

**Abordagem Lean à Gestão da Manutenção e
Energia de uma Indústria de Bebidas
Caso Prático *Sumol+Compal***

Projecto apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Autor

Miguel Duarte Ferreira Antunes da Silva

Orientador

Professor Doutor José Manuel Torres Farinha

Instituição

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, 2014

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

A definição de insanidade é fazer a mesma coisa da mesma maneira e esperar resultados diferentes. - Albert Einstein

Os custos não existem para serem calculados. Existem para serem reduzidos. - Taiichi Ohno

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Aos Meus Pais e à Ana Raquel

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que directa ou indirectamente contribuíram para a execução deste trabalho. Particularmente ao Professor José Manuel Torres Farinha por todo o apoio e dedicação na orientação deste trabalho.

Queria também agradecer à *Sumol+Compal*, nomeadamente à Direcção de Fábrica e à Gestão da Manutenção, a oportunidade de permitir a realização deste trabalho em contexto industrial.

À minha família, amigos e namorada que sempre apoiaram e compreenderam as várias ausências neste período.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

A presente monografia centra-se na introdução de melhorias, baseadas na filosofia *Lean*, numa indústria de bebidas, nos sectores do *stock* de peças-de-reserva e da energia. Para o efeito procedeu-se a uma auditoria ao estado da manutenção, bem como a uma auditoria aos consumos energéticos da organização.

No passo seguinte procedeu-se à alteração das metodologias de manutenção e, em particular, do *stock* de peças-de-reserva, tendo sempre subjacente a filosofia *Lean*.

Da mesma forma, após a caracterização das principais perdas energéticas, e tendo em consideração que a filosofia *Lean* se foca na eliminação dos desperdícios e na melhoria da eficiência dos processos, aplicou-se essa mesma visão à gestão de energia, pois são exactamente os desperdícios que se pretendem eliminar, bem como melhorar a eficiência dos processos energéticos.

São avaliados detalhadamente todos os grandes sistemas energéticos da unidade fabril e identificadas as suas fontes de desperdício. São comparadas as práticas e sistemas existentes com as melhores práticas energéticas conhecidas. Finalmente, os desperdícios são quantificados e objecto de análise financeira.

Palavras-chave: Gestão da Manutenção; Gestão de Energia; Manutenção Lean; Eficiência Energética; Lean Energia.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

This monograph focuses on improvements based on the Lean philosophy, in the beverage industry in sectors of the stock of spare parts and energy. To this end we proceeded to an audit of the state of maintenance, as well as an audit of energy consumption of the organization.

The next step proceeded to the change of maintenance methodologies and, in particular, the stock of spare parts, always behind the Lean philosophy.

Similarly, after the characterization of the main energy loss, and taking into account that the lean philosophy focuses on eliminating waste and improving the efficiency of processes, applied to the same view to energy management, because they are exactly the waste that seek to reduce and improve the efficiency of energy processes.

Are evaluated in detail all the major energy systems of the plant and identified their sources of waste. Compares the existing practices and systems with the best known energy practices. Finally, wastes are estimated and subject to financial analysis.

Key-Words: Maintenance Management; Energy Management; Lean Maintenance; Energy Efficiency; Lean Energy.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice de Figuras

Figura 2.1 - A história da <i>Sumol+Compal</i>	4
Figura 2.2 - Estrutura de Gestão	5
Figura 2.3 - Principais marcas produzidas pelo grupo.....	6
Figura 2.4 - Vista aérea fábrica Pombal.....	7
Figura 2.5 - Organigrama da fábrica de Pombal	7
Figura 2.6 - Organigrama do departamento de manutenção.....	8
Figura 3.1 - Tipos de Manutenção (adaptado de NP EN 13306:2010)	13
Figura 4.1 - Evolução consumos de energia (<i>IEA, 2014a</i>)	18
Figura 4.2 - Evolução do consumo energia em Portugal (<i>DGEG, 2014</i>)	19
Figura 4.3 - Evolução da dependência energética em Portugal (<i>DGEG, 2014</i>)	19
Figura 4.4 - Distribuição consumo energia mundial 2012 (<i>IEA, 2014</i>).....	20
Figura 4.5 - Evolução consumo de energia em Portugal por sectores	20
Figura 4.6 - Os vários benefícios ligados à eficiência energética (<i>IEA, 2014</i>)	22
Figura 4.7 - Organização da norma ISO 50001.....	23
Figura 5.1 - Taiichi Ohno	28
Figura 5.2 - James Womack.....	29
Figura 5.3 - Tipos de actividades (<i>Pinto, 2008</i>)	30
Figura 5.4 - Casa <i>Toyota Production System</i>	32
Figura 5.5 - <i>Value Stream Mapping</i>	39
Figura 5.6 - Os oito pilares do TPM	42
Figura 6.1 - Exemplo ficha de diagnóstico n.º1	51
Figura 6.2 - Mapa radar do posicionamento do departamento	53
Figura 7.1 - Tempos de manutenção	56
Figura 7.2 - Processo aquisição material.....	58
Figura 7.3 - Aspecto Geral Inicial do Armazém	61
Figura 7.4 - Armazenamento dos materiais.....	62
Figura 7.5 - Armazenamento de materiais antes (esquerda) e depois (direita).....	64
Figura 7.6 - <i>Layout</i> antigo.....	65
Figura 7.7 - Novo <i>layout</i>	66
Figura 7.8 - Materiais eléctricos antes (esquerda), depois (direita)	68
Figura 7.9 - Estruturas criadas para armazenagem.....	69
Figura 7.10 - Estrutura aérea de armazenagem de materiais grandes dimensões	69
Figura 7.11 - Ferramentas antes do projecto	70

