercado e maior atenção às necessidades reais do cliente [42].

Para atingir o objectivo, a estratégia do TPS foca-se na eliminação do processo de sobrecarga (*muri*), inconsistência (*mura*) e desperdício (*muda*). A eliminação destes elementos do processo é feita através da utilização em conjunto de vários conceitos e técnicas. De uma forma geral, todas as organizações que pretendam adoptar uma filosofia de Produção Magra devem cumprir os seguintes requisitos, bem como adopta-los como ferramentas [44]:

- Apoiarem-se no Kaizen no desenvolvimento de melhoria continua,
- Reduzirem os custos continuamente, através da eliminação das actividades que não gerem valor acrescentado;
- Praticarem a Optimização da Eficiência dos Activos (*AEO - Asset Efficiency Optimization*), e aumentarem a Eficiência Global dos Equipamentos (*OEE - Overall Equipment Effectiveness*);
- Utilizarem as técnicas *JIT* para reduzirem significativamente os *stocks*,
- Reduzirem as necessidades de espaço;
- Planearem as operações no sentido de ajudarem os recursos humanos a produzirem sem defeitos à primeira;
- Envolverem todos os recursos humanos no processo produtivo, e promoverem a sua formação contínua, tornando o trabalho mais atractivo e motivador;
- Utilizarem o Kanban (sinalização visual);
- Desenvolverem uma relação estreita com os fornecedores, motivando-os para satisfazerem as necessidades da empresa;
- Utilizarem políticas de manutenção essencialmente preventivas condicionadas e melhorativas;
- Integram entre si as Funções Produção e Manutenção, criando uma mentalidade de Produmanutenção;
- Adoptarem os conceitos básicos 5S, para assegurarem a limpeza e a organização das células de trabalho;
- Servirem-se da técnica Poka-yoke, ajuda à prevenção de erros;
- TPM.

Apesar de ser um erro considerar o *Lean* apenas uma generalização do TPS a outras indústrias e conceitos, existindo algumas diferenças sobretudo ao nível da implementação dos dois sistemas, os dois termos são muitas vezes vistos como sinónimos em alguma literatura [42].

Como foi anteriormente referido, a filosofia *Lean* não se limita à remoção de desperdício, existindo outros conceitos importantes como o *pull* e a melhoria continua. No primeiro caso, pretende-se que um processo só produza produtos intermédios ou finais quando é estritamente necessário, desta forma evita-se a sobre produção, a acumulação de *stocks* e as consequências que daí advêm. No que diz respeito à implementação de uma mentalidade *pull*, o *Lean* recorre principalmente ao *JIT* e a ferramentas como o Kanban. No caso da melhoria contínua, o mecanismo utilizado pelo *Lean* é o Kaizen. O Kaizen é um processo

cíclico onde participam elementos de todos os sectores de uma organização para resolver um problema ou otimizar uma secção de um processo, onde os recursos humanos são incentivados a colaborar directamente no processo produtivo. O Kaizen normalmente consiste de pequenas reuniões espontâneas entre os trabalhadores para resolução de uma falha, existindo também Eventos Kaizen com duração de uma semana onde uma determinada questão é discutida exaustivamente [23,26].

No que diz respeito ao impacto do *Lean* condução de uma organização, merecem destaque dois princípios: a importância dos recursos humanos na organização e o desenvolvimento de boas relações com clientes e fornecedores. Numa organização *Lean* são destacados cada elemento da estrutura da empresa, ou seja, considera-se que a capacidade intelectual de todos os colaboradores é um recurso precioso, deve-se portanto educar cada funcionário na filosofia *Lean* e devem ser dadas oportunidades para que os colaboradores evoluam, participem nas iniciativas *Lean* e contribuam com ideias para a melhoria da empresa. No que diz respeito às relações da organização com os seus parceiros, é importante que as relações com os clientes sejam bastante próximas de forma a conhecer as suas verdadeiras necessidades e assim melhor se adaptar a elas. Também as relações com os fornecedores não devem ser menosprezadas, é essencial educá-los nas práticas *Lean* de modo a que em sintonia possam responder adequadamente às necessidades da organização [23,26].

2.1.9. Seis Sigma

O Seis Sigma, *Six Sigma* na literatura inglesa, é uma metodologia de gestão de processo, que actualmente se encontra disseminada a nível global em diferentes sectores da indústria. O Seis Sigma procura a constante melhoria da qualidade dos *outputs* de um processo através da identificação e remoção de causas de defeito e de pontos de variabilidade do processo [43].

O conceito de processo Seis Sigma foi desenvolvido em 1986 pela *Motorola*, um dos maiores produtores e fornecedores mundiais de semicondutores e equipamento electrónico.

A abordagem Seis Sigma foi inicialmente introduzida por Bob Galvin (executivo da *Motorola*) com o intuito de aumentar a competitividade da empresa. Assim, este conceito foi desenvolvido com os seguintes objectivos: melhorar a fiabilidade e qualidade dos seus produtos, reduzir o tempo de ciclo de fabrico dos produtos e tornar mais expeditas as operações de teste e reparação. O Seis Sigma rapidamente foi divulgado e adoptado por múltiplas entidades globais, incluindo a *Honeywell*, *ABB*, *Kodak* e *Polaroid*. Mais tarde o *Seis Sigma* foi adoptado pela *Johnson and Johnson* e, possivelmente o caso mais célebre, pela *General Electric* sob a liderança de Jack Welch. Um dos aspectos que motivou o sucesso e a rápida adesão a esta metodologia foi o seu enfoque no cliente. O *Seis Sigma* está direccionado para a melhoria da capacidade do processo através do corte de tempo e de custos desnecessários, mas simultaneamente, pretende aumentar o valor do produto aos olhos do cliente [43].

Uma das bases desta metodologia é o conceito de Sigma, que é definido como uma unidade de medição estatística que descreve a distribuição em redor da média (ou variabilidade) de qualquer processo ou procedimento. Outro conceito importante é o de defeito ou erro: num processo onde a propriedade de interesse é uma variável o defeito é definido como um valor que cai fora dos limites de especificação. Assumindo e utilizando uma distribuição normal dessa variável, pode ser encontrada a percentagem, e partes por milhão, de defeitos. Assim, um processo que pretende alcançar uma capacidade Seis Sigma deverá possuir uma taxa de defeitos de algumas unidades por milhão. Mais concretamente, um processo Seis Sigma resulta na ocorrência de menos de 3,4 defeitos num milhão de oportunidades (DPMO) (ou uma eficiência de 99,9997%), aproximando-se de zero defeitos em termos estatísticos [43].

O termo Seis Sigma significa que, num processo produtivo onde se tenha um desvio em relação à média de seis desvios padrão como especificação de fabrico, o número de produtos defeituosos fabricados é praticamente nulo. Por outro lado, este procedimento baseia-se nos métodos de cálculo utilizados nos estudos de “capabilidade” dos processos, onde os desvios em relação à média são contabilizados em unidades sigma [36,45,46]. O Quadro 2.1 apresenta-se a correspondência entre os níveis sigma para para processos produtivos a curto e a longo prazo.

Níveis sigma	Percentagem de produtos em conformidade		Produtos com defeito por milhão (DPM)	
	Curto prazo	Longo prazo	Curto prazo	Longo prazo
1 σ	68,26	31	317400	690000
2 σ	95,46	69,2	45400	308000
3 σ	99,73	93,32	2700	66800
4 σ	99,9937	99,379	63	6210
5 σ	99,999943	99,977	0,57	230
6 σ	99,9999998	99,99966	0,002	3,4

Quadro 2.1 - Correspondência entre os níveis sigma de curto prazo e de longo prazo. (Fonte: [48])

Note-se que existe diferença entre os conceitos de capacidade e “capabilidade” de um processo - a capacidade representa a aptidão, em termos de recursos humanos, materiais e logísticos, que um determinado processo apresenta para a fabricação de um determinado produto, enquanto que a “capabilidade” (*capability*) é a capacidade que esse processo possui não só de fabricar os produtos, mas também de ser capaz de os fabricar dentro das especificações previamente definidas [48]. O Prof. C. Cabrita faz um desenvolvimeto detalhado relativamente aos índices de “capabilidade” dos processos (Cp), a consulta á sua literatura aconselha-se para melhor entenimento do termo e em que este conclui que a

variabilidade é uma medida do grau de dispersão dos resultados dos processos em torno do valor médio. As empresas buscam reduzir continuamente a variabilidade, se bem que eliminá-la é impossível. As formas mais comuns de expressar a variabilidade derivam das medidas estatísticas da amplitude, da variância e do desvio-padrão. O uso de técnicas estatísticas pode ajudar no entendimento da variabilidade e, desta forma, auxiliar as organizações a resolverem os problemas de melhoria e eficácia e eficiência. No programa Seis Sigma o objectivo é estreitar ou reduzir a variação até que os seis desvios-padrão possam ser comprimidos dentro dos limites de especificação do cliente.

A filosofia do programa Seis Sigma enfatiza um controlo estatístico de qualidade que tenta definir os padrões da excelência operacional. Esta filosofia esforça-se para alcançar operações que não ultrapassem os 3,4 defeitos por milhão (DPM), considerando para tal a pior condição. Como tal, é usual que a estimativa de números de defeitos esperados seja feita considerando-se o processo deslocado em 1,5 sigma, proveniente de uma variação natural na média dos processos contínuos ao longo do tempo [20].

A variabilidade na saída dos processos pode ser observada pela tomada de informações de um determinado parâmetro, em relação a um valor especificado, considerando os limites de variabilidade permitidos ao processo. Desde os primórdios da produção em massa, uma forma de garantir os níveis desejados de qualidade era efectuada pela inspecção em grande escala na saída dos processos, e uma outra forma de garantir os níveis de qualidade é através da dedução estatística, recorrendo-se a amostras representativas de todos os produtos produzidos, sendo esta técnica evidenciada pela Produção Magra [20].

O número de defeitos à saída de cada processo produtivo é tão reduzido quanto menor for a variabilidade dos factores nas suas etapas intermédias, ou seja, para garantir a qualidade dos produtos é necessário reduzir a variabilidade no final da produção.

A palavra sigma é o nome de uma letra do alfabeto grego, utilizada na estatística para identificar um parâmetro chamado desvio padrão. Para se poder compreender o conceito de desvio padrão e, conseqüentemente, o conceito Seis Sigma é necessário que se compreenda o conceito de distribuição de probabilidade. As ferramentas de cálculo estatístico para esta filosofia podem encontrar-se pormenorizadamente descritas pelo Prof. C. Cabrita no seu artigo [35], pois não se trata do âmbito deste trabalho a sua apresentação.

A Seis Sigma pode ser aplicada de forma global às organizações ou a um sector em concreto, com a finalidade de se avaliar e melhorar continuamente o seu desempenho no que respeita às mais valias conseguidas, como sucede com a filosofia *Six Sigma Business Scorecard*, proposta por Praveen Gupta em 2004, onde são tidos em consideração diversos parâmetros indicadores do desempenho económico e financeiro. Seguindo esta linha de pensamento, no sentido de se aproveitar as metodologias associadas à filosofia Seis Sigma sugere-se, de uma

forma detalhada, a sua aplicação à Função Manutenção, utilizando as métricas daquela filosofia e os indicadores de desempenho técnicos e financeiros relativos a esta Função resultando assim o Six Sigma Maintenance Scorecard, como analisaremos adiante [52].

O Seis Sigma possui uma visão que se foca não só no controlo mas também na constante optimização de todos os aspectos do processo. A abordagem do Seis Sigma, no que diz respeito à melhoria de um processo, é feita sobretudo através da identificação de áreas que mostram oportunidades de melhoria e da implementação de projectos para proceder a modificações necessárias. Estes projectos seguem um modelo próprio do Six Sigma chamado DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*), como analisaremos mais adiante, sendo em cada passo deste modelo utilizadas as ferramentas estatísticas adequadas [48].

2.1.10. Custos de Má Qualidade

Como é sabido, quando se fabricam produtos defeituosos existem custos associados a esses defeitos, daí que o custo final de cada produto se encontre directamente relacionado com a taxa de defeitos, podendo escrever-se [52]:

$$\begin{aligned} & \text{custo final de produção de cada produto} = \\ & = \text{custo inicial de produção de cada produto} (1 + \text{taxa de defeitos}) \end{aligned}$$

Como facilmente se constata, o custo adicional que resulta da fabricação de mais produtos que o previsto, para substituir as unidades defeituosas, representa uma perda de recursos que é deduzida do lucro global da empresa.

Níveis Seis Sigma	COPQ (em função do volume de vendas)
2	não competitivo
3	25 - 40 %
4	15 - 25 %
5	5 - 15 %
6	< 1 %

Quadro 2.2 - Relação entre os níveis Seis Sigma e os custos de má qualidade.

De acordo com [52], apresenta-se no Quadro 2.2 a relação existente entre os níveis Seis Sigma e os custos de má qualidade COPQ (*Costs Of Poor Quality*), expressos percentualmente em função do volume de vendas, concluindo-se que é essencial alcançar-se um nível Seis Sigma o mais alto possível.

2.1.11. Implementação

O Seis Sigma destaca-se ainda por ser uma filosofia de gestão que engloba toda a estrutura da organização. Deste modo, toda a estrutura empresarial, desde os altos cargos de gestão até

aos trabalhadores fabris, está envolvida nos projectos e está consciente da metodologia adoptada pela empresa. Neste sentido, numa organização onde o Seis Sigma se encontra implementado existe toda uma hierarquia baseada na das artes marciais, podendo um funcionário envolvido num projecto ser *Green Belt*, *Black Belt*, *Master Black Belt* ou *Champion*. Estas designações reflectem o nível de treino e experiência (*Green Belt a Master Black Belt*), a posição do indivíduo no projecto e a posição do indivíduo na organização (o cargo de *Sponsor*, por exemplo, destina-se apenas a gestores de topo) [43]. Traduzidos os termos, temos a seguinte estrutura hierárquica [46,47]:

- **Direcção Executiva** - define os objectivos e cria a estrutura necessária para a sua implementação, e selecciona igualmente os recursos humanos e os projectos,
- **Campeões** - são os responsáveis pela implementação do Seis Sigma em toda a organização,
- **Mestres Cinturões Negros** - dão apoio aos Campeões e são os guias dos Cinturões Negros e Verdes, assegurando a aplicação consistente do Seis Sigma a todos os sectores da organização,
- **Cinturões Negros** - são os responsáveis pelas equipas de trabalho que têm como funções a análise e o acompanhamento dos processos de melhoria contínua,
- **Cinturões Verdes** - integram as equipas lideradas pelos Cinturões Negros, sendo os executores das tarefas definidas para essas equipas.

Nos tempos actuais encontra-se muito desenvolvida a investigação científica sobre as experiências de milhares de empresas que implementaram grandes programas de qualidade como o Seis Sigma.

A filosofia Seis Sigma comporta duas metodologias chave como modelos de melhoria de desempenho: DMAIC, como atrás referido, e DMADV, inspiradas no ciclo *Plan-Do-Check-Act* proposto pelo TQM, de Deming [44,45,46,47]. A DMAIC deve ser utilizada para melhorar os processos já existentes, e consiste em 5 etapas que resumidamente apresentamos:

- **Define** - Definir os processos de melhoria em sintonia com a procura dos clientes e com a estratégia da empresa;
- **Measure** - Medir todos os indicadores relevantes para se avaliar o desempenho,
- **Analyse** - Analisar os dados obtidos para se determinar as relações causa-efeito das anomalias,

- *Improve* - Melhorar os processos através da eliminação dos defeitos,
- *Control* - Controlar todas as variáveis em jogo, para se assegurar que os desvios em relação à média são corrigidos antes de se transformarem em defeitos.

Quanto à DMADV, também designada por DFSS (*Design For Six Sigma*), é utilizada para criar novos produtos ou processos, e abrange também 5 etapas, e resumidamente:

- *Define* - Definir os objectivos a atingir em sintonia com a procura dos clientes e com a estratégia da empresa,
- *Measure* - Medir e determinar as necessidades e as especificações dos clientes, e identificar as características críticas para a qualidade assim como os riscos,
- *Analyse* - Analisar as opções do processo, de modo a irem de encontro à satisfação dos clientes,
- *Design* - Projectar em detalhe o produto ou o processo, criando mecanismos de verificação das conformidades,
- *Verify* - Verificar o projecto e implementar o processo produtivo.

O Seis Sigma não é propriamente de fácil implementação, isto é, normalmente é exigido que os elementos considerados sejam aplicados de forma adequada na organização. Resumidamente destacam-se os seguintes pontos que garantem o sucesso e continuidade do programa Seis Sigma aplicados á estrutura hierárquica [35,45,53]:

- Comprometimento da alta administração;
- Renovação cultural (conhecimento, entendimento e aceitação do programa por parte dos colaboradores);
- Controlo e divulgação dos ganhos na empresa;
- Entendimento do método para alcançar as metas (DMAIC /DMADV);
- Profissionais adequados para cada posto específico;
- Reconhecimento dos esforços dispendidos por parte de todos os profissionais envolvidos;
- Fácil acesso a informações necessárias para o sucesso dos projectos.

Para uma total e bem-sucedida implementação da filosofia Seis Sigma é necessário analisar e examinar vários departamentos da empresa, pois esta terá de funcionar obrigatoriamente como um todo. O nível de qualidade, metas, a alcançar deve estar bem definido e serem

conhecidas por todos dentro da organização sendo que o programa Seis Sigma terá de partir da parte de cima da hierarquia até à parte inferior.

Na prática, há que ter bastante cuidado na adopção da Seis Sigma, devendo, em primeiro lugar, estar ciente dos seguintes aspectos, fundamentais [35,45,53]:

- Não é uma cura milagrosa para todos os males da empresa;
- Não representa uma garantia de sucesso;
- Não se aplica exclusivamente aos processos produtivos industriais;
- Não é mais uma, entre outras mais, ferramenta simples de gestão.

Assim, deve tomar-se atenção às seguintes questões [35,45,53]:

- O que é a Seis Sigma, e o que representa?
- Encontrar-se-á a nossa organização interessada e em condições para aplicá-la?
- Qual seria o montante dos investimentos a realizar, em recursos humanos e materiais, para se conseguir a melhoria da qualidade quer dos processos produtivos, quer dos produtos fabricados?
- Se a nossa empresa já produz com elevados padrões de qualidade, possuindo uma estrutura de funcionamento moderna e estável, será que se justificariam investimentos avultados para melhorar apenas um pouco mais, por vezes sem significado palpável para a própria empresa e para a satisfação dos seus clientes?
- Se, por exemplo, uma especificação de 10 DPM nos produtos fabricados assegura um elevado nível de mais-valias para a empresa, assim como a satisfação plena dos seus clientes, qual seria o interesse em reduzir aquela especificação de qualidade para 3,4 DPM?
- Qual seria o rácio entre as mais-valias previsíveis com a adopção das novas filosofias e os investimentos necessários à sua concretização?
- Quando e em que condições a Seis Sigma poderá ser utilizada de uma forma vantajosa?
- Qual é a melhor forma de introduzi-la e qual o envolvimento necessário?

A implementação da Seis Sigma nas organizações tem o intuito de incrementar a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos na produção, de uma forma

estruturada, considerando todos os aspectos importantes para o negócio. Podemos assim anotar os principais benefícios para a implantação do Seis Sigma [45]:

- Diminuição dos custos organizacionais;
- Aumento significativo da qualidade e produtividade de produtos e serviços;
- Acréscimo e retenção de clientes;
- Eliminação das actividades que não agregam valor;
- Mudança cultural benéfica.

Neste e em todos os programas de qualidade os resultados são preponderantes, e como tal devem ser significativos de forma a levar a uma consolidação e a uma solidificação da empresa. Os profissionais envolvidos, sendo um programa de aplicação contínua, devem “continuamente” manter-se motivados e interessados de forma a garantir o sucesso da filosofia Seis Sigma.

A maioria dos profissionais, utilizam as mesmas ferramentas aplicando a estatística ao longo das décadas. O conceito Seis Sigma coloca algumas inovações nas ferramentas tradicionais [45]:

1. Colocação de um modelo bem definido para atingir a melhoria, por exemplo o DMAIC. A informática é utilizada intensivamente;
2. Aplicação do modelo apenas em projectos reais para obter resultados idênticos aos previstos;
3. Formação de profissionais de forma a se aglomerar os passos anteriores, através de um regime de formação intenso, havendo troca de agentes no trabalho durante a formação.