Figura 7.12 - Ferramentas após projecto	70
Figura 7.13 - Materiais susceptíveis de causarem danos físicos aos utilizadores.....	71
Figura 7.14 - Armazenamento dos materiais após arrumação	71
Figura 7.15 - Visão geral após término do projecto	72
Figura 7.16 - Definição em SAP da localização.....	73
Figura 7.17 - Etiqueta dos materiais.....	73
Figura 7.18 - Materiais armazenados	74
Figura 7.19 - Consulta de quantidade e localização no SAP.....	74
Figura 7.20 - Esquemático de associação imagem-material em SAP	75
Figura 7.21 - Tabela mestre de material com foto	75
Figura 7.22 - Fins de curso de três gerações da mesma marca	77
Figura 7.23 - Exemplo de indicação da localização anterior do material	79
Figura 7.24 - Algoritmo de análise de materiais sem código.....	80
Figura 7.25 - Relações das peças-de-reserva com o respectivo equipamento.....	81
Figura 7.26 - Lista técnica de materiais do Doseador Azoto	82
Figura 7.27 - Lista técnica de materiais de equipamento e foto	82
Figura 7.28 - Parametrização de plano de manutenção	84
Figura 7.29 - Programação de prazos para plano	84
Figura 7.30 - Execução de operação de execução dos planos	85
Figura 7.31 - Ordem de manutenção criada automaticamente.....	86
Figura 7.32 - <i>Home page</i> partfind.....	87
Figura 7.33 - Identificação peças da envolvedora	88
Figura 7.34 - Peças da envolvedora e sua localização em armazém.....	88
Figura 7.35 - Visualização do mapa do armazém	89
Figura 8.1 - Distribuição consumo energia primária.....	91
Figura 8.2 - Distribuição custo energia por sistema 2013.....	93
Figura 8.3 - Distribuição custo energia eléctrica 2013.....	93
Figura 8.4 - Esquema de princípio da central de vapor	95
Figura 8.5 - Distribuição de consumos de vapor (2014).....	98
Figura 8.6 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> do desperdício de energia no sistema de vapor	99
Figura 8.7 - Central de ar comprimido	100
Figura 8.8 - Energia num processo de compressão de ar (Atlas Copco, 2010).....	102
Figura 8.9 - Princípio funcionamento secador de adsorção (Marshall, 2014)	103
Figura 8.10 - Diagrama de carga da central ar comprimido.....	103
Figura 8.11 - Princípio de funcionamento secador de refrigeração	104
Figura 8.12 - Secagem de garrafas de vidro e latas em linha	106

Figura 8.13 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> desperdício ar comprimido	106
Figura 8.14 - Distribuição de consumos ar comprimido	107
Figura 8.15 - Compressores de frio <i>Grasso</i>	108
Figura 8.16 - <i>Scorecard</i> sistema de frio	109
Figura 8.17 - Caracterização de ciclo de refrigeração em <i>software</i>	110
Figura 8.18 - Diagrama de Mollier do sistema actual.....	111
Figura 8.19 - Diagrama de Mollier após alteração de parâmetros.....	113
Figura 8.20 - Temperaturas de entrada na torre antes (esquerda) depois (direita)	113
Figura 8.21 - Temperaturas saída da torre antes (esquerda) e depois (direita).....	114
Figura 8.22 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> do desperdício no sistema de frio	115
Figura 8.23 - Esquema de funcionamento do sistema bombagem frio <i>Grasso</i>	116
Figura 8.24 - Esquema de controlo bombas de envio	117
Figura 8.25 - Diagrama de carga antes das alterações.....	118
Figura 8.26 - Diagrama de carga depois.....	118
Figura 8.27 - Diagrama de carga bomba de envio Krones	119
Figura 8.28 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> desperdícios dos sistemas de bombagem	120
Figura 8.29 - Diagrama de <i>Sankey</i> do forno de embalamento	121
Figura 8.30 - Distribuição das perdas no forno de embalamento.....	122
Figura 8.31 - Distribuição dos consumos em fornos de embalamento da fábrica (PHAST). 122	
Figura 8.32 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> desperdícios de energia fornos de embalamento.....	123

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice de Tabelas

Tabela 6.1 - Vertentes dos questionários	50
Tabela 6.2 - Tabela resumo da pontuação e categoria obtida.....	52
Tabela 7.1 - Exemplo de várias referências duplicadas.....	77
Tabela 8.1 - Resumo da pontuação obtida na avaliação.....	109
Tabela 8.2 - Medidas de eficiência identificadas e não executadas	124
Tabela 8.3 - Medidas de eficiência executadas	124

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de Acrónimos

5W2H - What, Why, Where, When, Who, How, How Much	MHD - Método Holístico de Diagnostico
AAR - After Action Report	MTTR - Mean Time To Repair
AIE - Agência Internacional de Energia	OEE - Overall Equipment Eddiciency
AIP - Auditoria Interna Permanente	PDCA - Plan Do Check Act
AVAC - Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado	PET - Politereftalato de etileno
BOM - Bill of Materials	PHAST - Process Heating Assement and Survey Tool
CIP - Clean In Place	PNAEE - Plano Nacional de Acção de Eficiência Energética
COP - Coeficiente de Performance	PNAER: Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis
CQNUAC - Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas	QFD - Quality function deployment
DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia	RAMS - Risk Assement Method Statement
ERP - Enterprise Resource Planning	RBM - Risk Based Maintenance
EU - União Europeia	RCM - Reliability Centred Maintenance
FIFO - First In First Out	RIE - Rapid Improvement Events
FTA - Failure Tree Analysis	SIPOC - Suppliers, Inputs, Process, Outputs, and Customers
GEE - Gases com Efeito de Estufa	SMED - Single Minute Exchange of Die
JIPE - Japan Institute of Plant Engineers	TDS - Total Dissolved Solids
JIPM - Japan Institute of Plant Maintenance	TPM - Total Produtive Maintenance
JIT - Just In Time	VSM - Value Stream Map
LCM - Lean Centred Maintenance	

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
LISTA DE ACRÓNIMOS	XIX
ÍNDICE	XXI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO	1
1.2. OBJECTIVOS	1
1.3. ESTRUTURA DA MONOGRAFIA	2
2. A EMPRESA SUMOL+COMPAL.....	3
2.1. APRESENTAÇÃO DA SUMOL+COMPAL.....	3
2.1.1. História	3
2.1.2. Estrutura da Empresa	4
2.1.3. Marcas e Visão	5
2.1.4. Unidade de Produção de Pombal	6
2.1.5. Departamento de Manutenção	8
3. GESTÃO DA MANUTENÇÃO	9
3.1. A MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	9
3.2. O PAPEL DA MANUTENÇÃO.....	9
3.3. EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO.....	10
3.4. TEORIAS DE GESTÃO MANUTENÇÃO.....	14
4. GESTÃO DE ENERGIA	17
4.1. A ENERGIA NO MUNDO.....	17
4.1.1. A Energia em Portugal.....	18
4.1.2. A Energia na Indústria	20
4.2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	21
4.3. NORMA ISO 50001.....	22
4.4. AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	23
5. FILOSOFIA LEAN.....	27
5.1. ORIGENS DO LEAN	27
5.1.1. Origens e Noções Históricas	27
5.1.2. Filosofia e Objectivos	29
5.1.3. Ferramentas Lean	34
5.1.4. Lean no Mundo	34
5.2. APLICABILIDADE DO LEAN.....	34
5.2.1. Indústria.....	34
5.2.2. Serviços	35
5.3. DESPERDÍCIOS NA MANUTENÇÃO	35
5.4. FERRAMENTAS LEAN APLICADAS À MANUTENÇÃO	36
5.4.1. Value Stream Map	37
5.4.2. Manutenção Autónoma.....	40
5.4.3. TPM - Total Productive Maintenance.....	40

5.4.4.	5S	43
5.4.5.	Gestão Visual	44
5.4.6.	Genchi Genbutsu	45
5.5.	OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY (OEE)	45
6.	AUDITORIA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO	49
6.1.	METODOLOGIA APLICADA	49
6.2.	QUESTIONÁRIOS	50
6.3.	RESULTADOS.....	51
6.3.1.	Conclusão.....	53
7.	APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN NA MANUTENÇÃO	55
7.1.	DESPERDÍCIOS IDENTIFICADOS	55
7.1.1.	Trabalho Improdutivo	55
7.1.2.	Atrasos	56
7.1.3.	Má gestão de Materiais e Peças-de-Reserva	59
7.1.4.	Retrabalho	59
7.1.5.	Subutilização de Recursos	59
7.1.6.	Incorrecta Gestão de Dados.....	60
7.1.7.	Negligência na Aplicação de Equipamentos	60
7.2.	MELHORIAS IMPLEMENTADAS	60
7.2.1.	Aplicação de 5S no Armazém de Peças.....	60
7.2.2.	Definição em SAP da Localização Física e Imagens de Peças-de-Reserva.....	72
7.3.	ELIMINAÇÃO DE REFERÊNCIAS DUPLICADAS	76
7.4.	ANÁLISE DE MATERIAIS COMUNS E MATERIAIS SEM CÓDIGO SAP	78
7.5.	LISTAS TÉCNICAS MATERIAIS (BOM)	80
7.6.	MELHORIAS EM TESTE	83
7.6.1.	Abertura Automática de Ordens de Manutenção.....	83
7.6.2.	Identificação de Peças-de-Reserva (Spare Parts).....	86
8.	APLICAÇÃO DA FILOSOFIA LEAN NA GESTÃO DE ENERGIA.....	91
8.1.	METODOLOGIA	92
8.2.	AUDITORIA AOS SISTEMAS	92
8.2.1.	Produção e Distribuição de Vapor.....	94
8.2.2.	Produção e Distribuição de Ar Comprimido	99
8.2.3.	Produção e Distribuição de Frio	107
8.2.4.	Sistemas de Bombagem.....	115
8.2.5.	Fornos de Embalamento	120
8.3.	RESUMO MEDIDAS IDENTIFICADAS E EXECUTADAS	123
9.	CONCLUSÃO	125
9.1.	TRABALHO FUTURO	126
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
	ANEXOS	131
	ANEXO I - SCORECARD UTILIZADO PARA OS SISTEMAS DE FRIO.....	132
	ANEXO II - SCORECARD SISTEMAS DE VAPOR	140
	ANEXO III - VISUALIZAÇÃO GERAL DOS RESULTADOS OBTIDOS NO SOFTWARE DE AVALIAÇÃO ITP.....	141
	ANEXO IV - RELATÓRIO DO FORNO DE EMBALAMENTO KHS KISTERS L11 PHAST	142
	ANEXO V - RELATÓRIO GERAL DOS FORNOS DE EMBALAMENTO EXPORTADO DO SOFTWARE PHAST....	148

1. Introdução

1.1. Enquadramento e Motivação

No actual contexto económico adverso, as empresas deparam-se com consumo interno baixo e com concorrência elevada. A indústria, de forma similar à generalidade dos sectores, tem que suportar custos operacionais elevados, designadamente com os atinentes à manutenção e energia que viram, desde as duas últimas décadas, aumentos sucessivos. A filosofia *Lean*, surgida após a 2ª Grande Guerra num país destruído por esta e com recursos escassos, revelou-se uma das mais bem-sucedidas filosofias de gestão.

Esta filosofia, normalmente aplicada na vertente da produção industrial, começa igualmente a surgir no sector dos serviços. Apesar desta ampla implementação de que tem sido alvo, na área da manutenção ainda não é de aplicação generalizada, mesmo em empresas que adoptam os princípios de produção *Lean* (magra).