Como referido, a filosofia Seis Sigma é caracterizada pela utilização de ferramentas estatísticas na busca da eliminação de defeitos em todos os processos da empresa. Uma das ferramentas utilizadas, como atrás sintetizámos, é o DMAIC que é uma estrutura disciplinada e uma abordagem rigorosa para alcançar a melhoria do processo, sendo composto por cinco etapas que na Língua Portuguesa: Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar. Esta ferramenta caracteriza-se por ser uma integração de todas as etapas em que cada etapa anterior está relacionada com a seguinte. Definimos mais detalhadamente o DMAIC através da explicação das suas cinco etapas [45]:

Definição - No primeiro passo ao iniciar-se o modelo Seis Sigma é de elevada importância começar por definir o problema, estabelecer os marcos iniciais e finais. Estabelecer os membros com as respectivas responsabilidades, definir as métricas que indicarão se o

projecto terá ou não sucesso e qual a estimativa de retorno que a empresa terá com a execução do projecto. Primeiramente deve-se definir as questões no departamento ou organização, sendo por vezes usual planear os processos, de forma a obter-se uma melhor compreensão e localizar os problemas. Quando se combate um ou mais problemas é importante definir parâmetros, de forma a entender no âmbito do projecto o que se pretende obter. Entendendo o raio de acção do problema, então define-se as considerações do projecto (duração, testes, objectivos, as ferramentas e pessoal intervenientes). Contudo, qualquer projecto necessita de um limite de eventos, não limitando em qualidade os seus resultados, sendo que quanto mais avança na resolução dos problemas mais próximos se está dos objectivos. O principal objectivo da filosofia Seis Sigma é usar uma forma de equacionar uma definição de factores vitais, para serem medidos, analisados, melhorados e controlados por uma linha de resultados.

Os factores devem explicar directamente a causa e efeito, relacionando o processo de saída, sendo medido em relação à entrada que conduz o processo. Quando se identifica esses factores, pode-se concentrar os esforços nesses factores, obtendo consideráveis retornos, podendo-se avançar para as quatro etapas do método.

Medição - O passo de medição tem o objectivo de determinar a situação do processo até ao início do projecto, ou seja, determinar a situação corrente. A verificação do sistema de medição também é realizada para garantir que os resultados sejam confiáveis. Para a implementação da Seis Sigma, uma empresa necessita alinhar as suas métricas e actividades de melhoria com as necessidades dos negócios. Quando se inicia a fase de medição, primeiramente deve-se identificar os processos cruciais com influência nesta medição. Após estas duas etapas tem-se então a noção dos factores vitais do processo podendo avançar-se assim para uma fase de análise.

Análise - Após a etapa de medição, segue-se a etapa de análise, onde se continua a verificar as variáveis de entrada através do entendimento das relações entre as causas e os efeitos do processo e potenciais fontes de variabilidade. Nesta etapa são normalmente utilizadas várias ferramentas para uma rápida e fácil implementação deste passo. Até este ponto, procura-se entender o porquê da geração de defeitos e das paragens, sendo identificadas múltiplas razões. Para tal são formuladas razões e testes estatísticos para determinar quais os factores críticos para o resultado.

É nesta altura que a fase da análise se torna cíclica, através de uma serie de hipóteses de teste. O ciclo consiste nos seguintes passos:

- Desenvolver hipóteses em torno da (s) causa (s);
- Analisar o processo e/ou dados;

- Se a hipótese está incorrecta, refina-se as hipóteses e volta-se às etapas anteriores, caso contrário, termina-se o ciclo pois está resolvido o enigma.

Os testes de hipóteses usam uma série de detalhes analisados para calcular a probabilidade de o factor que se identificou ser o responsável principal na qualidade do processo. As conclusões estatísticas são de elevada importância para desenvolver soluções práticas, desenvolver planos e tomar acções correctas.

Implementação das melhorias - Neste passo estabelece-se a implementação da melhoria, considerando as acções a serem implementadas com os prazos e responsáveis. Após a realização das experiências, define-se quais os valores a otimizar das variáveis de entrada, resultando assim nas melhores variáveis de saída.

Controlo - Nesta etapa final, com as poucas variáveis de entrada a monitorizar processos pelas métricas definidas e outras ferramentas de medida, para tomar conhecimento durante todo o tempo. Em alguns casos a fase de controlo não chega a realizar-se pois o problema foi integralmente resolvido. Seguindo a sequência lógica do DMAIC, a fase de controlo permite manter a qualidade e produtividade a um elevado nível. Através do planeamento de processos e das medições e análises de cada factor, descobre-se como improvisar a forma de controlar processos produtivos.

No caso do modelo DMADV sendo que as três etapas iniciais (Definição, Medição e Análise), são idênticas à metodologia DMAIC, as restantes duas (Desenvolver e Verificar), definem-se da seguinte forma [16]:

Desenvolver - Nesta etapa pretende-se desenvolver o projecto (protótipo), realizar os testes necessários e preparar a produção em pequena e larga escala. Isto é, Projectar em detalhe o produto ou o processo, criando mecanismos de verificação das conformidades.

Verificar - Nesta etapa final, da metodologia DMADV, procurasse testar e validar a viabilidade do projecto e lançar o produto no mercado, ou seja, verificar o projecto e implementar.

Podemos enumerar algumas considerações em relação a possíveis implementações em determinadas organizações, da filosofia Seis Sigma [16]:

- As organizações deverão, proceder a uma auto-avaliação rigorosa, com a finalidade primeira de avaliarem não só os investimentos a realizar e as mais-valias a obter, mas também a aceitação por parte dos seus recursos humanos;
- A estrutura do tecido empresarial em Portugal, que é constituído por mais de 95 % de pequenas e médias empresas, pelo que deve ter-se em atenção a origem dos modelos, em países mais industrializados, e assim proceder às suas adaptações;

- A implementação deverá ser efectuada em função da especificidade de cada empresa, utilizando uma verdadeira metodologia JIT, se assim se poderá designar, ou seja, no tempo certo, com as metodologias correctas, com um planeamento adequado, e com a duração mais aconselhável.

Podemos assim sintetizar, para que se retenha mais facilmente, de acordo com a figura 2.3, que o segredo do Seis Sigma assenta em três pilares essenciais e imprescindíveis para atingir o seu pleno sucesso. Verifica-se assim que esta metodologia assenta no pilar central (modelo DMAIC/DMADV) e, se não existir investimento financeiro (€) apropriado ou um elevado envolvimento da alta administração da organização (AAO), a estrutura acabará por ceder.

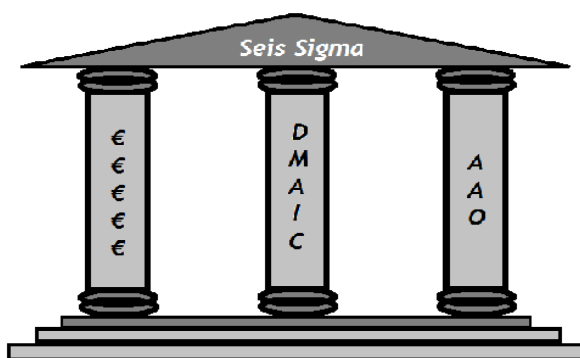


Figura 2.3 - O segredo do sucesso do Seis Sigma. (Fonte: O Autor)

Como se depreende no caso da aplicação DMADV para novos produtos ou processos, no pilar central substitui-se DMAIC por DMADV.

2.1.12. Conceitos e Definições de DPU, DPO e DPMO [49]

Distribuição de Poisson:

A distribuição discreta de Poisson encontra-se relacionada com a probabilidade da ocorrência de um determinado número de acontecimentos num dado intervalo de tempo ou num processo contínuo, onde a média μ de ocorrência desses acontecimentos é conhecida. Esta distribuição é bastante importante não só para a determinação da probabilidade da ocorrência de defeitos em produtos fabricados, mas também em manutenção industrial para o cálculo e para o conhecimento da probabilidade de se verificarem falhas nos equipamentos ou rupturas de *stocks* de materiais de manutenção. Por conseguinte, deve estar incluída nas ferramentas probabilísticas e estatísticas associadas aos departamentos de qualidade, de produção, e de manutenção, sendo obrigatório, como se torna evidente, que os responsáveis e os técnicos superiores desses departamentos dominem perfeitamente a sua aplicação, para que as metodologias associadas às filosofias Magra e Seis Sigma possam ser correctamente utilizadas [49].

A distribuição de Poisson é caracterizada pela seguinte expressão [45]:

$$P(x) = \frac{\mu^x e^{-\mu}}{x!} \dots\dots\dots(2.1)$$

sendo $P(x)$ a probabilidade de ocorrência de um acontecimento x , μ a média aritmética de ocorrências desse acontecimento, e $e = 2,718282$ (base dos logaritmos naturais, ou constante de Neper). A média, a variância σ^2 , e o desvio padrão σ encontram-se relacionados da seguinte maneira:

$$\mu = \sigma^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\sigma = \sqrt{\mu} = \sqrt{\sigma^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

Defeitos Por Unidade DPU:

Este indicador é definido como sendo o seguinte rácio [45,52,53]:

$$DPU = \frac{\text{número total de defeitos}}{\text{número total de unidades inspeccionadas ou verificadas}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Uma unidade, por sua vez, deve ser definida como um produto acabado que sai de um processo produtivo, salientando-se que, no denominador, o número total de unidades inspeccionadas ou verificadas corresponde a simples peças ou componentes fabricados, por exemplo parafusos ou tiristores de potência, ou então a unidades constituídas por diversos componentes, como sucede com uma caixa de velocidades, com uma carta electrónica em circuito impresso, ou com um electrodoméstico.

Quanto ao numerador, o número total de defeitos corresponde ao número total de peças simples ou de componentes fabricados, e não de unidades defeituosas, no sentido mais vasto de unidade, ou seja, de uma agregação de peças simples ou de componentes. Por conseguinte, nesta definição de DPU utiliza-se a totalidade dos defeitos verificados nas peças simples em vez de se considerarem apenas as unidades defeituosas.

Por outro lado, saliente-se que um defeito é uma peça simples ou um componente não conforme com as especificações de fabrico previamente definidas, e que integra uma unidade, que é assim considerada como sendo uma unidade defeituosa. Ou seja, uma unidade defeituosa pode conter um ou mais componentes simples com defeito.

Assim sendo, $P(x)$ é a probabilidade de existirem x defeitos numa unidade produzida, e μ representa o número médio de defeitos por unidade, tendo-se assim:

$$\mu = DPU \dots\dots\dots(2.5)$$

$$P(x) = \frac{DPU^x e^{-DPU}}{x!} \dots\dots\dots(2.6)$$

Em termos gerais, o objectivo de uma linha de produção, sobretudo se vigorar a Seis Sigma, é fabricar equipamentos sem defeitos. Deste modo, utilizando a distribuição de Poisson, a probabilidade de se produzirem unidades isentas de defeitos é:

$$P(0) = \frac{DPU^0 e^{-DPU}}{0!} = e^{-DPU} \dots\dots\dots(2.7)$$

Como é sabido, os processos de fabricação são constituídos por diversas operações, que englobam vários passos ligados de forma dependente entre si. Por conseguinte, a probabilidade de uma unidade ultrapassar um desses passos isenta de defeitos será [45]:

$$P(0) = e^{-DPU} \dots\dots\dots(2.8)$$

Designando esta probabilidade por *y* (*yield*, produto em conformidade), tem-se:

$$y = e^{-DPU} \dots\dots\dots(2.9)$$

representando assim *y* a probabilidade de uma unidade ultrapassar um primeiro passo de fabricação, sem defeitos. Esta probabilidade é designada na literatura inglesa por *first pass yield* [45,52], que se poderá traduzir, em termos de significado físico, por “unidade sem defeitos de primeiro passo”. Deste modo, conhecendo-se a probabilidade de uma unidade ultrapassar o primeiro passo de fabricação sem defeitos, consegue-se calcular DPU manipulando matematicamente a expressão anterior, ou seja:

$$DPU = -\ln(y) \dots\dots\dots(2.10)$$

Como se explicitou anteriormente, o *first pass yield* representa a probabilidade de uma unidade produzida ultrapassar um passo do processo de fabricação. Com base neste conceito, Bass [45] apresenta um outro conceito, mais completo, designado por RTY - *Rolled Throughput Yield*, que representa a probabilidade de uma unidade produzida ultrapassar um conjunto de processos sem quaisquer defeitos e que se poderá traduzir por “unidade sem defeitos através do conjunto de processos”. Em termos matemáticos, para *m* processos encadeados, cada um deles com um *first pass yield* *y_n*, o RTY será calculado pelo seu produto, atendendo a que se têm *m* probabilidades em série:

$$RTY = \prod_{n=1}^m y_n \dots\dots\dots(2.11)$$

Consequentemente, tem-se ainda:

$$DPU = -\ln(RTY) \dots\dots\dots(2.12)$$

Note-se que se tem, como é evidente:

$$\begin{aligned} DPU = -\ln(RTY) &= -\ln\left(\prod_{n=1}^m y_n\right) = \dots\dots\dots(2.13) \\ &= -\sum_{n=1}^m \ln(y_n) = \sum_{n=1}^m DPU_n \end{aligned}$$

Defeitos por Oportunidade DPO:

Este parâmetro, em termos de definição generalizada, representa o rácio entre o número de defeitos e o número de oportunidades de se observarem esses defeitos, ou seja:

$$DPO = \frac{\text{número total de defeitos}}{\text{número total de oportunidades de defeito}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Para melhor compreensão, uma vez que o conceito expresso no denominador poderá apresentar alguma complexidade, considere-se a situação correspondente a uma organização industrial, em que o seu desempenho global corresponde à *Six Sigma Business Scorecard*, devendo *DPU* e *DPO* serem calculados tendo como base os recursos humanos com poder decisório, tendo-se assim:

$$DPU = \frac{\text{número total de decisões incorrectas}}{\text{número total de decisores afectos aos processos}} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$DPO = \frac{\text{número total de decisões incorrectas}}{\text{número total de decisores}} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\begin{aligned} &\text{número total de decisores} = \\ &= \text{número total de decisores afectos aos processos} \times \\ &\quad \times \text{número de directores executivos} \end{aligned}$$

$$DPO = \frac{DPU}{\text{número de directores executivos}} \dots\dots\dots(2.17)$$

Saliente-se que esta demonstração conduz exactamente à expressão de cálculo de DPMO que se apresentou directamente em [53], sendo DPU calculado recorrendo-se à distribuição de Poisson, como se deduziu atrás.

Defeitos por Milhão de Oportunidades DPMO:

É calculado, como se torna óbvio, através da expressão:

$$DPMO = DPO \times 10^6 \dots\dots\dots (2.18)$$

sendo o indicador normalmente utilizado na filosofia Seis Sigma para a determinação dos níveis sigma, através da distribuição normal de probabilidades [45,48,52,53].

2.1.13. Manutenção Industrial Magra

A filosofia Manutenção Magra (Lean Maintenance) encontra-se integrada nos processos de Produção Magra, obedecendo aos mesmos princípios, e que consistem numa melhoria contínua com o objectivo de eliminar desperdícios, reduzir *stocks*, aumentar a fiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos, e atingir a meta “zero falhas”. É uma filosofia pró-activa que utiliza simultaneamente as metodologias de planeamento associadas à Manutenção Produtiva Total TPM, e as estratégias de detecção e controlo de falhas inerentes à Manutenção Centrada na Fiabilidade RCM [21].

É sabido que a Lean Maintenance foi considerada pela primeira vez na década de 1980, como sendo um programa integrado no Toyota Production System TPS, tendo o vocábulo Lean Manufacturing, nunca utilizado pela Toyota, sido empregue pela primeira vez por James Womack, como referido atrás, publicado em 1990. Por outro lado, a filosofia Lean Production encontra-se fortemente associada à Manutenção Produtiva Total, na medida em que nasceram no seio da mesma organização, e utilizam procedimentos comuns como o 5S e o Kaizen[42].

Na prática, para que se disponha de uma verdadeira filosofia de Manutenção Magra, devem-se adoptar os seguintes procedimentos [21]:

- o Existência de uma política eficiente de gestão de materiais de manutenção - reduz o inventário dos *stocks*, reduz os tempos de paragem dos equipamentos, limita ao mínimo necessário a área dos armazéns, e aumenta a produtividade dos recursos humanos afectos à manutenção;
- o Estabelecimento de um programa efectivo de manutenção preventiva - é um factor fundamental, devendo o seu peso ser tanto maior quanto mais elevadas forem as criticidades dos equipamentos;

- Existência de uma biblioteca técnica, real ou virtual, sobre manutenção industrial - as especificações e os manuais técnicos dos equipamentos, assim como outras obras de carácter mais geral, deverão estar acessíveis sempre que sejam necessários;
- Reportar em tempo real todos os problemas que surjam com todos os equipamentos - informação a ser fornecida pelos supervisores e pelos operadores aos responsáveis pelo planeamento, para que possam, através de um diálogo aberto realizado com recurso aos canais de comunicação mais rápidos e eficientes, resolver os potenciais problemas, recorrendo aos operadores e à engenharia;
- Subcontratação de serviços de manutenção - prática que deve ser utilizada quando não se dispõe de recursos humanos especializados para desempenharem determinadas tarefas, ou ainda para se minimizarem os custos directos da manutenção;
- Instalação de um sistema de gestão da manutenção assistido por computador - este sistema deverá ser integrado no sistema informático global da organização, de modo a que o planeamento da manutenção se enquadre plenamente nos objectivos da produção;
- Existência de um histórico de falhas e reparações de todos os equipamentos - este histórico, que é fundamental para que se saiba quais os equipamentos críticos assim como todas as falhas e reparações efectuadas, deve fazer parte do sistema informático de gestão, de modo a providenciar todos os dados necessários, quando solicitados;
- Definição de um plano coerente de formação - os recursos humanos devem ser submetidos permanentemente a acções de formação e actualização, de modo a sentirem-se motivados, contribuindo assim para o aumento da produtividade e da sua própria segurança;
- Existência de uma prática FMECA (*Failure mode effects and criticality analysis*) - o conhecimento continuado dos modos e efeitos das falhas, assim como dos índices de criticidade dos equipamentos, permite aplicar as medidas de manutenção preventiva mais adequadas e, inclusivamente, nas situações de falhas repetitivas, de manutenção melhorativa;
- Criação de sinergias entre os recursos humanos afectos à produção e à manutenção - esta cooperação é fundamental, na medida em que o pessoal da produção é responsável pela fiabilidade do processo produtivo, enquanto que o pessoal da manutenção assegura a máxima fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, o que potencia a detecção e correcção de pequenas anomalias pelos operadores;
- Existência de vontade - é necessário que haja a vontade de se implementarem filosofias e políticas de manutenção que conduzam a uma melhoria dos serviços e à redução de custos directos e indirectos;
- Criação de mecanismos de qualidade - têm como objectivo avaliar a eficiência dos serviços de manutenção, através dos indicadores mais adequados, tendo em atenção que

a qualidade desses serviços se encontra relacionada com a competência dos recursos humanos, com os custos directos e indirectos, e com a disponibilidade dos equipamentos, devendo ainda ter-se em conta que é fundamental, para os equipamentos, a aplicação da metodologia RAMS (*Reliability, Availability, Maintainability, Security*; em língua Portuguesa: *Fiabilidade, Disponibilidade, Manutenibilidade, Segurança*);

- Existência de recursos humanos altamente qualificados - estes recursos são essenciais para que se possam adoptar práticas Lean, na medida em que exigem um elevado nível de capacidades e conhecimentos, e uma pré-disposição para se submeterem a planos coordenados de formação contínua;
- Utilização conveniente de tecnologias de manutenção - devem-se utilizar os processos e os equipamentos mais adequados, do ponto de vista tecnológico, não só como meios de diagnóstico mas também para as intervenções de manutenção, encarando o custo desses equipamentos não como uma despesa mas sim como um investimento rentável, com retornos de mais valias assegurados através do processo produtivo;
- Redução de documentos em papel - deve-se utilizar preferencialmente os canais informáticos, nos gabinetes de planeamento e gestão das actividades de manutenção, definindo claramente, por exemplo, a cadeia de realização de tarefas (*workflow*), como se esquematiza na figura 2.4.