Tendo surgido a oportunidade de aplicar esta abordagem magra em situação real, em ambiente industrial, designadamente na unidade da *Sumol+Compal* de Pombal, tornou-se particularmente motivante a possibilidade de implementar esta filosofia de gestão em áreas onde ainda é pouco aplicada, tal como a da manutenção e, particularmente, conjugada com a vertente da energia.

Adicionalmente tornou-se igualmente motivante a possibilidade de comparar as práticas existentes no departamento de manutenção de uma fábrica com várias décadas de actividade, à data do instante zero do arranque da implementação da filosofia *Lean*, com as novas e melhores práticas conseguidas no final do processo, bem como analisar as oportunidades de melhoria daí decorrentes.

1.2. Objectivos

O projecto de mestrado teve como objectivo analisar e comparar as práticas de gestão da manutenção da fábrica de Pombal do grupo *Sumol+Compal* com as melhores práticas existentes, com o intuito de identificar e corrigir desperdícios, e quando a sua correcção não estiver ao alcance deste projecto, propor as correcções que se entenderem adequadas.

Para o alcance destes objectivos foi realizada uma auditoria à gestão da manutenção tendo sido identificados e analisados os vários desperdícios no departamento de manutenção, designadamente no sector dos *stocks* de peças-de-reserva, e na gestão de energia.

As melhorias introduzidas tiveram sempre subjacente uma abordagem *Lean* quer na gestão de manutenção quer na gestão de energia.

A aplicação das metodologias e técnicas inerentes a uma abordagem *Lean* culminou numa nova abordagem à gestão de equipamentos, associando a gestão de manutenção e de energia numa nova gestão dos activos físicos.

1.3. Estrutura da Monografia

A presente monografia encontra-se estruturada da seguinte forma:

- Capítulo 1 - Este capítulo introdutório faz o enquadramento e apresenta a motivação do projecto;
- Capítulo 2 - Este capítulo faz a apresentação sumária da empresa e da sua estrutura;
- Capítulo 3 - Este capítulo faz a contextualização da gestão da manutenção;
- Capítulo 4 - Este capítulo apresenta uma abordagem global à temática da energia e da sua gestão;
- Capítulo 5 - Este capítulo apresenta a história e os conceitos da filosofia *Lean*;
- Capítulo 6 - Este capítulo apresenta a aplicação de um modelo de diagnóstico na auditoria à gestão de manutenção da empresa;
- Capítulo 7 - Este capítulo apresenta a aplicação das metodologias e técnicas *Lean* na Manutenção, bem como os seus resultados;
- Capítulo 8 - Este capítulo apresenta a aplicação das metodologias e técnicas *Lean* na gestão de energia, bem como os seus resultados;
- Capítulo 9 - Este capítulo apresenta as conclusões e futuros desenvolvimentos.

2. A Empresa Sumol+Compal

2.1. Apresentação da Sumol+Compal

A *Sumol+Compal* é uma empresa que resulta da fusão entre duas das maiores e mais emblemáticas empresas de produção de bebidas em Portugal: A *Sumolis* e a *Compal*.

2.1.1. História

A origem do grupo *Sumol* remonta à década de 40, quando a denominada *Refrigor*, pequena empresa cujo objectivo era a produção de refrigerantes, inicia a sua actividade. Situada numa pequena instalação em Algés viveu tempos conturbados no início da sua actividade, tendo-se sucedido vários proprietários da empresa, a qual viria a estabilizar por volta do ano de 1950. Através da visão e actividade multifacetada incansável do empreendedor *António João Eusébio* a empresa entra num ritmo de expansão através do lançamento de um novo produto, o *Sumol*, bebida de sumo de fruta pasteurizada.

A *Compal* - Companhia de Conservas Alimentares SA - iniciou a sua actividade no Entroncamento, tendo-se dedicado à indústria do tomate. Tendo passado por alguns tempos agitados na época das nacionalizações, retomou novamente ao auge aquando da aquisição pelo empresário *Jorge Mello*.

Em 2006, a *Sumol* adquire 20% da *Compal* através da *Nutricafés*. Em 2008 dá-se a aquisição dos restantes 80% e, em 2009, a empresa efectua a sua fusão. A partir desta data começa um novo ciclo, que se desenvolve até à actualidade, para esta empresa.

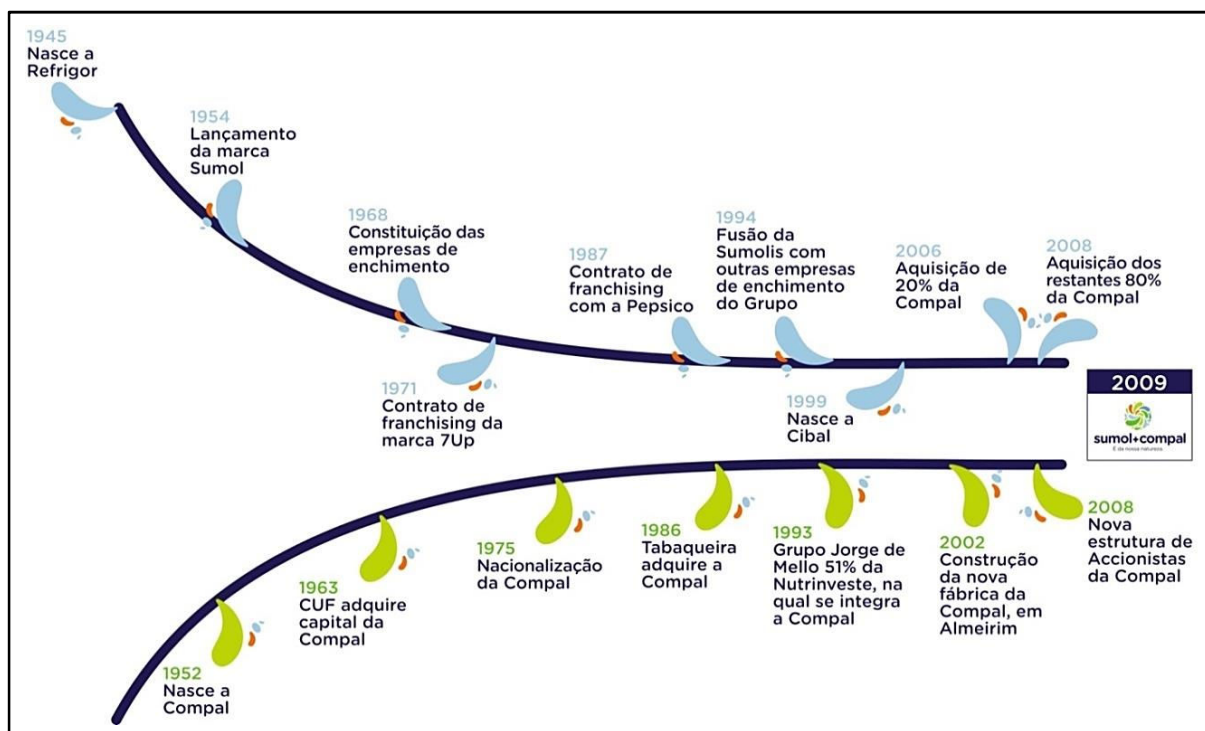


Figura 2.1 - A história da Sumol+Compal

2.1.2. Estrutura da Empresa

A Sumol+Compal é composta por uma estrutura de gestão baseada numa comissão executiva, que administra toda a actividade da empresa e que responde perante os accionistas.

A estrutura divide-se em três pilares base:

1. Negócio
 - Agrega todas as actividades de comercialização dos produtos;
2. Operações
 - Consagra as actividades de produção, distribuição e desenvolvimento de produtos;
3. Suportes
 - Inclui as actividades de suporte à empresa, tais como os sistemas de informação, gestão de recursos humanos, etc.

A comissão executiva é assessorada nas suas actividades por um departamento de planeamento e controlo.

A *Sumol+Compal* é uma empresa de capital aberto, cotada na *Euronext* Lisboa.



Figura 2.2 - Estrutura de Gestão

2.1.3. Marcas e Visão

A *Sumol+Compal* possui no seu portefólio algumas das mais emblemáticas marcas de bebidas e de nutrição em Portugal; estas dividem-se em quatro unidades de negócio:

- Refrigerantes;
- Águas e cervejas;
- Sumos e néctares;
- Vegetais e derivados de tomate.

Como uma das principais marcas surge a *Sumol*, a primeira bebida de sumo de fruta pasteurizada a surgir em Portugal em 1954. Desde o seu lançamento que a marca tem vindo a acompanhar as tendências de mercado, de acordo com as necessidades dos consumidores, mantendo o seu inconfundível sabor a fruta.

Pioneira na implementação de soluções tecnológicas, na inovação e desenvolvimento de novos sabores, a marca *Sumol* é uma referência no mercado nacional e internacional.

Não menos importante é a marca *Compal*, que corresponde ao néctar de fruta desde sempre preferido pelos portugueses, bem como os vegetais sempre sinónimos de elevada qualidade.

A *Sumol+Compal* possui um largo portefólio de marcas, estando as principais ilustradas na Figura 2.3.



Figura 2.3 - Principais marcas produzidas pelo grupo

2.1.4. Unidade de Produção de Pombal

Inaugurada em 1972, a unidade industrial de Pombal sofreu desde essa altura diversas alterações profundas, tendo registado os seus últimos grandes *upgrades* fabris em 2004, 2006 e 2010, com a instalação de novas linhas de produção e substituição de linhas existentes. Com uma área total de 70.000 m² e uma área coberta de 42.000 m² possui uma laboração contínua de 24h e cinco dias por semana. Conta com cerca de 200 trabalhadores e uma produção anual na ordem dos 200.000.000 litros.



Figura 2.4 - Vista aérea fábrica Pombal

Nesta unidade industrial são ainda produzidos os refrigerantes do grupo, tais como o *Sumol*, *Seven-Up*, *Lipton Ice tea*, *Pepsi* e *Guaraná*.

A Fábrica de Pombal possui cinco departamentos internos: Ambiente e Segurança; Controlo Qualidade; Logística Fabril; Produção; e Manutenção.

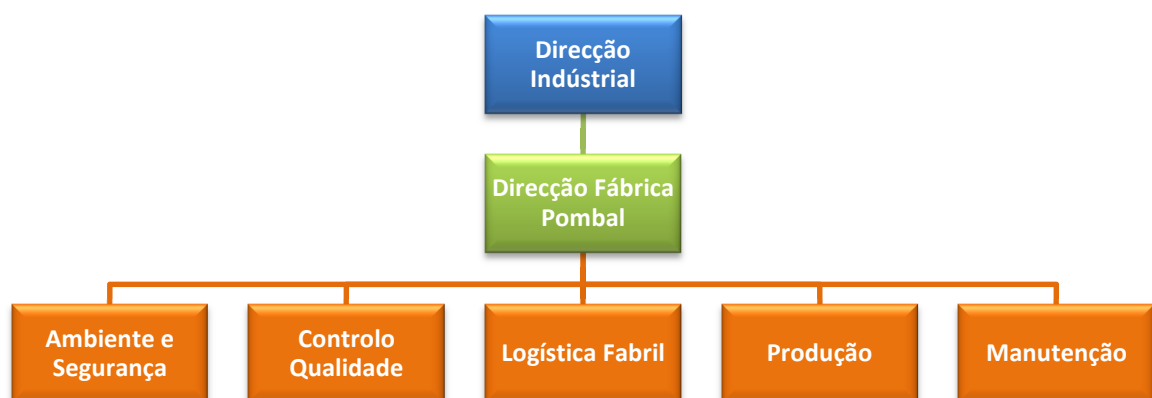


Figura 2.5 - Organigrama da fábrica de Pombal

2.1.5. Departamento de Manutenção

O departamento de manutenção da unidade industrial de Pombal desenvolve uma actividade de suporte, e de acompanhamento de novos projectos, assumindo ainda a responsabilidade sobre a gestão dos activos técnicos (instalações e equipamentos).