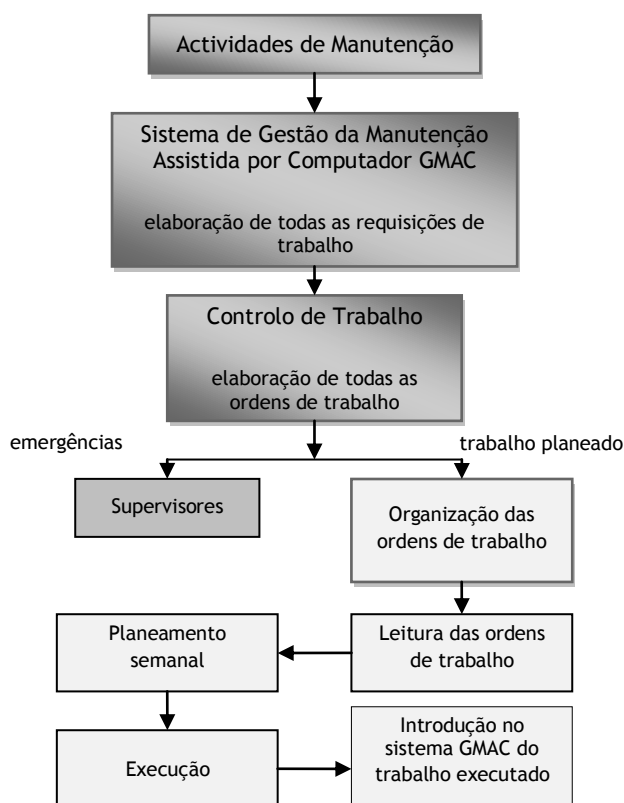


Figura 2.4 - Cadeia de realização de operações de manutenção. (Fonte: Adaptado de [48])

De um modo geral, a filosofia Lean Maintenance apoia-se nas seguintes metodologias:

- Utilização dos modelos principais de manutenção TPM e RCM, assim como dos seus modelos derivados e complementares;
- Optimização da eficiência global dos equipamentos e das linhas de produção;
- Optimização da eficiência dos activos, materiais e humanos;
- Utilização da metodologia 5S;
- Definição normalizada das actividades de manutenção;
- Circulação da informação técnica e administrativa em tempo real, de preferência em suporte informático;
- Utilização da metodologia Poka-Yoke, que consiste em criar procedimentos isentos e à prova de erros,

com o objectivo de se conseguirem os seguintes resultados:

- Disponibilidade total dos equipamentos e das linhas de produção;
- Fiabilidade absoluta dos equipamentos e dos processos produtivos;
- Controlabilidade perfeita das metodologias e actividades associadas à manutenção, assim como do desempenho de todos os equipamentos;
- Produção com qualidade máxima, isenta de falhas aleatórias.

Aconselha-se a consulta ao portal da Comunidade Lean Thinking [25], que tem vindo a desenvolver um trabalho notável não só na divulgação destas filosofias de gestão, mas também na formação pós-graduada de quadros técnicos para a sua implementação, o que é fundamental para a sobrevivência e consolidação das organizações numa economia à escala global. Um outro portal cuja consulta também se aconselha, é o do Kaisen Institute Portugal, que se tem notabilizado pela divulgação das metodologias de melhoria contínua [23,26].

2.1.14. Seis Sigma Magra

Em 1997 a empresa norte-americana *TBM Consulting Group*, desenvolveu e registou como marca a filosofia *Lean Six Sigma* (Seis Sigma Magra), ou apenas *Lean Sigma* (Sigma Magra), que permite aos seus utilizadores actuarem sobre os diversos processos existentes nas empresas, com a finalidade de se atingir uma maior fiabilidade, reduzir os custos de operação, reduzir os prazos de entrega, e melhorar a coordenação entre departamentos, ou seja, aumentar a competitividade [48]. A estratégia adoptada consiste em fazer a conjugação da rapidez de execução da *Lean* com a eficácia, a robustez e a profundidade da *Six Sigma*, como se expõe cronologicamente na figura 2.5.

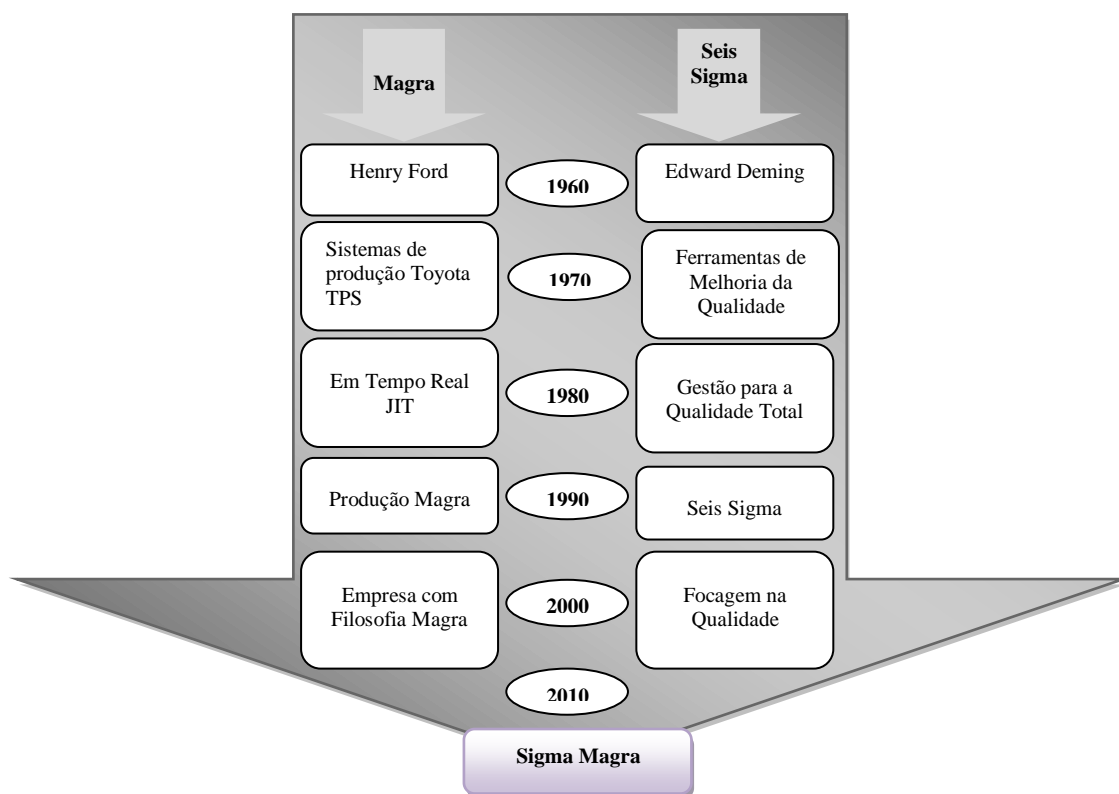


Figura 2.5 - Evolução paralela das filosofias Magra e Seis Sigma. (Fonte: Adaptado de [48])

Esta integração é cada vez mais necessária na medida em que a *Six Sigma*, por si só, não consegue melhorar o tempo de ciclo dos processos, e a *Lean*, considerada igualmente de forma isolada, não actua no controlo da variabilidade e da capacidade e “capabilidade” dos processos, assim como não consegue equacionar e otimizar variáveis complexas. De acordo com a empresa citada, os tempos de produção reduzem-se de dias para algumas horas, os *stocks* de produtos e de materiais em mais de 90 %, os defeitos e falhas em 50 % ou mais, a produtividade aumenta entre 25 % e 50 %, e o serviço aos clientes em 90 % a 100 %. Saliente-se que a filosofia *Six Sigma* é muito metódica, podendo suceder que a sua completa instalação numa unidade fabril possa demorar entre 4 a 6 meses, entrando em contradição com a cultura *Lean* de velocidade orientada. Como tal, a empresa em questão criou uma ferramenta de implementação da *Lean Sigma*, que designou por *Sigma Kaizen* (Sigma de Melhoria Contínua), que permite encurtar aquele período para 6 a 8 semanas, daí que a associação entre a *Sigma* e o *Kaizen* permita reduzir drasticamente a instalação da *Seis Sigma* [48].

Sem dúvida que a aplicação conjugada dos princípios de manutenção industrial que se discriminaram, com as filosofias *Lean* e *Sigma*, conduz a resultados de exploração caracterizados por uma melhoria contínua, com uma permanente optimização da eficiência dos activos. Todavia, existem questões técnicas e económicas essenciais, associadas directamente à adopção de todas estas filosofias de melhoria contínua, e que, por vezes, não são citadas ou analisadas quando se apresentam os benefícios dessas filosofias [12,27,28,29]:

- Qual seria o montante dos investimentos a realizar, em recursos humanos e materiais, para se conseguir a melhoria da qualidade quer dos processos produtivos, quer dos produtos fabricados?
- Se uma determinada empresa já produz com elevados padrões de qualidade, possuindo uma estrutura de funcionamento moderna e estável, será que se justificariam investimentos avultados para melhorar apenas um pouco mais, por vezes sem significado palpável para a própria empresa e para a satisfação dos seus clientes?
- Se, por exemplo, uma especificação de 10 DPM nos produtos fabricados assegura um elevado nível de mais valias para a empresa, assim como a satisfação plena dos seus clientes, qual seria o interesse em reduzir aquela especificação de qualidade para 3,4 DPM?
- Qual seria o rácio entre as mais valias previsíveis com a adopção das novas filosofias e os investimentos necessários à sua concretização?
- Quais seriam as implicações a curto prazo, sobretudo ao nível dos recursos humanos, com a implementação acelerada das novas filosofias?
- Quais seriam as consequências das crises económicas para o processo produtivo - veja-se o caso recente da Toyota, que é o primeiro construtor automóvel mundial, e que se destaca pela excelência do seu modelo de produção, mas que, devido ao clima de recessão que se vive, não conseguiu ficar acima da “linha de água”, o mesmo sucedendo com a generalidade da indústria automóvel, que utiliza processos produtivos verdadeiramente Lean e Sigma?
- Não se devem encarar as filosofias Lean e Sigma como as receitas de gestão que curam todas as maleitas dos processos produtivos, como se de milagres se tratassem;
- As organizações que as queiram adoptar deverão, em primeiro lugar, proceder a uma auto-avaliação rigorosíssima, com a finalidade primeira de avaliarem não só os investimentos a realizar e as mais valias a obter, mas também a receptividade por parte dos recursos humanos;

- A estrutura do tecido empresarial em Portugal, que é constituído por mais de 95 % de pequenas e médias empresas, difere significativamente do existente nas grandes potências económicas, daí que a aplicação das novas filosofias deverá ter em atenção que foram criadas e desenvolvidas para serem utilizadas em estruturas completamente diferentes das nossas;
- A implementação da Lean e da Sigma deverá ser efectuada em função da especificidade de cada empresa, utilizando uma verdadeira metodologia JIT, se assim se poderá designar, ou seja, no tempo certo, com as metodologias correctas, com um planeamento adequado, e com a duração mais aconselhável.

Casos de Sucesso Seis Sigma Magra

Para além do sucesso verificado nas empresas de origem das metodologias *Magra* e *Seis Sigma*, nomeadamente Toyota (*Lean Manufacturing*), Motorola e GE (*Six Sigma*), existem actualmente inúmeros casos de sucesso de implementação da metodologia *Lean Seis Sigma*.

Caterpillar

Este é um exemplo de que a metodologia Seis Sigma Magra passou as barreiras dos seus criadores. A Caterpillar é uma multinacional Norte Americana, sendo considerada a maior fabricante de materiais e equipamentos para construção. Segundo [33], esta empresa deparou-se em 2000 com uma situação de estagnação produtiva onde se começava a temer o pior. Determinados a ganhar de novo a posição de liderança no mercado e começar a crescer novamente, a empresa implantou a metodologia Seis Sigma Magra em Janeiro de 2002. A Caterpillar queria revolucionar, não só, a forma como os colaboradores trabalhavam, mas também a atitude dos mesmos no local de trabalho. O objectivo era dirigir toda a inovação em prol do cliente [33].

O programa começou com nove meses de formação a 4200 colaboradores com diferentes *backgrounds*, desde a engenharia, a finanças. Depois da formação, estes colaboradores lideraram os seus próprios projectos, pelas 27 unidades de negócio da empresa, e serviram de mentores para o resto da organização. Para além da prova inequívoca de que a metodologia Seis Sigma Magra abrange hoje todo o tipo de negócio, a Caterpillar é o exemplo de como a Seis Sigma Magra é claramente uma estratégia. Repare-se que, aplicando os métodos *Seis Sigma Magra*, o departamento que sofreu mais transformações foi o de estratégia e desenvolvimento. Com o estudo elaborado sobre consumidores, mercados e as próprias capacidades da Caterpillar, foi possível desenvolver novos produtos capazes de responder às necessidades dos clientes e, com isso, promover o crescimento da empresa [33].

Mas não foi só a nível estratégico que a Caterpillar sofreu transformações. Existiram muitas transformações operacionais, em particular na *Caterpillar's Supply Chain*. Através da Seis

Sigma Magra foi possível reduzir em 50% os tempos de entrega e reduzir os atrasos provocados pelos fornecedores de bombas. Historicamente, sempre que uma bomba avariava durante os testes iniciais à mesma, a Caterpillar tinha de repará-la ou ficar à espera que o fornecedor enviasse alguém para a reparar o que envolvia consumo de tempo. Depois da aplicação da metodologia Seis Sigma Magra os fornecedores fazem o seu próprio teste de processo e ruptura de bombas, antes de enviar o material para a Caterpillar, sendo-lhe atribuída uma penalização financeira se não corresponderem aos objectivos de qualidade do produto especificados pela Caterpillar [33].

De acordo com o Vice-presidente da Caterpillar, Dave Burritt, os resultados da implementação da metodologia Seis Sigma Magra foram fenomenais sendo, actualmente, um componente crítico de sucesso da empresa [33].

Caetano Bus

A Caetano Bus é uma empresa que produz autocarros e carroçarias para os mesmos, resultante de uma parceria entre o grupo Salvador Caetano e a Evobus, a divisão de autocarros da Daimler. Segundo [34], durante a primeira fase de implementação da metodologia, foi possível identificar que a situação inicial das linhas de produção da empresa se caracterizava por operações de montagem não balanceadas, falta de trabalho normalizado, abastecimentos feitos em contentores de rede em lotes de 5 autocarros e paragem dos operadores por falta de material. Foram, então, definidos os seguintes objectivos [34]:

- Aumentar em 25% a produtividade (medidas em horas/autocarro)
- Aumentar em 20% a produtividade das pessoas directamente ligadas ao abastecimento da linha;
- Dotar a empresa de um fluxo de material optimizado criando condições para a implementação de um sistema de gestão *Pull*.

Para responder a estes objectivos, a equipa de projecto implementou o sistema de gestão *Pull*, com uma forte componente em Gestão Visual e utilização de *Kanban*, organização física dos transportes para acelerar fluxos de materiais, metodologia 5S e trabalho padronizado.

O relatório da empresa permitiu constatar os seguintes ganhos [34]:

- Aumento de produção de 5 autocarros/semana para 7 autocarros /semana;
- Redução do tempo de ciclo por autocarro;
- Aumento da produtividade dos abastecimentos à linha em 40%;
- Redução de paragens por falta de material;
- Redução do número de defeitos detectados na inspecção final.

2.1.15. Carta de Registo de Negócios Seis Sigma [52]

Apresentamos agora uma das várias filosofias e ferramentas para o cálculo do nível Seis Sigma para as organizações em termos de desempenho de negócios, ferramenta esta que deu origem, como veremos mais á frente á Carta de Registo de Manutenção Seis Sigma.

Características Gerais

De facto encontramos vários autores com diferentes métodos de cálculo do nível Seis Sigma para as organizações, seguidamente passamos a descrever a metodologia assumida nesta dissertação, que o Prof. C. Cabrita, como se verá mais adiante, aplica á manutenção com grande eficácia de uma forma bastante fiável e metódica.

Praveen Gupta, em 2004, propôs uma nova filosofia designada por *Six Sigma Business Scorecard* (SSBS) [52] que, na língua portuguesa: Carta de Registo de Negócios Seis Sigma, e que resulta da associação entre a Seis Sigma e a *Balanced Scorecard* (Carta de Registo Balanceada), tendo como finalidade a análise e a melhoria do desempenho financeiro e de negócios das organizações, com base nos níveis Seis Sigma. Representa um processo de melhoria contínua, que permite avaliar e analisar o desempenho das organizações tendo como base a estratégia previamente definida, desempenho esse que é contabilizado por meio dos níveis Seis Sigma através de indicadores relacionados com a situação financeira, com os processos produtivos ou de serviços, com os clientes, com os fornecedores, com a estratégia de desenvolvimento, e com os seus recursos humanos. Ou seja, permite medir por meio dos níveis sigma o desempenho financeiro e de negócios das organizações, conferindo à administração a possibilidade de monitorizar esse desempenho face à estratégia previamente definida, e delinear as respectivas melhorias [49]. Gupta (2004), propõe um indicador, denominado *Business Performance Index* (Índice de Desempenho de Negócios), como sendo uma medida relativa de desempenho, e que permite, por sua vez, determinar o correspondente nível Seis Sigma.

Por analogia com a *Six Sigma Business Scorecard*, a Manutenção Seis Sigma representa igualmente um processo de melhoria contínua, sem desperdícios, que permitirá analisar e melhorar o desempenho das actividades de manutenção com base nos níveis Seis Sigma, face aos objectivos previamente definidos, e delinear *a posteriori* as respectivas melhorias a adoptar. De um modo geral, esta filosofia deverá apresentar as seguintes características, para que se consiga atingir a meta “zero falhas” [45,48,53]:

- Utilização de políticas de manutenção essencialmente preventivas e melhorativas;
- Maximização da rentabilidade e da eficiência dessas políticas, reduzindo os custos das intervenções;
- Aceleração dos processos de melhoria contínua, com uma transição rápida e eficiente das políticas correctivas e reactivas para uma nova cultura suportada por políticas preventivas e melhorativas;

- Promoção e estimulação da participação de todos os recursos humanos na implementação e no desenvolvimento das metodologias Seis Sigma, aproveitando as bases da Manutenção Produtiva Total TPM, assim como de outros modelos de manutenção, que envolvem directamente os operadores dos equipamentos com o objectivo de se evitarem desperdícios de tempo e de recursos materiais e humanos;
- Forçar as mudanças culturais na estrutura dos serviços afectos à Função Manutenção, numa base de melhoria contínua;
- Deverá ser conduzida pela administração, que é responsável pela estratégia, pelo planeamento, e pela rentabilidade da organização, mas com a participação de todos;
- Deverá ser controlada pelo director do Departamento de Manutenção, em colaboração directa com o director do Departamento de Produção;
- Deverá ser melhorada continuamente pelos restantes recursos humanos afectos a esses dois departamentos;
- Promoção de uma atitude de formação contínua, de modo a estimular todos os recursos humanos, para que se sintam cada vez mais responsáveis e que possam assim contribuir para o desenvolvimento de soluções inovadoras, indo de encontro às necessidades produtivas;
- Adopção das políticas mais convenientes no que respeita à gestão de materiais, de modo a evitar-se a existência não só de armazéns sobredimensionados mas também de recursos administrativos desnecessários;
- Utilização de meios de diagnóstico adequados, tecnologicamente desenvolvidos, e de uma rede de aquisição e processamento de dados em tempo real;
- Utilização de meios informáticos como suporte a todas as actividades, técnicas e administrativas, inerentes à Função Manutenção.