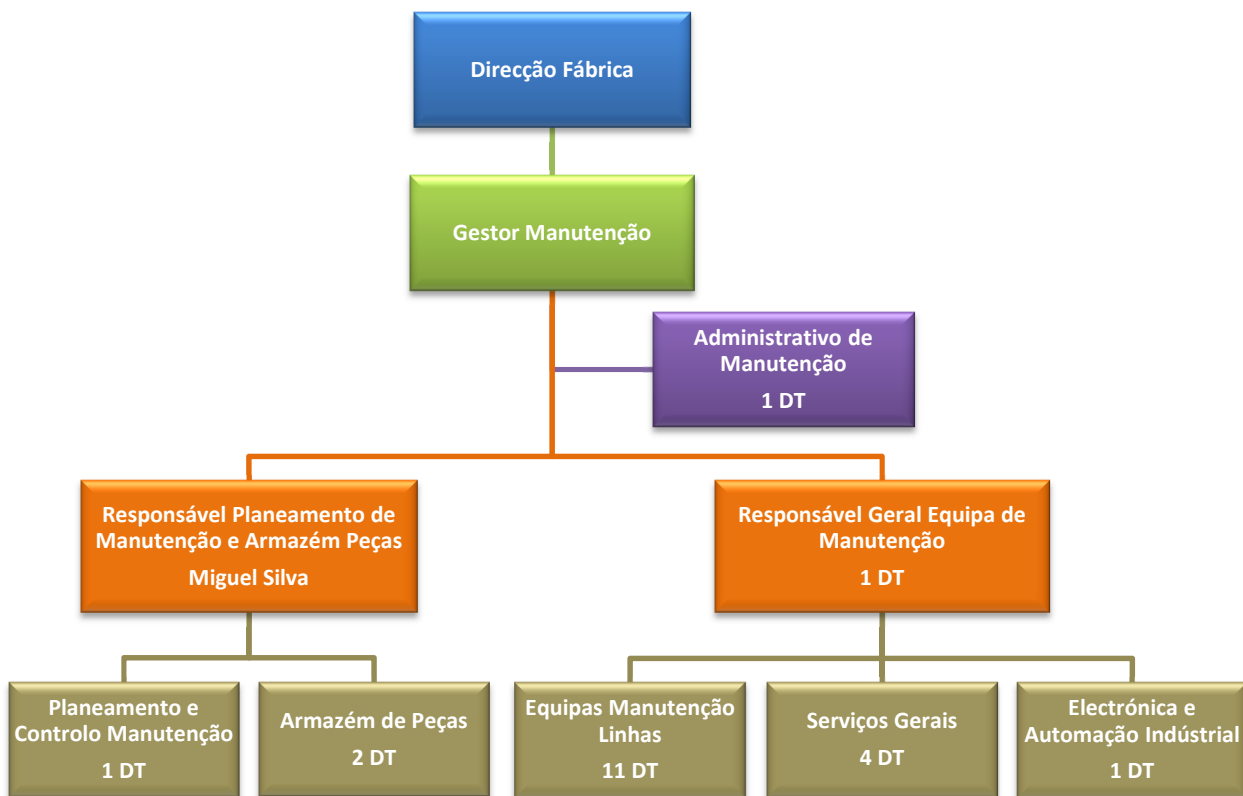


Figura 2.6 - Organograma do departamento de manutenção

Planeamento e Armazém de Peças

A divisão de Planeamento e Armazém de Peças insere-se no departamento de manutenção que tem as funções de planeamento, controlo, gestão de peças-de-reserva e acompanhamento das actividades de manutenção e projectos industriais. O autor da presente monografia é o responsável desta divisão, e é neste contexto que foi desenvolvido o presente projecto de mestrado.

3. Gestão da Manutenção

Impulsionada pela mecanização resultante da Revolução Industrial surge a necessidade de manter os equipamentos operacionais. É neste contexto que aparece os primórdios da manutenção industrial. Um longo caminho na evolução da Engenharia de Manutenção num curto espaço de tempo.

3.1. A Manutenção Industrial

Segundo a NP EN 13306:2010¹, Manutenção é a “combinação de todas as acções técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida”.

Segundo a mesma norma, a gestão de manutenção são “todas as actividades de gestão que determinam os objectivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspectos económicos”.

3.2. O Papel da Manutenção

A manutenção foi vista durante muitos anos apenas como um custo, um mal necessário. Segundo Veldman *et al.* (2011) nos últimos dez anos os gestores industriais têm compreendido que a manutenção pode ser uma função geradora de lucro e não apenas um custo Veldman *et al.* (2011). Segundo Souza (2011) principais factores para essa mudança foram:

- A manutenção relacionada com a produção e a operação para que as actividades se exerçam de modo eficiente, com fiabilidade, eficácia e a baixo custo;
- Manter os equipamentos o mais próximo possível das condições iniciais de projecto e da instalação da empresa;
- Através de estudos técnicos efectuar melhorias e modificações tecnológicas de modo a atender às necessidades da produção;

¹ NP EN 13306:2010 - Norma Portuguesa - Terminologia da Manutenção

- Reduzir, ou mesmo eliminar, o tempo de paragem por emergência e urgência causadores de perdas no processo produtivo;
- Manter as normas regulamentares de higiene e segurança no trabalho;
- Manter um consumo energético adequado para os equipamentos e instalações de modo a reduzir custos, e identificar falhas ou equipamentos em estado de envelhecimento;
- Garantir o máximo de utilização e aproveitamento dos recursos disponíveis.

Actualmente, a manutenção é vista numa perspectiva diferente nas organizações, pois o mercado é cada vez mais competitivo, sendo necessária a constante actualização e a busca de novas formas de produzir com mais qualidade, cumprindo prazos de entrega, sendo por isso uma peça fundamental para o sucesso das organizações, (Kardec, A. e Nascif, J., 2003).

3.3. Evolução da Manutenção

A manutenção, a par das crescentes exigências de produção das indústrias, teve uma enorme evolução até aos dias de hoje. Foi no início do século XX que surgiram os primeiros sinais de uma estruturação da actividade manutenção.

A evolução histórica da manutenção está dividida em quatro fases:

- 1ª Fase

Vai até ao ano de 1914, onde a manutenção tinha pouca importância; era considerada como secundária no processo produtivo. As indústrias da época não tinham equipas especializadas em manutenção e trabalhavam obtendo a máxima produção das máquinas até que estas avariassem ou parassem definitivamente.

A partir da Primeira Guerra Mundial, as indústrias, de um modo em geral, querendo manter uma produção mínima, criaram um órgão, subordinado à produção. O objectivo básico era fazer manutenção correctiva dos equipamentos, ou seja, quando os equipamentos, por algum motivo, parassem de produzir, a manutenção era accionada para fazerem a devida reparação, voltando assim ao processo produtivo, o que para a época era suficiente.

▪ 2ª Fase

A situação apresentada na primeira fase correspondeu à época do “avaria-repara”, mantendo-se assim até aos anos 30 quando, em função da Segunda Guerra Mundial houve necessidade de aumentar a produção, bem como a sua rapidez, para poder responder a uma procura crescente. Nessa altura, as indústrias, através dos seus órgãos máximos, decidiram criar um departamento de manutenção, para que houvesse uma preocupação não só em corrigir as avarias mas também em evitá-las. Nessa época começou a pensar-se como se poderia manter o sector daí em diante, ou seja, o que a manutenção devia fazer para que as máquinas pudessem produzir o maior número de peças com a maior disponibilidade possível.

▪ 3ª Fase

De 1940 a 1970, com o desenvolvimento da aviação comercial, houve uma expansão de critérios de manutenção preventiva, uma vez que não havia a possibilidade de executar a manutenção correctiva num avião em pleno voo. Esta fase é considerada a mais importante, já que possibilitou um incremento de reconhecimento da manutenção. A manutenção passou a ser vista de outra forma, evoluindo de uma função de reparar os equipamentos, para uma função mais qualificada (mais exigente em termos técnicos e científicos), como é o caso de análise de falhas de equipamentos, antecipando-se aos problemas ou falhas.

▪ 4ª Fase

Apareceu no início nos anos setenta, com a tecnologia existente nessa altura. Com os desenvolvimentos dos computadores melhorou-se e modificou-se a função manutenção, designadamente através da introdução dos sistemas de informação. Nestes anos apareceu a manutenção preventiva condicionada que consiste em executar a manutenção nos componentes só quando existe necessidade. É uma manutenção planeada subordinada a um tipo de acontecimento predeterminado, cuja predição é feita através da análise de dados adquiridos através de sensores, ou medidos regularmente através de equipamento específico. Com esta abordagem, assim que se verifique um desgaste ou outro indicador que possa revelar o estado de degradação do equipamento é lançado um alerta para que seja executada a correspondente intervenção de manutenção.

Estes factos colocam a manutenção numa situação controlada e consequentemente mais económica para as empresas, com impacto na produção e, principalmente, com mais

segurança para os trabalhadores e para o meio ambiente. A manutenção não é só a reparação das máquinas avariadas, mas também antecipar-se às falhas e à determinação dos melhores períodos económicos para a execução da manutenção preventiva que, na maioria dos casos, deixa de ser apenas baseada no tempo.

A manutenção produtiva total, mais conhecida por TPM (Total Productive Maintenance) apareceu nos anos oitenta no Japão.

No ano dois mil apareceu a *e-Maintenance* que é o resultado da aplicação das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na indústria, baseadas na desmaterialização digital e da integração de tecnologias convergindo num sistema de informação de gestão de manutenção.

Segundo a Norma NP EN 13306:2010 a manutenção divide-se nos seguintes tipos e estratégias:

- Manutenção preventiva;
- Manutenção programada;
- Manutenção sistemática;
- Manutenção condicionada;
- Manutenção preditiva;
- Manutenção correctiva;
- Manutenção remota;
- Manutenção diferida;
- Manutenção de urgência;
- Manutenção em funcionamento;
- Manutenção no local;
- Manutenção pelo operador.

Em resumo, pode dizer-se que a manutenção não planeada (correctiva) é efectuada de forma a corrigir um problema detectado e a colocar o equipamento de novo em funcionamento. Esta pode ser imediata, ou diferida com base em regras para melhor agendamento da intervenção caso o equipamento possa esperar.

Já no caso da manutenção preventiva esta é programada, efectuada de forma a prevenir uma falha no equipamento. Pode ser sistemática, quando é efectuada segundo um número de horas ou ciclos de produção pré-determinado. Será condicionada ou preditiva quando são efectuadas técnicas de análise de parâmetros que permitem uma adequada previsão da

falha, permitindo efectuar a manutenção independente do tempo de funcionamento mas sim com base no estado de degradação do equipamento.

Na Figura 3.1 pode verificar-se a representação básica destas estratégias e tipos de manutenção.