Implementação da filosofia

Com base nas linhas orientadoras da *Six Sigma Business Scorecard* [52], deverão ser observados os seguintes 19 passos sequenciais para a correcta instalação da Manutenção Seis Sigma:

1. Entender claramente o significado da filosofia,
2. Fazer sentir que esta filosofia corresponde à miscigenação da Seis Sigma com os objectivos de negócios da organização,
3. Criar o indicador Índice de Desempenho de Negócios,
4. Estabelecer os objectivos de melhoria a curto e a longo prazo para todos os centros de lucro da organização,
5. Estabelecer os parâmetros de medição para todos os centros de lucro,
6. Estabelecer a relação entre a produtividade e os valores dos parâmetros medidos,
7. Desenvolver uma política de utilização de tecnologia de ponta para automatização dos sistemas de aquisição e análise de dados,

8. Estabelecer um sistema agregado de *Six Sigma Business Scorecard*, que envolva a totalidade dos centros de lucro,
9. Identificar os processos-chave de melhoria do desempenho,
10. Identificar todos os parâmetros associados aos processos, a montante, de execução, e a jusante,
11. Estabelecer métodos de recolha de dados para esses parâmetros,
12. Corrigir e analisar os dados obtidos, e calcular as taxas de erro, os tempos de ciclo, e os custos associados a cada departamento,
13. Elaborar as cartas de tendência e apresentar os dados respeitantes aos objectivos a alcançar, de preferência com uma periodicidade semanal,
14. Publicar internamente o Índice de Desempenho de Negócios semanal, assim como os relatórios mensais de progresso,
15. Rever o desempenho de negócios a partir dos resultados obtidos, e tendo como base os objectivos iniciais,
16. Identificar os indicadores que apresentem uma elevada variância e um desempenho adverso face aos objectivos iniciais,
17. Investigar as causas das elevadas variâncias e das perdas onde elas aconteçam,
18. Desenvolver as acções curativas de melhoria do desempenho,
19. Monitorizar o impacto das melhorias no Índice de Desempenho de Negócios e na rentabilidade.

2.2. Determinação do Nível Seis Sigma

Grandes e Médias Empresas

Para se compreender a metodologia de determinação do nível Seis Sigma para esta filosofia, apresenta-se no quadro 2.3 um exemplo numérico prático baseado em [49,52,53], para grandes e médias organizações. O figurino deste quadro corresponde assim à Carta de Desempenho de Negócios, isto é, à *Business Scorecard*, que deverá ser elaborada para um determinado período temporal previamente definido, por exemplo um mês, um trimestre ou um semestre, devendo seguir-se os seguintes passos para a sua elaboração:

- **Definição dos indicadores a medir:** usualmente utilizam-se os 10 indicadores discriminados na coluna 1, na medida em que permitem caracterizar todas as vertentes de funcionamento e de desenvolvimento das organizações, de acordo com [52].
- **Definição dos pesos dos indicadores:** estes pesos P_n são atribuídos a cada indicador em função da especificidade de cada um e da sua importância no desenvolvimento da organização, devendo a sua soma ser igual a 100. Os valores expostos no quadro 1 correspondem aos recomendados por Gupta [52], sendo baseados na prática empresarial.

- **Definição do desempenho de cada indicador:** para cada um dos n indicadores, este desempenho, para o período temporal em análise, poderá ser determinado percentualmente em função do desempenho teórico previamente definido, ou seja, através do seguinte rácio:

$$R_n = \frac{\text{desempenhoobtido} \times 100}{\text{desempenhoreviamente definido}} \dots\dots\dots(2.19)$$

Para esta possível opção, a obtenção do valor numérico deste rácio é relativamente fácil, todavia [52] recomenda que sejam adoptados os valores que se mostram no quadro 2.4. Esta segunda opção, que deverá ser aquela a seguir, permite diferenciar de uma forma mais clara e concisa um bom de um mau desempenho, para cada um dos 10 indicadores medidos, como se verá mais adiante de uma forma mais evidente, na elaboração da *Maintenance Scorecard* para a Manutenção Seis Sigma.

- **Determinação dos Índices de Desempenho de Negócios Parciais:** para cada um dos n indicadores, estes índices parciais são calculados por meio da seguinte expressão:

$$IDNP_n = \frac{P_n \times D_n}{100} \dots\dots\dots(2.20)$$

- **Determinação do Índice de Desempenho de Negócios:** é calculado pela expressão:

$$IDN = \sum_{n=1}^{10} IDNP_n \dots\dots\dots(2.21)$$

- **Determinação do número de Defeitos Por Unidade DPU:** como se demonstrou em [49,53], a partir do valor de IDN o cálculo de DPU para a *Six Sigma Business Scorecard* é efectuado através da seguinte expressão, na medida em que $IDN/100$ deverá ser entendido, para a globalidade de uma organização, como sendo um *Rolled Throughput Yield RTY*:

$$DPU_B = -\ln \left(\frac{IDN}{100} \right) \dots\dots\dots(2.22)$$

- **Determinação do número de Defeitos Por Milhão de Oportunidades DPMO:** como se exprimiu em [49], na definição de $DPMO$ o denominador surge como sendo o *número total de oportunidades de defeito ou de erro*, isto é, o número total de possibilidades

de se terem defeitos ou de se cometerem erros. Na situação da *Six Sigma Business Scorecard* as oportunidades de erro correspondem ao número de administradores executivos com poder de decisão, na medida em que as tomadas de decisão, assim como a condução superior dos negócios e a definição das respectivas estratégias de desenvolvimento são da sua exclusiva responsabilidade, tendo-se assim:

$$DPMO_B = \frac{DPU_B \times 10^6}{\text{número de administradores executivos}} \dots\dots\dots(2.23)$$

Note-se que, para um determinado desempenho contabilizado através de DPU_B , quanto mais reduzido for o número de executivos com poder decisório, mais elevado será $DPMO_B$ e, conseqüentemente, mais baixo será o nível Seis Sigma. Esta relação compreende-se facilmente, na medida em que, se se consegue atingir um dado nível de DPU_B com um número mais elevado de executivos, ou seja, com um maior número de possibilidades de erro, significa que, na prática, as decisões erradas que foram tomadas nos processos de melhoria contínua dos 10 indicadores medidos, são inferiores às que se teriam com um número menor de executivos. Por conseguinte, para um mesmo valor de DPU_B alcançado, quanto maior for o número de executivos, mais reduzido terá de ser o número de decisões erradas a tomar [49].

- **Determinação do nível Seis Sigma:** o cálculo dos diversos níveis sigma é realizado recorrendo-se à distribuição normal padrão e à respectiva tabela de probabilidades, jogando numericamente com os $DPMO$ e com as respectivas áreas abrangidas por aquela distribuição, efectuando-se as correspondentes equivalências, como se discrimina de uma forma detalhada em [53]:

$$A_{eq} = DPMO_B \times 10^{-6} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$A(Z_{eq}) = 1 - A_{eq} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$P(Z < Z_{eq}) = A(Z_{eq}) \dots\dots\dots(2.26)$$

$$m = Z_{eq} \dots\dots\dots(2.27)$$

$$\text{nível Seis Sigma} = m + 1,5 \dots\dots\dots(2.28)$$

Como se constata, estes cálculos são realizados recorrendo-se à distribuição normal padrão e à respectiva tabela de probabilidades. Na prática, para se simplificar a determinação do nível Seis Sigma, é de todo aconselhável a construção de um quadro que relacione directamente os

níveis Seis Sigma, de 1 a 6, com os DPMO, como se esquematiza em [49], obtendo-se assim o quadro 2.5. Para os níveis calculados com a sua parte decimal à centésima ou à milésima, por exemplo 3,25, os respectivos DPMO poderão ser determinados, sem erro significativo, através de interpolação linear.

Indicadores medidos	P_n	D_n	$IDNP_n$
M1. Número de colaboradores de excelência	15	75	11,25
M2. Rentabilidade	15	80	12
M3. Taxa de melhorias dos processos	20	80	16
M4. Recomendações por colaborador	10	100	10
M5. Rácio gastos totais/volume de vendas	5	75	3,75
M6. Taxa de defeitos dos fornecedores	5	75	3,75
M7. Variância do tempo de ciclo operacional	5	100	5
M8. Taxa de defeitos dos processos	5	75	3,75
M9. Rácio novos negócios/volume de vendas	10	100	10
M10. Satisfação dos clientes	10	90	9
Cálculos			
IDN	84,5 %		
DPU_B	0,1684		
número de executivos	10		
$DPMO_B$	16840		
A_{eq}	0,01684		
$A(Z_{eq})$	0,98316		
m	2,124		
nível Seis Sigma	3,624 (3,62)		

Quadro 2.3 - Exemplo numérico prático de determinação do nível Seis Sigma para a filosofia *Six Sigma Business Scorecard*, aplicada a médias e grandes empresas (*Business Scorecard*) (Fonte: Adaptado de [53]).

Da análise dos valores expostos no quadro 2.3 assim como das fórmulas que estão na sua origem, facilmente se constata que, quanto melhores forem os desempenhos relativos aos 10 indicadores, mais elevados serão os níveis sigma, ou seja, melhor será a situação financeira global da organização. A situação ideal corresponderia a terem-se todos os indicadores D_n iguais a 100 %, ou seja, um desempenho pleno em todas as vertentes, conduzindo a zero $DPMO_B$. Note-se que o somatório dos pesos tem que ser igual a 100, para que, se os indicadores D_n fossem todos iguais a 100 %, se tivesse o valor máximo possível para IDN , isto é, 100 %. Contudo, na prática, esta situação é quase impossível de se atingir, mostrando-se no quadro 2.6 os valores máximos e mínimos que se conseguem obter para os DPU_B de acordo

com o quadro 2.4, e no quadro 2.5 os limites dos $DPMO_B$ em função do número de executivos [53].

Indicadores medidos		D_n
M1. Número de colaboradores de excelência (% de colaboradores)	0,2 %	25
	0,5 %	50
	2 %	75
	> 5 %	100
M2. Rentabilidade (% de aumento dos lucros)	2 %	50
	4 %	60
	8 %	80
	> 12 %	100
M3. Taxa de melhorias dos processos	< 20 %	50
	30 %	60
	40 %	80
	> 50 %	100
M4. Recomendações por colaborador	0,5	50
	1	60
	2	70
	> 5	100
M5. Rácio gastos totais/volume de vendas	> 60 %	30
	45 %	50
	35 %	75
	< 25 %	100
M6. Taxa de defeitos dos fornecedores (níveis seis sigma)	< 3 sigma	25
	4 sigma	50
	5 sigma	75
	> 6 sigma	100
M7. Variância do tempo de ciclo operacional	> 50 %	25
	40 %	50
	25 %	75
	< 10 %	100
M8. Taxa de defeitos dos processos (níveis seis sigma)	< 3 sigma	25
	4 sigma	50
	5 sigma	75
	> 6 sigma	100
M9. Rácio novos negócios/volume de vendas	20 %	25
	30 %	50
	40 %	75
	50 %	100
M10. Satisfação dos clientes	80 %	60
	85 %	70
	90 %	80
	100 %	90

Quadro 2.4 - Valores recomendados para os raios de desempenho dos indicadores medidos (médias e grandes empresas). (Fonte: Adaptado de [53])

Níveis	DPMO	Níveis	DPMO	Níveis	DPMO
1	690000	2,7	115100	4,4	1866
1,1	655422	2,8	96800	4,5	1350
1,2	617911	2,9	80757	4,6	968
1,3	579260	3	66800	4,7	686
1,4	539828	3,1	54799	4,8	483
1,5	500000	3,2	44565	4,9	337
1,6	460172	3,3	35930	5	230
1,7	420740	3,4	28717	5,1	159
1,8	382088	3,5	22750	5,2	108
1,9	344578	3,6	17865	5,3	72
2	308000	3,7	13904	5,4	48
2,1	274253	3,8	10724	5,5	32
2,2	241964	3,9	8198	5,6	21
2,3	211856	4	6210	5,7	13
2,4	184100	4,1	4661	5,8	9
2,5	158655	4,2	3467	5,9	5
2,6	135666	4,3	2555	6	3,4

Quadro 2.5 - Correspondência entre os níveis Seis Sigma e os DPMO. (Fonte: Adaptado de [53])

Indicadores medidos	P_n	Máximos		Mínimos	
		D_n	$IDNP_n$	D_n	$IDNP_n$
M1	15	100	15	25	3,75
M2	15	100	15	50	7,5
M3	20	100	20	50	10
M4	10	100	10	50	5
M5	5	100	5	30	1,5
M6	5	100	5	25	1,25
M7	5	100	5	25	1,25
M8	5	100	5	25	1,25
M9	10	100	10	25	2,5
M10	10	90	9	60	6
Cálculos					
IDN		99 %		40 %	
DPU_B		0,0101		0,9163	

Quadro 2.6 - Valores limites máximo e mínimo dos DPU_B . (Fonte: Adaptado de [53])

Cálculos	Máximos	Mínimos
DPU_B	0,0101	0,9163
número de executivos $DPMO_B$ nível Seis Sigma	10	
	1010	91630
	4,59	2,83
	12	
	842	76358
	4,64	2,93
	14	
	721	65450
	4,69	3,01
	16	
	631	57269
	4,73	3,08
	18	
	561	50906
	4,76	3,14
	22	
	459	41650
	4,82	3,23

Quadro 2.7 - Valores limites máximos e mínimos dos níveis Seis Sigma. (Fonte: Adaptado de [53])

Da análise dos valores expostos nos quadros 2.6 e 2.7, constata-se que, na prática, devido ao facto de se ter $D_n = D_{10} = 90$ em lugar de 100, para o desempenho máximo do indicador M10, torna-se impossível que o nível Seis Sigma consiga ser igual a seis executivos [53].

Pequenas Empresas

De um modo geral, o espírito vigente nas administrações das pequenas empresas é que a implementação de sistemas de avaliação do seu desempenho, com a finalidade de se melhorar os seus processos produtivos, é pura perda de tempo e de dinheiro, sendo a sua percepção de que esses sistemas funcionam muito bem apenas nas grandes organizações, públicas e privadas, enquanto que nas pequenas empresas se considera injustificada a sua adopção, devido ao esforço e recursos financeiros exigidos, sobretudo se não existirem actividades industriais de produção de bens. Contudo, esta mentalidade deverá ser revista, na medida em que, por exemplo, a *Six Sigma Business Scorecard* pode ser aplicada a todo o tipo de empresas, independentemente da sua dimensão e do sector de actividade, permitindo, em função das métricas utilizadas, definir e encetar processos de melhoria contínua de modo a aumentar a rentabilidade do seu desempenho, devendo, assim, ser entendida como uma ferramenta poderosa para as pequenas empresas que pretendam aproveitar todas as

oportunidades de desenvolvimento. Adaptando os 19 passos gerais de implementação da *Six Sigma Business Scorecard* expostos anteriormente, para as organizações de pequena dimensão deverão ser observadas as seguintes sete linhas de orientação [52]:

1. Designação de um quadro especialista como responsável da implementação, da condução e da manutenção de todo o processo.
2. Estabelecimento de mecanismos de recolha e de armazenamento de dados.
3. Definição dos procedimentos de análise dos dados obtidos e calculados, utilizando meios informáticos.
4. Análise dos dados e adopção atempada das acções necessárias.
5. Estabelecimento de uma periodicidade mensal para análise da *Six Sigma*.
6. Análise dos indicadores medidos e estabelecimento da correlação com a rentabilidade e o desenvolvimento dos negócios.
7. Adopção das medidas mais convenientes para a melhoria contínua da rentabilidade e do desenvolvimento dos negócios.

Na prática, a adopção desta filosofia poderá inclusivamente ser mais fácil em relação ao que sucede nos grandes grupos, na medida em que as pequenas empresas têm um sistema de administração mais simplificado, as linhas de produção conseguem ser melhor controladas, e existe um relacionamento mais directo entre todos os recursos humanos. Além disso, deve-se dar um peso mais significativo aos indicadores directamente relacionados com o desempenho físico, em detrimento dos mais subjectivos, associados ao reconhecimento dos recursos humanos e às melhorias dos processos, que deverão ser levados em linha de conta apenas como orientações a seguir, como se discrimina no quadro 2.8 [52]. Outro aspecto a salientar é que muitas pequenas empresas são arrastadas para a *Six Sigma Business Scorecard* pelos grandes grupos para quem trabalham, e que já adoptaram com sucesso essa filosofia.

Quanto à determinação do nível Seis Sigma, a metodologia a seguir é exactamente a mesma que se utiliza para as grandes e médias empresas, residindo a diferença no número de indicadores medidos e nos respectivos pesos, ou seja, os indicadores M1, M3 e M4 deixam de ser considerados numericamente passando a ser levados em consideração apenas de uma forma qualitativa, tendo sido aumentados os pesos de todos os restantes indicadores exceptuando o de M9, que se manteve igual. Por sua vez, apresenta-se no quadro 2.9 um exemplo prático de elaboração de uma *Business Scorecard* para uma pequena empresa, com cinco administradores executivos, nas situações extremas de desempenho máximo e mínimo. Tal como sucede para as médias e grandes empresas, devido à mesma situação relativa ao indicador M10, não se consegue obter o nível Seis Sigma máximo, isto é, igual a 6. Saliente-se que os valores expostos nos quadros 2.4 e 2.8 são recomendados por [52], contudo, segundo [53], poderão ser alterados em função dos objectivos e das especificidades de cada empresa.

Indicadores medidos		D_n
M1. Número de colaboradores de excelência	orientações a seguir	
M2. Rentabilidade (% de aumento dos lucros)	2 %	50
	4 %	60
	8 %	80
	> 12 %	100
M3. Taxa de melhorias dos processos	orientações a seguir	
M4. Recomendações por colaborador	orientações a seguir	
M5. Rácio gastos totais/volume de vendas	> 60 %	30
	45 %	50
	35 %	75
	< 25 %	100
M6. Taxa de defeitos dos fornecedores (níveis seis sigma)	< 3 sigma	25
	4 sigma	50
	5 sigma	75
	> 6 sigma	100
M7. Variância do tempo de ciclo operacional	> 50 %	25
	40 %	50
	25 %	75
	< 10 %	100
M8. Taxa de defeitos dos processos (níveis seis sigma)	< 3 sigma	25
	4 sigma	50
	5 sigma	75
	> 6 sigma	100
M9. Rácio novos negócios/volume de vendas	20 %	25
	30 %	50
	40 %	75
	50 %	100
M10. Satisfação dos clientes	80 %	60
	85 %	70
	90 %	80
	100 %	90

Quadro 2.8 - Valores recomendados para os rácios de desempenho dos indicadores medidos (pequenas empresas). (Fonte: Adaptado de [53])

Indicadores medidos	P_n	Máximos		Mínimos	
		D_n	$IDNP_n$	D_n	$IDNP_n$
M2	30	100	30	50	15
M5	10	100	10	30	3
M6	10	100	10	25	2,5
M7	10	100	10	25	2,5
M8	10	100	10	25	2,5
M9	10	100	10	25	2,5
M10	20	90	18	60	12
Cálculos					
IDN		98 %		40 %	
DPU_B		0,0202		0,9163	
número de executivos		5			
$DPMO_B$		4040		183260	
nível Seis Sigma		4,152 (4,15)		2,403 (2,4)	

Quadro 2.9 - Exemplo numérico prático de determinação do nível Seis Sigma para a filosofia *Six Sigma Business Scorecard*, aplicada a pequenas empresas (*Business Scorecard*). (Fonte: Adaptado de [53])

2.2.1. Cartas de Registo de Manutenção Seis Sigma - SSMS

Apresentamos seguidamente a metodologia de cálculo para o nível Seis Sigma para a Manutenção, a que nos propomos nesta dissertação.

Características gerais

Por analogia com a *Six Sigma Business Scorecard*, a Manutenção Seis Sigma representa igualmente um processo de melhoria contínua, sem desperdícios, que permitirá analisar e melhorar o desempenho das actividades de manutenção com base nos níveis Seis Sigma, face aos objectivos previamente definidos e delinear, *á posteriori*, as respectivas melhorias a adoptar. De um modo geral, esta filosofia deverá apresentar as seguintes características, em conformidade com o exposto atrás nesta dissertação, para que se consiga atingir a meta “zero falhas” [22,24,48,49,52]:

- Utilização de políticas de manutenção essencialmente preventivas e melhorativas;
- Maximização da rentabilidade e da eficiência dessas políticas, reduzindo os custos das intervenções;

- Aceleração dos processos de melhoria contínua, com uma transição rápida e eficiente das políticas correctivas e reactivas para uma nova cultura suportada por políticas preventivas e melhorativas;
- Promoção e estimulação da participação de todos os recursos humanos na implementação e no desenvolvimento das metodologias Seis Sigma, aproveitando as bases da Manutenção Produtiva Total - TPM, assim como de outros modelos de manutenção, que envolvem directamente os operadores dos equipamentos com o objectivo de se evitarem desperdícios de tempo e de recursos materiais e humanos;
- Forçar as mudanças culturais na estrutura dos serviços afectos à Função Manutenção, numa base de melhoria contínua;
- Deverá ser conduzida pela administração, que é responsável pela estratégia, pelo planeamento, e pela rentabilidade da organização, mas com a participação de todos;
- Deverá ser controlada pelo director do Departamento de Manutenção, em colaboração directa com o director do Departamento de Produção;
- Deverá ser melhorada continuamente pelos restantes recursos humanos afectos a esses dois departamentos;
- Promoção de uma atitude de formação contínua, de modo a estimular todos os recursos humanos, para que se sintam cada vez mais responsáveis e que possam assim contribuir para o desenvolvimento de soluções inovadoras, indo de encontro às necessidades produtivas;
- Adopção das políticas mais convenientes no que respeita à gestão de materiais, de modo a evitar-se a existência não só de armazéns sobredimensionados mas também de recursos administrativos desnecessários;
- Utilização de meios de diagnóstico adequados, tecnologicamente desenvolvidos, e de uma rede de aquisição e processamento de dados em tempo real;
- Utilização de meios informáticos como suporte a todas as actividades, técnicas e administrativas, inerentes à Função Manutenção.

Implementação

Seguindo as linhas orientadoras da *Six Sigma Business Scorecard* [52] e apoiando-nos nas bases de implementação das metodologias descritas anteriormente nesta dissertação, deverão ser observados os seguintes 15 passos sequenciais para uma correcta instalação da Manutenção Seis Sigma [22,24,48,49]:

1. Entender claramente o significado da filosofia Seis Sigma e do Pensamento Magro, assim como das implicações e da importância da manutenção industrial para o bom desempenho técnico e financeiro da organização;
2. Fazer sentir que esta filosofia corresponde à miscigenação da Seis Sigma com os objectivos da utilização de práticas preventivas e melhorativas na manutenção dos equipamentos afectos às actividades de produção;
3. Criar o indicador Índice de Desempenho da Manutenção;
4. Estabelecer os objectivos de melhoria a curto e a longo prazo para todas as actividades associadas à Função Manutenção, de modo a transformar esta função num centro de lucro;
5. Estabelecer os indicadores de desempenho técnicos e financeiros para todas as actividades da Função Manutenção;
6. Estabelecer a relação entre a produtividade dos equipamentos e os valores dos indicadores medidos;
7. Desenvolver uma política de utilização de tecnologia de ponta para os meios de diagnóstico e para a automatização dos sistemas de aquisição e análise de dados;
8. Identificar os processos-chave, técnicos, administrativos e financeiros, de melhoria do desempenho das actividades de manutenção;
9. Identificar todos os parâmetros associados à Função Manutenção, a montante, de execução, e a jusante;
10. Estabelecer métodos de recolha de dados para esses parâmetros, e proceder à sua análise;
11. Elaborar as cartas de tendência e apresentar os dados respeitantes aos objectivos a alcançar, de preferência com uma periodicidade semanal ou mensal, consoante a dimensão da empresa, o seu ramo de produção, o número de equipamentos afectos à produção e a sua complexidade e criticidade;
12. Publicar internamente o Índice de Desempenho da Manutenção, semanal ou mensalmente, assim como os relatórios mensais de progresso;
13. Rever o desempenho da Função Manutenção a partir dos resultados obtidos, e tendo como base os objectivos iniciais;
14. Identificar os indicadores que apresentem uma elevada variância e um desempenho adverso face aos objectivos iniciais, e investigar as causas desses desvios,
15. Desenvolver as acções curativas de melhoria do desempenho, e monitorizar o impacto das melhorias no Índice de Desempenho da Manutenção.

Indicadores Parciais de Desempenho

De entre a variedade bastante completa de indicadores utilizados, os quais cada organização pode seleccionar em conformidade com as suas necessidades, Cabrita opta pelos seguintes 10, para exemplificação prática da metodologia de determinação do nível Seis Sigma para a filosofia Manutenção Seis Sigma [53]:

1. **Disponibilidade Operacional dos Equipamentos:** é calculada pela seguinte expressão:

$$D_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT} \dots\dots\dots(2.29)$$

sendo *MTBM* o *Mean Time Between Maintenance* (Tempo Médio Entre Acções de Manutenção), e *MDT* o *Mean Maintenance Down Time* (Tempo ou Duração Média das Acções de Manutenção). Atendendo a que existem, em termos gerais, várias linhas de produção com diversos equipamentos, esta disponibilidade deve corresponder à disponibilidade média da totalidade desses equipamentos. Na prática, sucede que, por vezes, existem equipamentos com índices de criticidade bastante desfavoráveis e, conseqüentemente, com elevadas probabilidades de imobilizações não planeadas, o que lhes confere potencialmente uma disponibilidade operacional reduzida. Nessas situações, compete aos serviços de manutenção optarem por políticas de manutenção preventivas e, sobretudo, melhorativas, associadas a um planeamento rigoroso de intervenções, no sentido de se melhorar a sua disponibilidade e, por acréscimo, o nível Seis Sigma global.

2. **Taxa de Falhas dos Equipamentos:** é dada pela seguinte expressão:

$$\lambda = \frac{\text{número total de falhas}}{\text{tempo total de funcionamento}} \dots\dots\dots(2.30)$$

Tal como sucede com a disponibilidade operacional, este indicador deve corresponder à média das taxas de falhas da totalidade dos equipamentos, devendo ser dada uma atenção especial aos equipamentos mais críticos para o processo produtivo, com o objectivo de se aumentar a sua fiabilidade.

3. **Eficiência Global dos Equipamentos:** é calculada através do seguinte produto:

$$EGE = D_o R_o T_q \dots\dots\dots(2.31)$$

em que R_o é o Rendimento Operacional e T_q a Taxa de Qualidade dos Produtos Fabricados, sendo, respectivamente:

$$R_o = TVO \times TOL \dots\dots\dots(2.32)$$

$$T_q = \frac{PSD}{PTF} \dots\dots\dots(2.33)$$

Por sua vez, *TVO* representa a Taxa da Velocidade Operacional e *TOL* a Taxa de Operação Líquida, dadas respectivamente pelos seguintes rácios:

$$TVO = \frac{\text{tempo standard de ciclo}}{\text{tempo de ciclo real}} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$TOL = \frac{\text{unidades produzidas} \times \text{tempo de ciclo real}}{\text{tempo de carga} - \text{tempo de paragens}} \dots\dots\dots(2.35)$$

enquanto que *PSD* é o número de produtos fabricados sem defeito, e *PTF* o número total de produtos fabricados.

4. Taxa de Rendimento Sintética dos Equipamentos: é dada pelo seguinte rácio:

$$TRS = \frac{D}{A} \dots\dots\dots(2.36)$$

sendo *A* o tempo teórico máximo possível de funcionamento, isto é, o tempo compreendido entre o instante do início da entrada pela primeira vez em serviço e o instante do abatimento, e *D* o tempo líquido de funcionamento deduzido das perdas por “não qualidade”. Como sucede com os anteriores indicadores Disponibilidade Operacional e Taxa de Falhas, esta taxa deverá corresponder ao valor médio das taxas relativas a todos os equipamentos utilizados nos diferentes processos produtivos.

5. Índice de Trabalho Extraordinário:

$$ITE = \frac{\text{custo total do trabalho extraordinário de manutenção}}{\text{custo total do pessoal de manutenção}} \dots\dots\dots(2.37)$$

6. Índice Técnico de Actividade:

$$ITA = \frac{\text{custo dos materiais utilizados}}{\text{custo total de manutenção}} \dots\dots\dots(2.38)$$

7. Índice do Volume de Produção:

$$IVP = \frac{\text{custo total de manutenção}}{\text{volume de vendas}} \dots\dots\dots(2.39)$$

8. Índice de Qualidade do Serviço:

$$IQS = \frac{\text{tempo de manutenção preventiva}}{\text{tempo total de manutenção}} \dots\dots\dots(2.40)$$

9. Índice de Efectivos de Pessoal:

$$IEP = \frac{\text{efectivo de pessoal de manutenção}}{\text{efectivo de pessoal de produção}} \dots\dots\dots(2.41)$$

10. Índice de Trabalho Subcontratado:

$$ITS = \frac{\text{horas de trabalho subcontratado}}{\text{horas totais de manutenção}} \dots\dots\dots(2.42)$$

Saliente-se que a quantidade e o tipo destes indicadores dependem directamente da especificidade de cada organização, assim como da importância que é atribuída às actividades de manutenção. Contudo, a determinação do nível Seis Sigma obedece sempre à mesma metodologia de cálculo, que se apresenta seguidamente [53].

2.2.2. Determinação do Nível Seis Sigma - SSMS

Para se compreender a metodologia de determinação do nível Seis Sigma para esta filosofia, apresenta-se no quadro 2.10 [53], baseado em [49,52,53], um exemplo numérico discriminativo para um determinado período temporal, por exemplo um semestre, e que representa o figurino genérico da *Maintenance Scorecard*, sendo os passos a seguir idênticos aos da elaboração da *Business Scorecard*:

- **Indicadores a medir:** já definidos previamente em na secção 2.11.3, deverão ser explicitados na coluna 1. Consoante os objectivos e as especificidades das empresas, poderão ser escolhidos outros mais representativos, e o seu número poderá igualmente ser diferente de dez.
- **Definição dos pesos dos indicadores:** estes pesos P_n são atribuídos a cada indicador em função da especificidade de cada um e da sua importância no desenvolvimento da Função Manutenção, devendo a sua soma ser igual a 100, sendo os valores expostos no quadro 2.11 meramente indicativos [53].
- **Definição do desempenho de cada indicador:** tal como sucede para a *Business Scorecard*, para cada um dos n indicadores medidos, este desempenho é calculado através do seguinte rácio:

$$R_n = \frac{\text{desempenho obtido} \times 100}{\text{desempenho previamente definido}} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dentro da mesma linha de pensamento da *Business Scorecard*, no quadro 2.11 [53] sugerem-se os valores efectivos a serem utilizados para a Manutenção Seis Sigma. Ou seja, o rácio de desempenho real R_n para cada um dos 10 indicadores medidos, deverá

ser corrigido para D_n , de acordo com as correspondências discriminadas num quadro definido como o quadro 2.8 agora adaptado à Função Manutenção [53]. Tal como sucede com a elaboração da *Six Sigma Business Scorecard*, na elaboração da *Six Sigma Maintenance Scorecard* não se considera o rácio real R_n mas sim o valor corrigido D_n para se diferenciar de uma forma acentuada e concisa os bons dos maus desempenhos. Por exemplo, para a disponibilidade operacional, se se tiver $R_n = 100$, o desempenho é excelente, contudo se for igual a 80 já se poderá considerar medíocre, contudo, a diferença caracterizadora destas duas situações é apenas igual a 20, ou seja, pouco significativa. Todavia, com os valores corrigidos, pode ter-se para D_n respectivamente os valores 100 e 40, sendo assim a diferença bastante mais significativa ($60 = 3 \times 20$). Por outro lado, o facto de se ter $R_n > 100$ por exemplo para a disponibilidade operacional, significa que se conseguiu melhorar este indicador para além do valor previamente especificado para o período em análise. Adicionalmente, para outros indicadores, quanto mais R_n for superior a 100, mais reduzido será o valor de D_n , na medida em que o desempenho sofre um agravamento cada vez maior, como sucede por exemplo com o Índice de Trabalho Extraordinário, em que esta situação corresponderia a um aumento das horas extraordinárias dos recursos humanos afectos às actividades de manutenção face ao rácio previamente especificado. Situação idêntica acontece com os indicadores M6, M7 e M9. Na Parte 4 desta dissertação apresenta-se a construção de um quadro onde os valores de R_n foram corrigidos para D_n [53].

- **Determinação dos Índices de Desempenho da Manutenção Parciais:**

$$IDM P_n = \frac{P_n \times D_n}{100} \dots\dots\dots(2.44)$$

- **Determinação do Índice de Desempenho da Manutenção:**

$$IDM = \sum_{n=1}^{10} IDM P_n \dots\dots\dots(2.45)$$

- **Determinação do número de Defeitos Por Unidade *DPU*:** como se justificou para a *Business Scorecard*, deve calcular-se seguindo o mesmo raciocínio, ou seja:

$$DPU_M = -\ln \left(\frac{IDM}{100} \right) \dots\dots\dots(2.46)$$

- **Determinação do número de Defeitos por Milhão de Oportunidades DPMO:** atendendo a que se tem, respectivamente:

$$DPU = \frac{\text{número total de defeitos}}{\text{número de unidades}} \dots\dots\dots(2.47)$$

$$DPMO = \frac{\text{número total de defeitos} \times 10^6}{\text{número total de oportunidades de defeito}} \dots\dots\dots(2.47)$$

mas como, por outro lado, se pode escrever a seguinte relação entre as variáveis intervenientes:

$$\begin{aligned} \text{número total de oportunidades de defeito} &= \text{número de unidades} \times \\ &\times \text{número médio de oportunidades de defeito por unidade} \end{aligned}$$

virá, por conseguinte:

$$DPMO = \frac{DPU \times 10^6}{\text{número médio de oportunidades de defeito por unidade}} \dots\dots\dots(2.48)$$

e, uma vez que, para a manutenção industrial, se deve ter:

$$\begin{aligned} \text{número total de defeitos} &= \\ &= \text{número total de falhas nas linhas de produção} \\ \text{número de unidades} &= \text{número de linhas de produção} \\ \text{número médio de oportunidades de defeito por unidade} &= \\ &= \text{número médio de equipamentos por linha de produção} \end{aligned}$$

virá finalmente:

$$DPMO_M = \frac{DPU_M \times 10^6}{\text{número médio de equipamentos por linha de produção}} \dots\dots\dots(2.49)$$

- **Determinação do nível Seis Sigma:** calcula-se de forma indirecta recorrendo-se à distribuição normal padrão, ou então directamente ou por interpolação linear, através do quadro 2.5 [53].

2.2.3. Correção do Nível Seis Sigma

O Prof C.Cabrera em [53], pelas razões que de forma detalhada explicita, propõe a utilização de um factor de correção do nível Seis Sigma, ferramenta assumida na presente dissertação.

Calculado a partir da subtracção do do nível máximo Seis Sigma calculado para a organização, como se observa no exemplo do quadro 2.10 [53], ao valor Seis Sigma máximo teórico: 6. Factor este que se assume respeitando as regras descritas por [53], como é o caso da obrigatoriedade de o número médio de equipamentos por linha ser sempre o mesmo. Posteriormente, da soma deste factor ao nível Seis Sigma efectivo calculado para o desempenho da organização resultará o nível Seis Sigma corrigido como proposto. Deste método resultará o quadro 2.10 referente a um exemplo prático demonstrativo.

Indicadores medidos	P_n	Máximos		Desempenho efectivo	
		D_n	$IDMP_n$	D_n	$IDMP_n$
M1	15	100	15	40	6
M2	15	100	15	70	10,5
M3	20	100	20	50	10
M4	10	100	10	70	7
M5	5	100	5	30	1,5
M6	5	100	5	70	3,5
M7	5	100	5	30	1,5
M8	5	100	5	50	2,5
M9	10	100	10	70	7
M10	10	90	9	70	7
Cálculos					
<i>IDM</i>		99		56,5	
<i>DPU_M</i>		0,0101		0,571	
<i>número médio de equipamentos por linha de produção</i>		12			
<i>DPMO_M</i>		842		47583	
nível Seis Sigma		4,64		3,17	
factor de correcção		$6 - 4,64 = 1,36$			
nível Seis Sigma corrigido		6		4,53	

Quadro 2.10 - Exemplificação do cálculo do factor de correcção. (Fonte: Adaptado de [53])

Para um melhor entendimento da aplicação desta proposta de correcção do nível Seis Sigma consulte-se a referência [22] referente á aplicação do método a outra unidade fabril.

Parte 3

Departamento de Manutenção da Frulact - Covilhã

3.1.0 Modelo de Manutenção

A manutenção desta unidade fabril está a cargo do Departamento de Manutenção, departamento onde tenho funções há três anos. As políticas de manutenção são levadas a cabo maioritariamente pelos técnicos da própria empresa com a coordenação do Departamento. Apenas o frio industrial e máquinas em regime de aluguer e trabalhos de metalomecânica complexos são realizados por empresas externas. No caso do frio industrial a razão de se recorrer a manutenção externa é a obrigatoriedade legal de certificação dos técnicos e empresas para o manuseio de instalações com gases frigorigéneos.

A empresa valoriza as actividades dos recursos humanos afectos às actividades de produção, através de uma política de definição clara e objectiva das responsabilidades, com base no TPM, desses recursos para obtenção de um bom desempenho de todos os equipamentos que operam, executando tarefas simples de manutenção e limpeza, de modo a que os técnicos de manutenção se possam dedicar a tarefas mais especializadas e de maior complexidade que exigem conhecimentos técnicos adequados.

Na utilização de metodologias de manutenção pró-activas na optimização da eficiência dos activos nas actividades preventivas baseadas na fiabilidade, pesa o indicador EGE (Eficiência Global dos Equipamentos).

Existe um esforço para que na empresa as relações e cooperação profissionais entre os técnicos de manutenção e os operadores dos equipamentos de produção sejam próximos com o objectivo da melhoria do processo de comunicação interna.

Promove-se a integração dos técnicos de manutenção com os processos da produção e com os equipamentos, efectivamente se os técnicos conhecerem profundamente o processo produtivo responderão de forma mais eficaz nas acções de manutenção, bem como o Departamento de Manutenção regularmente disponibiliza informação e dá formação aos colaboradores da produção sobre os equipamentos que operam, criando assim um sentimento de zelo pelos equipamentos.

Contudo podemos identificar melhorias em implementação para melhorar o conceito de “produmanutenção”, onde de seguida descrevemos as linhas de orientação a tomar.

Para introduzir melhorias no Departamento de Manutenção da empresa, com o objectivo de melhorar o relacionamento e cooperação entre os técnicos de manutenção e funcionários da

produção, deve promover-se a eliminação de barreiras, um fluxo de comunicação mais rápido e transparente sem omissões e verídico, normalização dos termos técnicos dos equipamentos e dos processos de fabrico para que todos falem a mesma “linguagem”, gerir de forma clara as paragens de produção, promover agilidade e rapidez no processo de tomada de decisão em conjunto com os departamentos envolvidos, os técnicos de manutenção e colaboradores da produção devem ser devidamente valorizados e distinguidos segundo princípios igualitários, desenvolvimento de objectivos e de metas comuns.

Maior integração dos operadores da produção com os equipamentos e valorizando-os, pelo conhecimento mais detalhado dos equipamentos da produção, do conhecimento mais detalhado dos componentes desses equipamentos, principalmente nos aspectos que dizem respeito aos cuidados a ter no seu manuseamento, sua utilização, limpeza, manutenção e segurança no trabalho, obtendo assim estes maior consciencialização e participação nos processos e actividades de manutenção autónoma.

Como referido os técnicos de manutenção devem ser conhecedores dos processos da produção, promovendo uma maior transparência das necessidades e dificuldades de ambos, técnicos de manutenção e operadores dos equipamentos, melhor conhecimento dos processos e prioridades através do conhecimento das características que afectam directamente a qualidade de um produto ou, por exemplo, a importância de um componente de uma instalação com implicações na segurança dos trabalhadores. Maior integração com os problemas técnicos dos equipamentos e instalações, assim como a identificação de outros problemas técnicos, como por exemplo as melhorias nos postos de trabalho, o conhecimento de bloqueios nos processos da manutenção e produção, a ergonomia, as regulações e afinações, e a diminuição de ruídos. Comunicação de informações críticas ao departamento de planeamento e compras, permitindo assim uma melhor gestão dos artigos de substituição, criando um arquivo de dados para planeamentos futuros.

Maior integração dos técnicos de manutenção com os equipamentos da produção, através do conhecimento da importância dos equipamentos no processo produtivo, além da qualificação recebida para procederem às acções de manutenção. Identificar equipamentos críticos relativamente à funcionalidade, manutibilidade e complexidade tecnológica, propondo melhorias para atingir e garantir o nível Seis Sigma pré-definido.

3.2. Recursos Humanos do Departamento

Actualmente o Departamento de manutenção é composto por dezassete colaboradores, que operam num horário laboral segundo o regime de laboração contínua, a partir do início de 2013, em conformidade com a lei do código do trabalho em vigor.

O Departamento estrutura-se segundo o organigrama da figura 3.1.

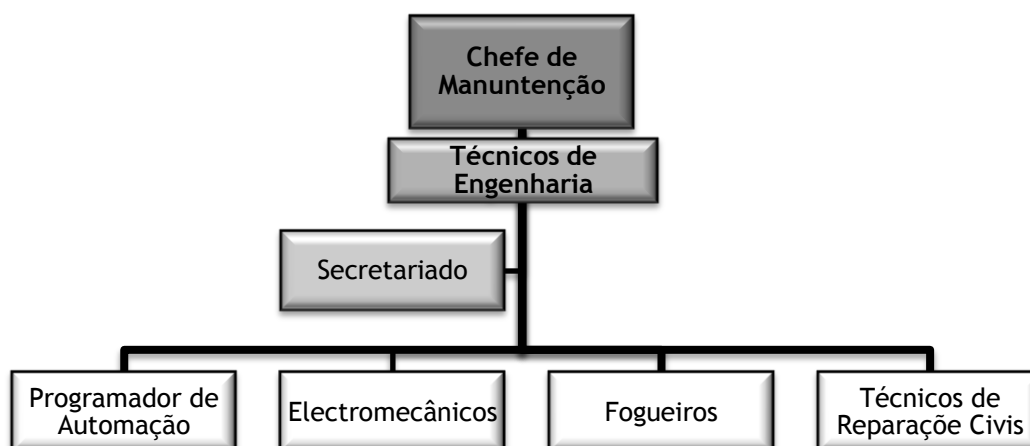


Figura 3.1 - Organigrama do Departamento de Manutenção da Frulact - Covilhã.

No Departamento, o meu cargo é o de Técnico de Engenharia, sendo os cargos e responsabilidades definidos da seguinte forma:

- **Chefe de Manutenção:** Colaborador responsável por todo o Departamento Técnico, elemento com formação técnica académica.
- **Técnicos de Engenharia:** Colaboradores responsáveis pelas operações de gestão e intervenção no terreno, em conjunto com as equipas, que reportam directamente ao Chefe de Manutenção.
- **Secretariado:** Colaborador com actividades administrativas.
- **Programador de Automação:** Colaborador com a função de programação de autómatos e automação de equipamentos.
- **Electromecânicos:** Técnicos polivalentes que executam as acções de manutenção;
- **Fogueiros:** Técnicos responsáveis pela instalação de vapor da fábrica, elementos com formação técnica e certificados conforme a lei em vigor.
- **Técnico de Reparações Cívicas:** Colaborador que assegura a manutenção do edifício.

Importa referir que embora existam as categorias do último nível do organigrama diferenciadas no Departamento, segue-se um princípio de polivalência, onde por exemplo um fogueiro em caso de necessidade auxilia os electromecânicos ou outros técnicos de categorias diferentes do último nível, bem como em caso de necessidade assume posições diferentes.

No quadro 3.1 indica-se para de acordo com o organigrama da figura 3.1 o número de funcionários relativos a cada categoria.

Categoria Profissional	Número de Claboradores
Chefe de Manutenção	1
Técnicos de Engenharia	2
Secretariado	1
Programador de Automação	1
Electromecânicos	5
Fogueiros	6
Técnico de Reparações Civis	1

Quadro 3.1 - Número de funcionários por categoria profissional.

Os recursos humanos seguem anualmente um plano de formação definido segundo requisitos legais e normativos. Recebem também formação anual de qualidade, ambiente, higiene, segurança no trabalho e segurança alimentar.

3.3. Gestão do Departamento de Manutenção

Como se referiu na Parte 1, a Frulact é certificada pelas normas NP EN ISO 9001, NP EN ISO 22000 e NP EN ISO 14001 pelo que possui um Manual de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar em que existe um arquivo de Gestão Documental para os diversos departamentos da empresa, dos quais o Departamento de Manutenção que possui todos os documentos que utiliza devidamente referenciados como os documentos apresentados nas figuras dos Anexos.

Todas as acções de manutenção levadas a cabo pelo Departamento de Manutenção, fora do Plano de Manutenção Preventivo, são registadas pelos técnicos ao longo do dia e introduzidos numa caixa para que todas as manhãs os Técnicos de Engenharia procedam á introdução dos dados na ferramenta de GMAC, onde se introduzem na base de dados informática e a partir das folhas de Registo, figura A1 do Anexo A, os seguintes itens:

- Equipamento intervencionado;
- Técnico (s) que procederam á intervenção;
- Número de registo interno do equipamento, a empresa possui um arquivo onde tem todos os equipamentos existentes devidamente registados e cadastrados;
- O tipo de Manutenção efectuada, Preventiva ou Curativa;
- Anomalia detectada;
- Função do equipamento aquando da avaria;
- Descrição da avaria, onde se relata de forma aprofundada a avaria e suas possíveis causas;
- Designação e quantidade de material utilizado;

- Observações pertinentes a apontar, se o equipamento estiver a cargo de um operário o seu nome será mencionado e este rubricará;
- Data, hora de início e fim da intervenção;
- Estado de limpeza do equipamento antes da intervenção;
- Estado de conservação do equipamento antes da intervenção;
- Funcionalidade e disponibilidade operacional após a intervenção;
- Limpeza do equipamento após a intervenção;
- Caso os últimos quatro pontos anteriores ou apenas um deles não se verifique como Ok, devem ser registadas as devidas justificações.

No campo de preenchimento do tipo de manutenção efectuada, a caixa Manutenção Preventiva não é utilizada na fábrica da Covilhã, pois as folhas de Registo de Intervenção de Ordens de Manutenção Preventiva para esta unidade fabril são geradas a partir de Ordens de Manutenção Preventivas, figura 3.5, pela ferramenta de GMAC utilizada, o SAP.

Os campos de registo numa folha de Registo de Intervenção de uma Ordem de Manutenção Preventiva a preencher são basicamente os mesmos de uma Folha de Registo de Intervenção Interna, sendo que o equipamento a intervir na sua localização, a descrição da operação e peças a utilizar são já previamente descritos.

Existe ainda a folha de Registo de Intervenção Externa, figura A2 do Anexo A, a preencher por empresas exteriores que prestam serviços de manutenção na Frulact. Registos que são também introduzidos na base de dados do SAP.

Todas as empresas externas que pela primeira vez prestem serviço de manutenção na Frulact terão de aceitar e assinar o Caderno de Encargos (ver figuras do Anexo B), documento registado pelo arquivo de gestão documental ao abrigo do Manual de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar, tal como se obrigam a apresentar a apólice de seguro válida.

3.4. Gestão da Manutenção Assistida por Computador

Como já referido, o Departamento de Manutenção serve-se do programa de gestão SAP como ferramenta de apoio á gestão do Departamento.

Cada utilizador do programa possui um nome e senha de acesso com as quais faz " *logon*", sendo todas as suas operações registadas assim como os documentos gerados para o exterior identificados com o nome do utilizador do programa. Na figura 3.2 apresenta-se a tela de entrada no programa.

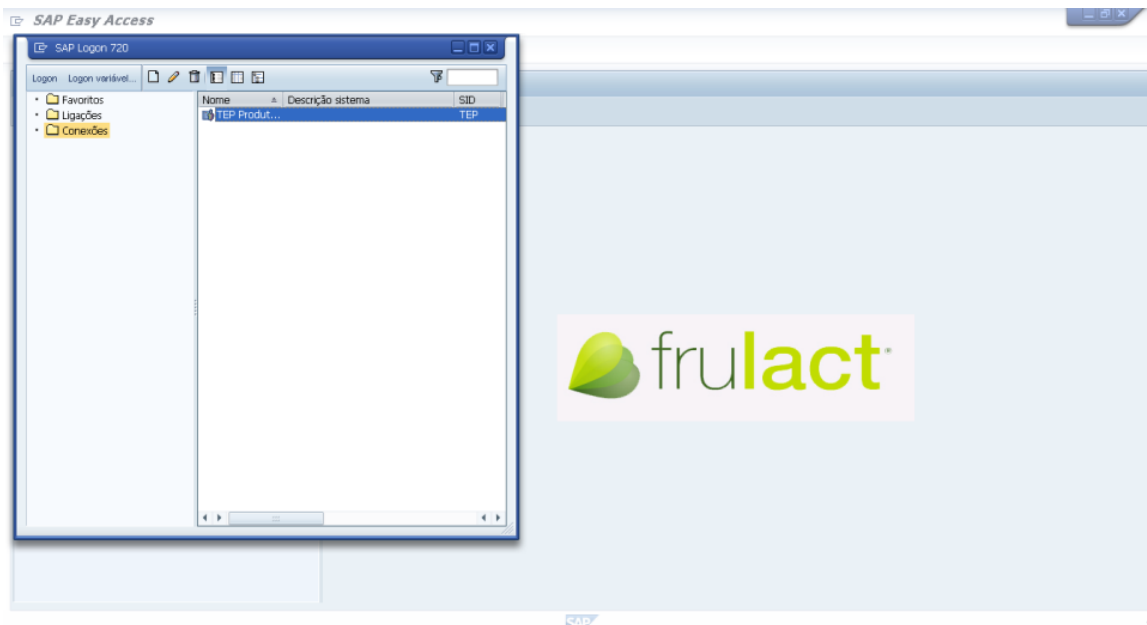


Figura 3.2 - Tela de entrada no SAP. (Fonte: Frulact)

Na figura 3.3 apresenta-se a tela com os menus principais selecionados para o Departamento de Manutenção inseridos na pasta Favoritos.

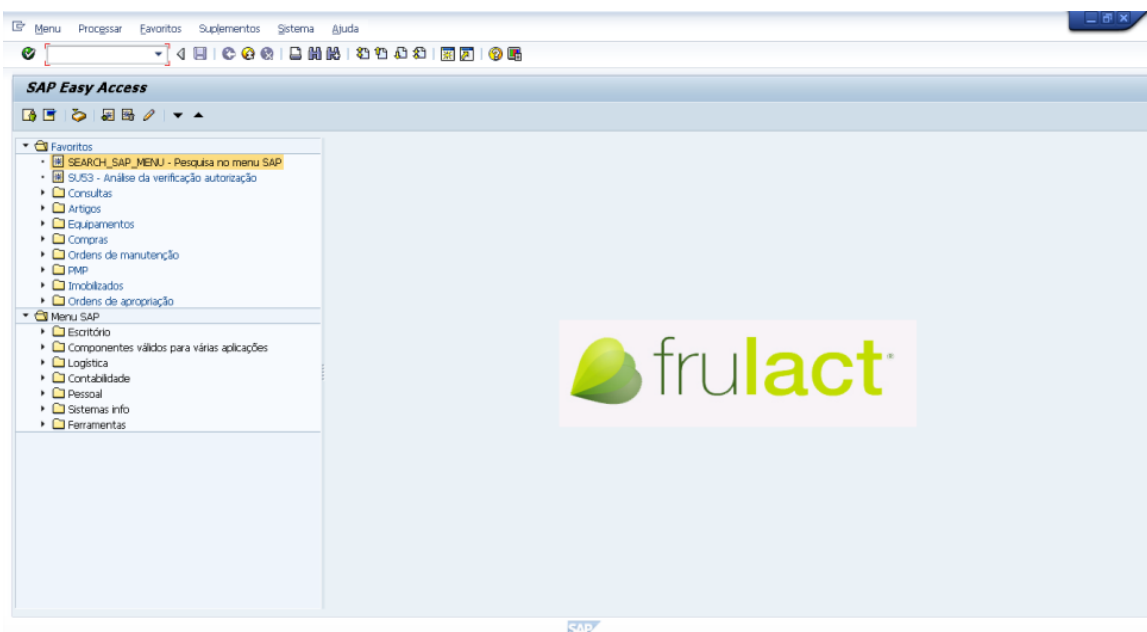


Figura 3.3 - Menus do SAP para o Departamento de Manutenção. (Fonte: Frulact)

Os menus apresentados subdividem-se em transacções também elas seleccionadas especificamente para as necessidades do Departamento de Manutenção como se pode observar na figura 3.4 relativa aos menus Compras e Ordens de Manutenção.

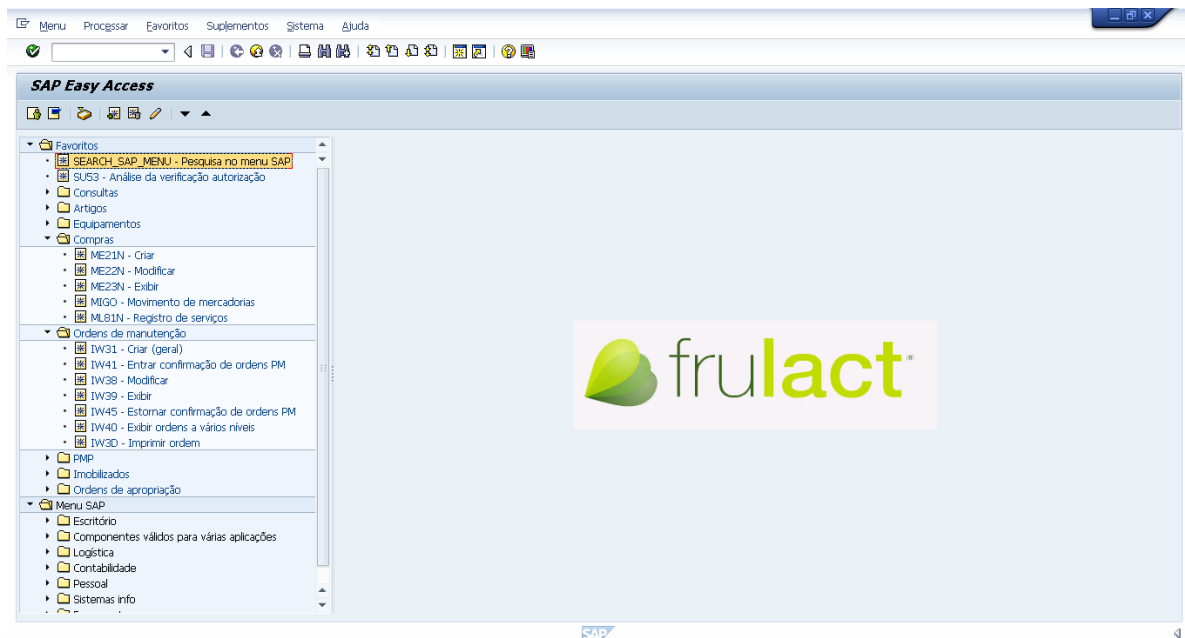



Figura 3.4 - Transacções dos menus do SAP para o Departamento de Manutenção. (Fonte: Frulact)

O SAP é uma ferramenta de enorme utilidade para registo histórico de todos os equipamentos e apoio à decisão, compreendendo os seguintes módulos:

- Plano de Manutenção, que permite:
 - Gerir actividades preventivas e predictivas e sua calendarização.
 - Elaboração e aprovação de requisições internas.
 - *Stock* de Manutenção, que engloba as fichas de todos os artigos, com a sua referência, características, custo, e fornecedores.
 - Indicadores de Manutenção, que permitem efectuar consultas a todos os tipos de indicadores de desempenho adoptados, sejam técnicos ou económicos.
- Ordens de Manutenção.
- Pedidos de Compra/Serviços.
- Colaboradores do Departamento de Manutenção.
- Gestão de *Stocks* de Manutenção.
- Orçamento de Manutenção.
- Histórico de Manutenção.
- Tabelas de Manutenção, que podem ser geradas em Excel;
- Indicadores de Manutenção.
- Equipamentos, registo e listas de peças.
- Listas de Fornecedores.

O item assinalado de Pedidos de Compra/Serviços é exemplo da funcionalidade do *workflow* que o SAP permite. Os Pedidos podem ser gerados a partir de uma Ordem de Manutenção em que os custos caem directamente nessa Ordem, ou podem ser Pedidos por exemplo para *stock* e nesse caso os custos serão contabilizados nos custos do Departamento de Manutenção.

Quando um utilizador do SAP, que tenha autorização para fazer Pedidos que é o meu caso, gera um pedido e se este tem um valor acima de um máximo estipulado pela Administração da empresa o pedido é criado e com ele um respectivo número, automaticamente é gerado um *workflow* para o *email* do Chefe de Fábrica e este analisará e procede, no caso de deferimento, á liberação do pedido sendo este retornado num *workflow* para o *email* do utilizador. Com o pedido liberado é então possível gravar o pedido num arquivo digital ou transformar em PDF, imprimir ou ainda enviar por *email* num anexo como se mostra na figura 3.5.



Frulact - Ind. Agro-Alimentar S.A.
 Capital Social: 2360000€ NIF: PT501924531
 Mat. GR. C. Cont.ª N.º 501924531
 Parque Industrial de Tortosendo
 8300429 - Tortosendo Portugal
 Telefone: 351 229 287 910
 Fax: 351 229 287 919
<http://www.frulact.com> info@frulact.com

Pedido

GOVITCOOL - COM. MAQ. FERR. PROF., LDA
 RUA MANUELA ALÇADA PADÉZ, Nº 9 - A
 6200-017 CANHOSO - COVILHÃ
 Portugal
 Telefone:
 Fax: 275322107

Informações

Nº / Data do pedido: 4500006578 / 27-04-2012 Contacto: António Silva / 351 229 287 910 Vosso nº de fornecedor: 102215 Cond. pagamento: Pagamento a 30 dias Incoterms: DDP TORTOSENDO - PORTUGAL	Morada de Entrega: Frulact - Covilha Parque Industrial Tortosendo Rua A 6200-823 Tortosendo Portugal
---	--

Item	Material	Descrição	Data Ent.	Quantidade	Unid.	Preço Liq./Módulo/ Qda. Un.	Valor Liq.	Moeda: EUR
00010RLS9		Rdamento chumbeira UC 204 inox	27-04-2012	2	Unid	22,50 EUR/ 1 Unid	45,00	
00020RLS8		ROLAMENTO UC205inox	27-04-2012	2	Unid	27,50 EUR/ 1 Unid	55,00	

Valor liq. total sem IVA: 100 EUR

Por favor, mencionar na V/Factura o nosso Pedido.
 Solicitamos a confirmação deste pedido por Fax.
 As condições de pagamento acordadas consideram-se somente após a recepção da factura.
 Horários de descarga: 2ª a 6ª feira, das 8h00 às 16h00

Processado por Computador

Page 1 of 1

Figura 3.5 - Pedido de Compra/Serviços. Fonte Frulact

Após a recepção do material/serviço e recebida a factura onde é mencionado o número do Pedido, o utilizador procede ao registo de entrada no SAP e a partir daí é enviado um workflow para o Departamento Financeiro para dar início aos procedimentos de pagamento. Note-se que se o registo de entrada não for feito e o fornecedor enviar a factura directamente para o Departamento Financeiro este não pode proceder ao pagamento, pois o SAP dará um erro automaticamente.

3.5.Execução do Modelo de Manutenção

Ao abrigo do Manual de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança Alimentar a Frulact da Covilhã tem um plano de manutenção industrial, que utiliza técnicas de diagnóstico, inspecção, prevenção, correcção, melhorias e controlo de equipamentos e instalações, para que estejam em condições de operacionalidade com o máximo de desempenho, com custos adequados e com equipas qualificadas e motivadas. Este modelo tem por base a eliminação de falhas, com o objectivo de se otimizar o rendimento, de se obterem níveis elevados de produtividade, de se reduzir custos e respeitar o nível de qualidade exigido. São obrigatórias no Departamento de Manutenção as seguintes metodologias para assegurar o plano de manutenção utilizando como ferramenta de apoio o SAP:

- Inventário a ferramentas e equipamentos utilizados pela manutenção.
- Inventariação, com registo das características de todos os equipamentos de imobilizado da empresa, com a criação de um registo das suas características como por exemplo, a sua designação, o fabricante, número de série, fornecedor, data de fabrico, data de aquisição, o local da instalação, modelo, a dimensão e o peso e formas como foi instalada para futuras movimentações, entre outros. Quando se recebe um equipamento novo, elaboração mediante indicações do fabricante do Plano de Manutenção Preventivo do mesmo.
- Registo do número de falhas de cada equipamento, e do seu grau de relacionamento com as quebras de produção, ou seja, com os custos indirectos, para definir o plano a seguir para que essas falhas sejam eliminadas ou reduzidas.
- Registo histórico de ocorrências, com base nos pontos anteriores. Com o objectivo de efectuar o levantamento da situação real dos equipamentos da empresa, tornando-se deste modo possível determinar a taxa de falhas, o *MTBF* e o *MTTR* e custos associados.

- Dos três pontos anteriores, estabelecem-se metas, através de acções de manutenção planeada, para a definição dos indicadores de desempenho e para as correcções necessárias, para alcançar assim um plano com vista às “zero falhas”, e que define as actividades da manutenção autónoma pelos colaboradores da produção, a aplicação de um sistema de manutenção periódica, a aplicação de um sistema de manutenção predictiva, a redução dos custos da manutenção através do controlo de *stocks* de materiais de substituição e, em geral, pela optimização das actividades da própria manutenção.
- Em caso de falha de um equipamento da produção, que ultrapasse os meios do colaborador da produção, a intervenção é da responsabilidade dos técnicos de manutenção.

Contribui-se assim, também, para uma melhor fluidez da informação dentro da empresa entre o Departamento de Manutenção e os outros Departamentos, para os quais existe um conjunto de procedimentos:

- Cada uma das equipas tem um representante, encarregado, na medida em que as áreas operacionais da empresa, que actuam directa ou indirectamente, na produção, na manutenção, na logística, no planeamento e controlo de qualidade, encontram-se divididas em equipas próprias.
- No final de cada semana realiza-se uma reunião, em que participam os responsáveis dos diversos departamentos da área fabril.

Quando se verifica a paragem de um equipamento por uma falha segue-se na empresa um plano de acções que é sequência de procedimentos de forma a otimizar o fluxo de informações e a eficácia da resolução do problema, procedimentos que podemos esquematizar por uma sequência de fases ilustrada na figura 3.6.

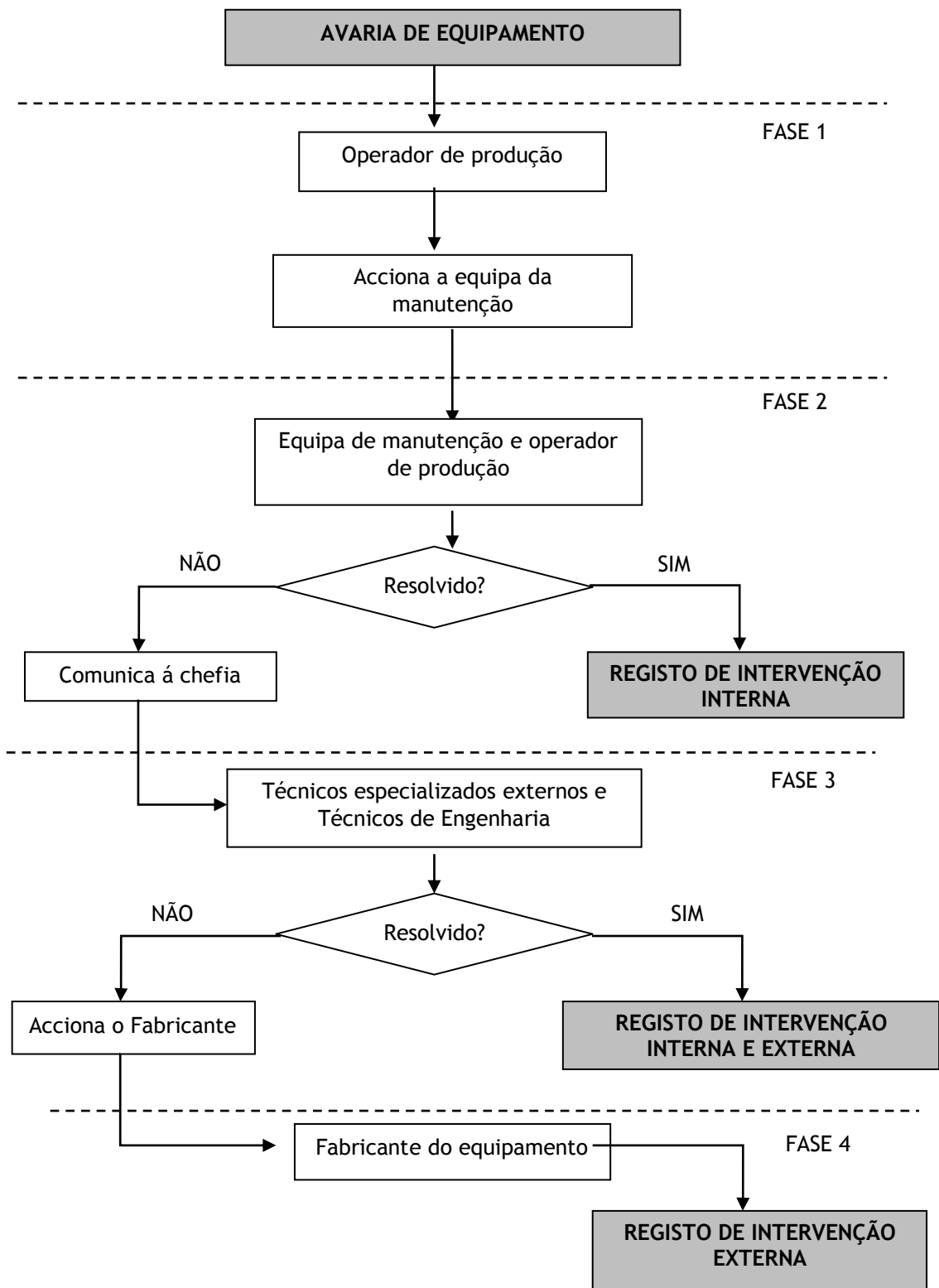


Figura 3.6 - Fluxograma do plano de acções em caso de falha de equipamentos.

Para melhor percepção do fluxograma da figura 3.6, descrevem-se as quatro Fases que o compõem:

- **Fase 1:** O operador da produção dirige-se á manutenção, ou por outro meio de comunicação, e informa a equipa da manutenção.
- **Fase 2:** A equipa da manutenção, em conjunto com o colaborador da produção, verifica a ocorrência e tenta solucionar o problema, se o problema for solucionado, a equipa de manutenção preenche a folha de registo de intervenção interna. Caso o problema não consiga ser resolvido, a equipa de manutenção, através do processo de comunicação previsto, deve informar a chefia, que por sua vez, decide se deverá ou não participar e recorrer a especialistas externos em conjunto com os técnicos de engenharia da empresa. Se o problema foi resolvido é preenchida a folha de registo de intervenção interna e externa.
- **Fase 3:** O responsável da manutenção, os técnicos de engenharia e os técnicos especializados externos tentarão resolver o problema. Caso não consigam, em conjunto devem decidir qual a melhor opção, se recorrer ao próprio fabricante ou a um outro especialista. Se o problema for resolvido, o operador da produção deverá registar o tempo de imobilização do equipamento e ser preenchida a folha de registo de intervenção interna e externa.
- **Fase 4:** Se a falha não for resolvida em nenhuma das fases anteriores, recorre-se ao fabricante ou a um especialista externo, devendo o operador da produção, como sucede nas restantes etapas, registar o tempo de imobilização do equipamento. Na eventual necessidade de uma assistência técnica por parte do fabricante, tanto para a intervenção como para a solicitação de peças de substituição, o responsável da manutenção verifica no SAP a informação disponível sobre o equipamento, isto é, as características gravadas na placa colocada na máquina ou indicadas no respectivo manual, mas também, para o caso particular de pedido de peças de substituição, especificar o número do desenho, caso exista no manual, e a respectiva referência de cada peça. O responsável da manutenção deve ainda identificar a localização da falha, fornecendo todas as indicações circunstanciais para que o fabricante possa analisar se a paragem da máquina depende de causas simples e elimináveis, mediante assistência telefónica, de ligação remota ao equipamento se este o permitir ou por *email*, evitando assim a deslocação e a intervenção desnecessárias de um técnico qualificado, por parte do fabricante do equipamento ou do fabricante do componente defeituoso, o que se traduz na prática por uma redução substancial dos custos directos e indirectos.

Parte 4

Determinação do Nível Seis Sigma da Frulact - Covilhã

4.1. Determinação do Nível Seis Sigma da Frulact - Covilhã

Para determinação do Nível Seis Sigma do Departamento de Manutenção da Frulact será utilizada a ferramenta de cálculo proposta por Cabrita, explanado na Parte 2 desta dissertação, que propõe a adaptação da filosofia *Six Sigma Balanced Scorecards* à manutenção e que designa por *Six Sigma Manintenance Scorecards*.

4.1.1. Indicadores

Com o objectivo de implementar medidas de melhoria contínua, é importante o conhecimento dos indicadores associados à Função Manutenção, assim como desta forma se podem tirar conclusões relativamente à eficiência e produtividade desta.

Para o exposto e levar a cabo o cálculo do nível Seis Sigma, seleccionaram-se os seguintes indicadores parciais de desempenho para a Função Manutenção da empresa:

- *Do* - Disponibilidade Operacional.
- λ - Taxa de falhas.
- *EGE* - Eficiência Global dos Equipamentos.
- *ITE* - Índice de Trabalho Extraordinário.
- *ITA* - Índice Técnico de Actividade.
- *IVP* - Índice do Volume de Produção.
- *IQS* - Índice de Qualidade do Serviço.
- *IEP* - Índice de Efectivos de Pessoal.
- *ITS* - Índice de Trabalho Subcontratado.

Estes indicadores são calculados mediante valores directamente recolhidos da empresa e calculados conforme se indica na Parte 2 desta dissertação.

No quadro 4.1 apresentam-se os valores obtidos para os indicadores, relativos ao espaço temporal de cálculo do nível Seis Sigma, para o ano de 2012 e primeiro semestre de 2013.

O facto de calcular o nível Seis Sigma para o ano 2012 deve-se ao início dos registos para cálculo dos indicadores para esta dissertação. No início de 2013, os horários laborais da manutenção passaram de cinco dias por semana para sete dias por semana, regime de laboração contínua, com rotatividade de folgas. Tal foi implementado pois com o início do tratamento de dados para esta dissertação, em 2012, verificou-se existir um dispêndio enorme em horas extras com o pessoal de manutenção, que trabalhava aos Sábados e alguns

Domingos para assegurar o Plano de Manutenção Preventivo quando os equipamentos de produção se encontram parados. Assim insistiu-se junto da Administração e do Chefe de Manutenção da empresa para que se mudasse o regime laboral existente para regime de laboração contínua no Departamento de Manutenção, medida que foi implementada em Janeiro de 2013 e a partir dessa altura foram também registados valores para obtenção dos indicadores de desempenho por forma a verificar qual o desempenho após esta melhoria.

É importante ressaltar o facto de que em 2012, não se conseguia proceder a todas as acções de manutenção preventiva, ficando algumas adiadas o que se tornava numa grande acumulação de acções em atraso.

Indicadores	2012	1º Sem. - 2013
M1 - Do [%]	62	64
M2 - λ [Falhas por hora]	$1,38 \times 10^{-2}$	$1,20 \times 10^{-2}$
M3 - EGE [%]	53	54
M4 - ITE [%]	21	7
M5 - ITA [%]	76	72
M6 - IVP [%]	1,6	1,7
M7 - IQS [%]	54	66
M8 - IEP [%]	10	13
M9 - ITS [%]	25	19

Quadro 4.1 - Indicadores parciais de desempenho da Função Manutenção, relativos á unidade fabril Frulact da Covilhã.

4.1.2. Definição dos Pesos e Desempenho de Cada Indicador

Como descrito na Parte 2 desta Dissertação, os pesos de cada indicador são atribuídos em especificidade de cada um e da sua importância para a Função Manutenção, sendo para o caso de estudo desta Dissertação definidos conforme se apresentam no quadro 4.3. Depois de calculado o rácio R_n para cada indicador, este deverá ser corrigido para D_n , diferenciando-se assim os bons dos maus desempenhos.

Como tal, no quadro 4.2 discriminam-se as correspondências definidas entre R_n e D_n e os valores efectivos utilizados.

Indicadores Medidos	R_n	D_n
M1. Disponibilidade Operacional dos Equipamentos D_o	≤ 60	20
	80	40
	90	70
	≥ 100	100
M2. Taxa de Falhas dos Equipamentos λ	≥ 200	20
	150	40
	120	70
	≤ 100	100
M3. Eficiência Global dos Equipamentos EGE	≤ 50	20
	60	30
	75	50
	≥ 100	100
M4. Índice de Trabalho Extraordinário ITE	≥ 200	10
	150	30
	120	70
	≤ 100	100
M5. Índice Técnico de Actividade ITA	≥ 200	10
	150	30
	120	70
	≤ 100	100
M6. Índice do Volume de Produção IVP	≥ 200	10
	150	30
	120	70
	≤ 100	100
M7. Índice de Qualidade do Serviço IQS	≤ 20	10
	40	30
	60	50
	≥ 100	100
M8. Índice de Efectivos de Pessoal IEP	≥ 200	10
	150	30
	120	70
	≤ 100	100
M9. Índice de Trabalho Subcontratado ITS	≤ 70	20
	80	30
	90	70
	≥ 100	90

Quadro 4.2 - Valores para os rácios efectivos de desempenho dos indicadores medidos.

4.1.3. Correção do Nível Seis Sigma

Pelas razões apresentadas na Parte 2, segundo as referências indicadas e seguindo a metodologia proposta, no quadro 4.3 determinam-se os valores máximos e mínimos possíveis de acordo com o quadro 4.2.

As linhas de produção na Frulact da Covilhã, todas elas, permitem produzir os mesmos produtos, sendo o número médio de equipamentos por linha de produção é igual a 12, logo para o cálculo de *DPMO*, através da equação 2.49, virá:

$$DPMO = \frac{DPU \times 10^6}{12}$$

Determinados os *DPMO*, o cálculo do nível seis sigma resultará da correspondência entre os níveis Seis Sigma e os *DPMO*, consultando o quadro 2.5.

Permitenos, uma vez determinado o nível Seis Sigma máximo para o nosso caso, encontrar o valor do factor de correção que não é mais do que a diferença entre o valor máximo teórico Seis Sigma, 6, e o nível máximo possível para o caso do nosso estudo.

Indicadores medidos	P_n	Máximos	
		D_n	$IDMP_n$
M1	20	100	20
M2	20	100	20
M3	10	100	10
M4	10	100	10
M5	10	100	10
M6	5	100	5
M7	5	100	5
M8	10	100	10
M9	10	90	9
Cálculos			
<i>IDM</i>		99	
<i>DPU</i>		0,0101	
número médio de equipamentos por linha de produção		12	
<i>DPMO</i>		842	
Nível Seis Sigma		4,645 (4,65)	
Factor de correção		6 - 4,65 = 1,35	
nível Seis Sigma corrigido		6	

Quadro 4.3 - Valores limite, máximos e mínimos, dos *DPU*, *DPMO* e factor de correção.

4.2. Cálculo do Nível Seis Sigma

Apresentamos de seguida, no Quadro 4.4, os valores relativos à aplicação da Six Sigma Maintenance Scorecard ao Departamento de Manutenção da Frulact da Covilhã, para o ano de 2012 e para o primeiro semestre de 2013.

Indicadores medidos	P_n	2012		1º Sem. 2013	
		D_n	$IDMP_n$	D_n	$IDMP_n$
M1	20	90	18	92	18,4
M2	20	91	18,2	93,5	18,7
M3	10	92	9,2	95	9,5
M4	10	34	3,4	70	7
M5	10	48	4,8	56	5,6
M6	5	65	3,25	72	3,6
M7	5	76	3,8	95	4,8
M8	10	90	9	95	9,5
M9	10	50	5	67	6,7
Cálculos					
IDM		74,7%		83,8 %	
DPU		0,2917		0,1767	
<i>número médio de equipamentos por linha de produção</i>		12			
DPMO		24308		14728	
Nível Seis Sigma		3,474 (3,5)		3,679 (3,7)	
Factor de correcção		1,35			
nível Seis Sigma corrigido		4,85		5,05	

Quadro 4.4 - Determinação do nível Seis Sigma para a filosofia Manutenção Seis Sigma (Maintenance Scorecard).

Parte 5

Conclusões Finais

Apresentamos a análise ao cálculo do nível Seis Sigma para a Função Manutenção da unidade fabril da Frulact da Covilhã.

5.1. Análise dos Resultados Obtidos do Método - SSMS

Analisando os resultados obtidos no Quadro 4.4 relativos à aplicação da *Six Sigma Maintenance Scorecard* à unidade fabril da Frulact na Covilhã, para o ano de 2012 e primeiro semestre de 2013 podemos concluir o seguinte:

- Os níveis Seis Sigma relativos a 30 grupos americanos indexados ao *Dow Jones Industrial Index* de 2004, representativos de 10 sectores de actividade económica cujos respectivos níveis Seis Sigma não corrigidos, para a *Six Sigma Business Scorecard*, situam-se entre o mínimo de 3,06 e um máximo de 4,02 [22], e vão servir de termo de comparação com os valores obtidos para a Frulact.

Assim analisando os valores obtidos para a Frulact através desta ferramenta, concluímos que os valores do nível Seis Sigma (3,4 e 3,7 não corrigido e 4,85 e 5,05 corrigido) são relativamente baixos comparativamente com o das empresas de referência do *Dow Jones Industrial Index*. Esta evidência indica a necessidade da realização de algumas correcções e implementações na organização e gestão do Departamento de Manutenção no sentido de se atingirem os objectivos da Função Manutenção que são a garantia da melhoria continua e do processo produtivo.

Conforme pode ser observado nas tabelas e resultados finais, verificou-se para o primeiro Semestre de 2013 um aumento do nível Seis Sigma em 2 décimas pelas seguintes razões:

- A subida do nível Seis Sigma deveu-se essencialmente à melhoria acentuada do indicador M4 (Índice de Trabalho Extraordinário), resultante da proposta apresentada, que permitiu uma redução significativa do custo total do trabalho extraordinário de manutenção, trabalho esse em grande parte para assegurar o Plano de Manutenção Preventiva.
- Relativamente a este 1º semestre os indicadores M1, M2 e M3, ainda que pouco acentuada, tiveram uma melhoria, essencialmente devida ao aumento do MTBM, resultado de um melhor cumprimento das acções de manutenção preventivas que passaram a ser em maior quantidade e concluídas dentro do prazo. Esta medida levou a uma ligeira diminuição das acções de manutenção correctivas. Note-se que estes indicadores de forma directa ou indirecta estão relacionados com todos os outros.

- No que respeita ao indicador M4, este foi o que apresentou um nível de melhoria mais elevado, o facto de não cumprir os objectivos, 100%, deve-se em muito aos atrasos do Planeamento da Produção e suas alterações, o que leva a fábrica a laborar em regime extraordinário, tirando assim disponibilidade para cumprir as acções de manutenção preventivas no prazo e conseqüente obrigatoriedade de horas extras para tal.
- O indicador M5 melhorou, muito devido á redução de consumo de peças em acções de manutenção correctivas que eram necessárias pois existem muitos componentes nas linhas que dependem funcionalmente de outros, que não sendo intervencionados em manutenção preventiva avariam e levam outros a avariar. Outro problema existente é a não colocação de *kit's* de peças de substituição previamente separados com as ordens de manutenção preventiva, o que obriga os técnicos a procurar os *kit's* no armazém perdendo não só muito tempo, como também leva a muitos enganos e desperdícios de material. Pois se um técnico coloca por exemplo um *kit* de vedantes trocado numa válvula, passado pouco tempo esta vai deixar de cumprir a sua função e a linha terá de parar, levando a nova substituição do *kit*. Verifica-se ainda que existem muitos enganos e desperdício de material por falta de formação específica dos técnicos.
- Verifica-se uma melhoria do indicador M6 em grande parte devido á redução do custo total de manutenção, verificado com a redução de custos com horas extra, e pelo exposto no ponto anterior.
- Embora o indicador M7 tenha melhorado, continua a ser necessário aumentar as actividades de manutenção preventiva para que este cumpra através um plano de melhoria contínua, o objectivo de 100%.
- O indicador M8 melhorou devido á redução dos recursos humanos afectos á actividade de produção, embora tenham aumentado os recursos humanos afectos á manutenção, o que indica que para além de flutuações na produção os procedimentos de manutenção mantêm-se.
- Para o indicador M9 temos uma ligeira melhoria, contudo para que este atinja um nível máximo é necessário aumentar o trabalho subcontratado e conseqüentemente as actividades de manutenção preventiva, melhorando este indicador de forma contínua estar-se-á também de forma directa a melhorar o indicador M7.

5.1.1.Sugestões para Melhoria dos Indicadores

Podemos indicar alguns factores que se verificam na empresa e podem ser oportunidades de melhoria dos indicadores e da Função Manutenção na Frulact:

- No Departamento de Manutenção apenas existe um carro de ferramenta, aos fins-de-semana quando em acções de manutenção preventiva, estão várias equipas, passando assim a fazer falta mais ferramenta, os técnicos têm de se deslocar em grandes distâncias para ir buscar ferramenta que nem sempre está disponível, o que origina grandes perdas de tempo e desconcentração na actividade. Deveriam ser adquiridos carros de ferramenta para que exista um por equipa, sendo a equipa responsável pela sua conservação.
- Por razões de segurança alimentar a oficina e armazém de peças está longe dos outros departamentos, nomeadamente da produção, os técnicos durante a semana, se existe uma falha têm de percorrer grandes distâncias se necessitarem ferramenta, muitas vezes uma chave de fendas ou um alicate. Assim propõe-se a existência de *kit's* básicos de ferramenta em caixas junto das linhas para que a manutenção possa reduzir tempos em deslocações para reparar falhas ou avarias.
- Outro ponto, já falado, é a necessidade de quando se preparam as ordens escritas de manutenção preventiva, automaticamente a pessoa que gere o armazém de peças ou com mais conhecimento deste separe os *kit's* de peças a utilizar em cada ordem, esta acção reduz em muito os tempos das acções de manutenção preventivas e reduz a possibilidade de erro, pois os técnicos enganam-se frequentemente nas peças e inevitavelmente irão surgir falhas ou avarias.
- Um problema existente está associado á rotatividade dos recursos humanos afectos á produção e á manutenção, pois, desta forma não se consegue um quadro permanente com formação adequada para prever e atender aos problemas bem como para agir sobre eles. Esta situação leva muitas vezes a erros que provocam falhas e avarias de dimensão assim como maior gasto em materiais de manutenção.
- É evidente a falta de formação técnica aos recursos humanos afectos á manutenção, uma vez que se solicita a sua polivalência é essencial a formação nas várias áreas em que estes actuam.
- Evidencia-se a necessidade de reuniões semanais no Departamento de Manutenção, para avaliar necessidades, definir objectivos claros e avaliar a evolução de indicadores. Objectiva-se também a motivação dos recursos humanos para a

compreensão e envolvimento na filosofia, assim como acatar as suas sugestões de melhoria.

- Adequação das transacções e funções do programa informativo SAP, para uma maior eficácia no tratamento de dados para a obtenção de indicadores.

5.2. Generalidades

Verificamos que a filosofia Seis Sigma é uma prática fortemente disciplinada, de melhoria contínua em processos, produtos e serviços, com o objectivo de reduzir falhas e custos de produção. Com ela podemos avaliar quantas falhas ou defeitos se têm numa organização, seja numa área específica ou na sua globalidade, então de uma forma sistemática, conseguem-se orientar os procedimentos a adoptar para se eliminar essas falhas e atingir-se a meta “zero avarias” ou “zero erros”, em que se impõe uma taxa máxima de 3,4 produtos defeituosos por milhão.

Como visto, em 2004, Gupta propôs a filosofia *Six Sigma Business Scorecard*, que através de uma vasta apresentação de indicadores de desempenho se pode avaliar a situação global económica e financeira das organizações.

O Prof. C. P. Cabrita adapta de forma eficaz esta metodologia á Função Manutenção (*Six Sigma Maintenance Scorecard*), seguindo a mesma metodologia mas adaptada á Função Manutenção com indicadores de desempenho para tal seleccionados, desenvolvendo, como se afere, assim uma poderosa ferramenta com vista á avaliação da Função Manutenção das organizações e permitindo agir de forma a implementar acções de melhoria contínua.

O modelo Seis Sigma na Manutenção Industrial permite a comparação de valores de nível Seis Sigma obtidos com o máximo possível de valor seis o que o diferencia de outros modelos, por exemplo o caso da necessidade de *benchmarking* a que os modelos de manutenção obrigam para que se tenham meios de comparação. Permite ainda a sua adaptação com flexibilidade às necessidades de cada organização, como é o caso dos indicadores a adoptar e número destes que podem ser escolhidos conforme as necessidades bem como o valor do peso atribuído a cada um e o valor dos rácios efectivos de desempenho dos mesmos.

5.3. Recomendações para Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros não podemos deixar de referir a continuidade desta dissertação, pois, este é apenas uma etapa do trabalho que há ainda a realizar na utilização desta metodologia e suas ferramentas.

Assim aconselhamos a aplicação das melhorias propostas e continuar a sua análise, sempre procurando o melhor desempenho possível da Função Manutenção, ou seja alcançar o que podemos chamar um nível muito bom.

Dar continuidade á investigação e a articulação do GMAC para tratar os indicadores bem como encontrar mais indicadores que se adequem para assim afinar a malha de cálculo e tornar a determinação do desempenho da Função Manutenção o mais preciso possível.

Torna-se também evidente a aplicação de sistemas que permitam obter de forma eficaz e correcta dados para os indicadores de desempenho, como por exemplo implementar sistemas de diagnóstico e detecção de falhas e avarias, que poderão também servir como ferramenta para aplicação e melhoria da política de Manutenção Predictiva.

Esta dissertação é mais um fruto do trabalho desenvolvido entre uma instituição de ensino superior e o tecido empresarial, como é o caso desta dissertação, entre a UBI e a unidade fabril do sector agroalimentar a Frulact.

Referências Bibliográficas

- [1] – P. Lyonnet, “*Maintenance Planning. Methods and Mathematics.*” Chapman & Hall, London, Reino Unido, 1991.
- [2] – R. Assis, “*Manutenção Centrada na Fiabilidade. Economia das Decisões.*” Lidel - Edições Técnicas, Lisboa, 1997.
- [3] – M. H. Rashid, “*Power Electronics. Circuits, Devices and Applications.*” Prentice Hall International, New Jersey, Estados Unidos, 1998.
- [4] – J. Moubray, “*RCM - Manutenção Centrada em Confiabilidade.*” Edição Brasileira, Grã-Bretanha, Biddles Ltd, Guilford and King’s Lynn, 2000.
- [5] – C. V. Pinto, “*Organização e Gestão da Manutenção.*” Monitor, 2ª Edição, Lisboa, Portugal, 2002.
- [6] – C. P. Cabrita e C. M. Silva, “*Organização e Gestão da Manutenção Industrial.*” Livro teórico-prático de apoio às disciplinas Manutenção Industrial e Controlo da Qualidade, dos Cursos de Mestrado em Engenharia - Sistemas de Controlo e Manutenção Industrial e Sistemas Aeroespaciais, da Universidade da Beira Interior. Edição dos autores, UBI, Covilhã, 2002.
- [7] – R. Canuto, José Mendes e Filipe Pereira, “Factores que Influenciam a Disponibilidade dos Equipamentos e das Instalações”. Comunicação apresentada no 7º Congresso Nacional de Manutenção, Viseu, Portugal, Abril de 2002.
- [8] – E. Nunes e A. Valladares, “Estratégias Integradas para o Planeamento e a Gestão do Conhecimento e suas Relações com a Manutenção Centrada em Confiabilidade”. Comunicação apresentada no 1º Congresso Mundial de Manutenção, Salvador da Bahia, Brasil, 15 a 20 de Setembro de 2002.
- [9] – R. Araújo, L. Taqueti e J. de Castro, “A Implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade na ACESSITA”. Comunicação apresentada no 1º Congresso Mundial de Manutenção, Salvador da Bahia, Brasil, 15 a 20 de Setembro de 2002.

- [10] – C. P. Cabrita, “*Organização e Gestão da Manutenção em Unidades de Manutenção de Material Circulante Motor Ferroviário para Tracção Eléctrica Monofásica.*” Livro teórico-prático de apoio às disciplinas Manutenção Industrial e Controlo da Qualidade, dos Cursos de Mestrado em Engenharia - Sistemas de Controlo e Manutenção Industrial e Sistemas Aeroespaciais, da Universidade da Beira Interior. Edição do autor, UBI, Covilhã, 2003.
- [11] – S. J. Chapman, “*Electric Machinery Fundamentals.*” McGraw-Hill, New York, 2003.
- [12] – C. M. Silva, “*A Função Manutenção na Empresa Industrial. Aplicação a um Caso Concreto de uma Grande Unidade Fabril.*” Dissertação de Mestrado em Engenharia - Sistemas de Controlo e Manutenção Industrial, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Maio de 2004.
- [13] – C. P. Cabrita, “*TPM. Manutenção Produtiva Total. Teoria, Métodos, Indicadores de Desempenho.*” Livro teórico-prático de apoio às disciplinas Manutenção Industrial e Controlo da Qualidade, dos Cursos de Mestrado em Engenharia - Sistemas de Controlo e Manutenção Industrial e Sistemas Aeroespaciais, da Universidade da Beira Interior. Edição do autor, UBI, Covilhã, 2004.
- [14] – R. Assis, “*Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção. Fiabilidade e Manutenibilidade.*” Lidel - Edições Técnicas, Lisboa, 2004.
- [15] – C. A. Fernandes, “*Manutenção centrada na fiabilidade em accionamentos eléctricos com motores de indução trifásicos.*” Dissertação de Mestrado em Engenharia - Sistemas de Controlo e Manutenção Industrial, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2005.
- [16] – SK, Pinjala, et all, “*An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies*”, International Journal of Production Economics, 2006
- [17] – M.C. Eti, et all,. “*Developing and implementation of preventive maintenance in Nigerian industries*”, vol.83, issue 10, 2006
- [18] – H. Pereira, “*TPM - Total Productive Maintenance - Uma importante ferramenta da logística empresarial*” (Parte I); Informação Técnico-científica de Metalurgia e Metalomecânica, vol. 182, 2009

- [19] – SR. Mileham, et all, “*Set-up reduction (SUR) beyond total productive maintenance (TPM)*” Proceedings of the institution of Mechanical Engineers Part B; Journal of Engineering Manufacture, 1997
- [20] – D. S. Madeira, “*Produção Magra, Seis Sigma, Manutenção Industrial Magra. Princípios, Metodologias, Propostas de Instalação*”. Dissertação de Mestrado em Engenharia Electromecânica, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2009.
- [21] – J. Levitt, “*Lean Maintenance*.” Industrial Press, New York, 2013.
- [22] – C. P. Cabrita, P. Vaz, J. Matias, D. Fonseca, “*Manutenção Industrial Seis Sigma. Aplicação a uma Unidade Fabril do Sector Automóvel*”, Artigo aceite para publicação na Revista Manutenção, 2010.
- [23] – <http://br.kaizen.com/>, 2013
- [24] – C. P. Cabrita, P. Vaz, J. Matias, D. Fonseca, “*Manutenção Industrial Seis Sigma. Proposta de Metodologia e Casos Práticos*”, Aceite para apresentação no 10.º Congresso de Manutenção, Figueira da Foz, 19-20 de Novembro de 2009.
- [25] – <http://www.leanthinkingcommunity.org>, 2013.
- [26] – <http://pt.kaisen/>, 2013.
- [27] – D. Vieira, “*Estudo da Aplicabilidade de um Modelo de Manutenção a uma Empresa Industrial do Sector Metalomecânico.*”, Idem, ibidem, 2008.
- [28] – V. Maia, “*Evolução da Função Manutenção numa Empresa Industrial do Sector da Metalomecânica.*”, Idem, ibidem, 2008.
- [29] – P. Serrano, “*Manutenção de Fiabilidade Pró-Activa: Aplicação a uma Empresa Multinacional do Sector Automóvel.*” Idem, ibidem, 2008.
- [30] – M. Harry, R. Schroeder, “*Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World Top Corporations.*”, Doubleday Publishing Group, New York, 2000.
- [31] – J. Pinto, “*Novas oportunidades.*”, *Revista Exame*, 2006, em http://www.Leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/exame_set2006_jpp.pdf, 2013

- [32] – J. Pinto e A. Amaro, “Criação de valor e eliminação de desperdícios.”, *Revista Qualidade.*, 2007, em:
http://www.Leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/netsc013.pdf, 2013.
- [33] – G. Byrne, D. Lubowe, e A. Blitz, “Using a Lean Six Sigma approach to drive innovation.” *Strategy & Leadership Journal*, 2007, em
<http://www.emeraldinsight.com/Insight/ViewContentServlet?Filename=Published/EmeraldFullTextArticle/Articles/2610350201.html>, 2013.
- [34] – E. Coimbra, “O KMS - Kaizen Management System” *Revista Vida Económica.*, 2008, em:
http://pt.kaizen.com/uploads/tx_nppresscenter/Kaizen_Forum_Nr_10.pdf, 2013.
- [35] – C. P. Cabrita, “Bases Probabilísticas e Estatísticas da Filosofia Six Sigma”, Artigo aceite para publicação na *Revista Kéramica*, 2009.
- [36] – G. Tennant, “Six Sigma: SPC and TQM in Manufacturing and Services” Gower House, Aldershot, Reino Unido, 2001.
- [37] – A. K. Pinto, J. N. Xavier, - “Manutenção: função estratégica.” Rio de Janeiro, em:
http://www.Leanthinkingcommunity.org/livros_recursos/Joao%20Pinto%20Introducao%20ao%20Lean%20Thinking.pdf., 2013
- [38] – P. H. Moraes, “Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística.” Taubaté: UNITAU, 2004 em:
<http://pt.scribd.com/doc/103905861/Moraes-paulo-Henrique-de-Almeida>, 2013
- [39] – S. Nakajima, “Introduction to TPM”, s.l.: Productivity Press, Inc., 1988.
- [40] – Volkswagen Autoeuropa, “Manual de TPM”, 2ª Edição, 2002.
- [41] – JIPM. 2008. JIPM - Japan Institute of Plant Maintenance. *JIPM - Japan Institute of Plant Maintenance.* JIPM, 2008, em
<http://www.jipm.or.jp/en/activities/pm/index.html>, 2013
- [42] – Womack, J. P., Jones, D. T., R., “The Machine That Changed the World”, Harper Perennial, 1990
- [43] – J. S. Oakland, “Statistical Process Control”, Butterworth-Heinemann, Sixth Edition, 2008

- [44] – J. Black, “*Lean Production*”, Industrial Press, New York, 2008.
- [45] – I. Baas, “*Six Sigma Statistics with Excel and Minitab*”. McGrawHill, New York, 2007.
- [46] – http://en.wikipedia.org/wiki/Six_Sigma, 2013.
- [47] – <http://www.aeportugal.pt/>, 2013.
- [48] – C. P. Cabrita, “*FILOSOFIAS PRODUÇÃO MAGRA, SEIS SIGMA, SIGMA MAGRA E A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL*”. Edição do autor, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2008.
- [49] – C. P. Cabrita, “*Manutenção Industrial Seis Sigma*”. Artigo aceite para publicação na Revista Manutenção, 2009.
- [50] – F. O. Brito, S. Dacol, “*A MANUFATURA ENXUTA E A METODOLOGIA SEIS SIGMA EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS*”, XXVIII Encontro nacional de engenharia de produção, RJ, Brasil, 2008
- [51] – ProfitAbility - engineers, Lda
- [52] – P. Gupta, “*Six Sigma Business Scorecard. Ensuring Performance for Profit*”. McGraw Hill, New York, 2004.
- [53] – C. P. Cabrita, “*Contribuição para o Entendimento das Bases Probabilísticas e Estatísticas da Filosofia Seis Sigma. Caracterização da Six Sigma Business Scorecard*”. Artigo aceite para publicação na Revista Manutenção, 2009.
- [54] – NP4456:2007 e NP4457:2007
- [55] – NP EN ISO 22000:2005
- [56] – Norma BRC Global Standard for Food Safety - Issue 6
- [57] – NP EN ISO 9001:2008
- [58] – NP EN ISO 14001:2012
- [59] – NP EN 15341:2009

Anexo A - Folhas de Registo de Intervenções

Anexo B - Caderno de Encargos

**Caderno de Encargos de
Prestação de Serviços em
Tortosendo e Ferro**

1. Objectivo

Definir as regras referente a colaboradores externos à Frulact que prestam serviços nas unidades industriais de Tortosendo e Ferro:

- Conduta dentro das instalações;
- Práticas de higiene e segurança pessoal e de terceiros;
- Actividade susceptíveis de interferir com a higiene e segurança alimentar.

2. Regras

Os colaboradores deverão sempre dirigir-se à portaria da Frulact à chegada às instalações.

Não é permitido o acesso às áreas fabris a pessoal não autorizado e que não esteja acompanhado por um colaborador Frulact. Os colaboradores dos serviços técnicos utilizam fardamento verde.

Conduzir com prudência e observar as regras de trânsito nas áreas de trânsito.

Estacionar as viaturas de serviço no parque destinado para o efeito, de marcha-atrás, de modo a sair o mais rapidamente possível em caso de emergência.

É expressamente proibido fumar incluindo no exterior, à excepção da sala destinada para o efeito.

É proibido comer, beber e mascar pastilhas elásticas fora das áreas permitidas.

É proibido o porte de medicamentos dentro das instalações.

É obrigatório o uso de vestuário adequado: touca vermelha, bata ou farda de trabalho com identificação da empresa e calçado próprio. Os membros inferiores e superiores devem estar cobertos à excepção das mãos.

A roupa e calçado de trabalho não devem ser usados no exterior da fábrica.

No interior das instalações é proibido de qualquer jóia ou adorno (incluído relógio) à excepção de aliança casamento.

Lavar as mãos antes de entrar nas áreas de produção.

Não é permitido o acesso às instalações de pessoas que padeçam de qualquer doença infecciosa.

Deve ser observada e cumprida a sinalização de higiene e segurança existente.

É obrigatório a utilização de cartão de identificação preenchido na portaria.

Proibido tirar fotografias sem autorização.

O uso de telemóvel está condicionado dentro das zonas de produção. É necessária autorização dos responsáveis dos serviços técnicos.

A utilização de qualquer produto químico carece de autorização dos responsáveis dos serviços técnicos.

Quando há risco de acidente de trabalho, é obrigatório o uso de equipamentos de protecção individual propriedade da empresa subcontratada.

No final da intervenção, as zonas de trabalho devem ser limpas e arrumadas. Os resíduos devem ser encaminhados para os respectivos locais de armazenagem.

A execução de trabalhos em áreas em laboração está condicionada. Carece de autorização pelos responsáveis dos serviços técnicos e vigilância contínua.

Trabalhos de corte e soldadura:

- Devem ser conduzidos de forma a reduzir os riscos de incêndio e de contaminação com corpos estranhos a áreas não intervencionadas.
- Ter um extintor nas proximidades.
- Verificar se nas proximidades não existem substâncias inflamáveis.

- É proibido a soldadura nas imediações de um autómato ou outro equipamento electrónico em funcionamento.
- A massa do aparelho de soldar deverá ficar o mais próximo possível da tocha.

Todos os prestadores que executem trabalhos que possam constituir um risco de incêndio são responsabilizados pelos seus actos

As áreas intervencionadas devem ser segregadas/separadas fisicamente das áreas adjacentes caso haja libertação de corpos estranhos.

As ferramentas de trabalho devem ter certificação CE. a empresa subcontratada é responsável pelo fornecimento de ferramentas e utensílios necessários às suas actividades.

As empresas subcontratadas deverão certificar-se que recolhem à saída todas as suas ferramentas e utensílios.

A movimentação de cargas com recurso a equipamentos de elevação e transporte é sempre manobrado por colaboradores da Frulact.

Os colaboradores deverão ter uma avaliação de apto pela sua entidade empregadora para as funções que desempenham na Frulact.

A empresa subcontratada deve apresentar uma cópia do seguro de responsabilidade civil que suporte os danos dos trabalhadores que possam ser causados no decurso do seu trabalho.

Respeitar os percursos pedestres dentro das instalações. Ter em atenção os veículos em circulação. Não utilizar vias destinadas a estes.

Substâncias perigosas (amónioaco, lubrificantes) devem ser manipuladas com especial atenção de forma a não contaminar áreas envolventes.

Nota: A Frulact faz boa fé das declarações prestadas pelos seus fornecedores.

Neste sentido, ser-lhe-ão imputadas indemnizações exigíveis à Frulact, decorrentes da prestação de falsas declarações e consequentes indemnizações daí decorrentes, nomeadamente os custos associados à perda de clientela e deterioração da imagem .

Declaro que tomei conhecimento das condições de prestação de serviços dentro das instalações da Frulact e que as aceito.

A _____, ____ de _____ de 201__

Responsável pelas equipas de trabalho

Nome legível: _____

Assinatura: _____