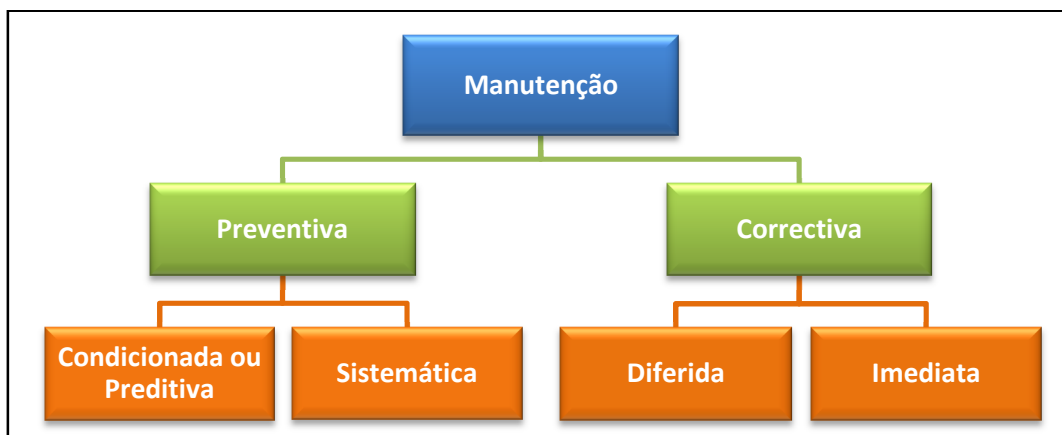


Figura 3.1 - Tipos de Manutenção (adaptado de NP EN 13306:2010)

Manutenção Pró-Activa

A manutenção pró-activa efectua uma abordagem da manutenção, substituindo a filosofia de manutenção de “falha reactiva por falha proactiva”, evitando as condições implícitas que levam às falhas e à degradação da máquina.

Segundo Fitch (2008), ao contrário da manutenção preditiva/preventiva, a manutenção pró-activa cria acções de modo a identificar a causa raiz da falha, não apenas os sintomas. Tem como objectivo principal aumentar a vida da máquina ao invés de efectuar reparações quando o item físico está degradado, aceitando a falha como uma rotina normal, substituindo a manutenção de falha de crise pela manutenção de falha programada. Na maioria dos casos, os sintomas escondem a causa raiz ou são eles próprios considerados como a causa.

A maioria das máquinas são sistemas dependentes de fluídos, tais como lubrificantes, fluídos hidráulicos, líquidos refrigerantes, combustíveis e ar que carregam e transportam contaminantes dentro do sistema. A presença anormal de contaminação num sistema pode ser descrito como a etapa inicial da falha, apesar da máquina ainda não apresentar perda de desempenho ou degradação do componente.

3.4. Teorias de Gestão Manutenção

RCM

A metodologia RCM (Reliability-Centred Maintenance) começou a ser desenvolvida na indústria aeronáutica, por volta dos anos 1960, com o objectivo de estabelecer um processo racional e sistemático de análise que permitisse a definição das tarefas de manutenção dos equipamentos para garantir a fiabilidade e segurança operacional ao menor custo possível.

A implementação de métodos automáticos de produção resultou numa maior dependência da sociedade contemporânea, interferindo assim com o desenvolvimento de estratégias que se diferenciam dos planos tradicionais devido ao facto de combinar princípios de disponibilidade dos equipamentos, qualidade do produto, segurança e meio ambiente.

Actualmente exige-se que os processos de projecto e manutenção dos meios da produção estejam estruturados de forma clara e auditável, permitindo à sociedade exercer um papel de promoção e fiscalização, Siqueira (2009).

O RCM contribui também para estabelecer a busca da optimização da manutenção, focando-se no estudo das consequências das falhas e actividades pró-activas, as quais envolvem tarefas preditivas; também permite identificar falhas ocultas responsáveis pela redução da fiabilidade do sistema, Fogliato e Ribeiro (2009).

Nos anos 70, inúmeras indústrias adoptaram a utilização de RCM para determinar políticas internas mais eficientes para gerir as funções dos itens físicos, bem como gerir as consequências das suas falhas. A partir dos anos 90, o RCM passou a ser uma parte integrante do sector industrial, devido aos custos de manutenção se tornarem elevados em comparação com os custos operacionais. A actividade manutenção passou a ser analisada com planeamento e controlo, numa tentativa de se obter um aumento da vida útil dos itens físicos.

LCM

Lean Centred Maintenance (LCM) é aplicação do pensamento *Lean* à área da manutenção. Segundo Pinto (2013) a LCM é definida como uma operação proactiva que emprega actividades de manutenção planeadas através de práticas TPM, usando estratégias de Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM), e recorrendo a equipas autónomas através do uso correcto de sistemas informáticos de apoio à manutenção.

LCM é suportada por um sistema de gestão de materiais e peças-de-reserva que garantem o fornecimento *Just In Time* (JIT), apoiada num grupo de engenharia de fiabilidade que realiza análise de causas e efeitos (*Root Cause Failure Analysis* - RCFA) e análises de manutenção preditiva/condicionada; segundo o mesmo autor reparar não é sinonimo de manutenção.

TPM

A Manutenção Produtiva Total (TPM - *Total Productive Maintenance*) apareceu nos Estados Unidos da América nos finais dos anos quarenta, início dos anos cinquenta. Este conceito era caracterizado pelo desenvolvimento de técnicas de manutenção preventiva sistemática para melhorar a fiabilidade dos equipamentos. A TPM não é mais do que o conceito inicial Japonês modificado e melhorado para se ajustar ao ambiente industrial americano.

No ano de 1953 um grupo de vinte empresários japoneses juntaram-se para promover a investigação nestas temáticas e, em 1962 deslocaram-se aos Estados Unidos da América para observar a “manutenção produtiva americana”. Esta missão deu origem à criação do *Japan Institute of Plant Engineers* (JIPE), antecessor do *Japan Institute of Plant Maintenance*, criado em 1969. A Ninppondenso (empresa fornecedora de componentes à Toyota) foi a primeira companhia Japonesa a introduzir a manutenção preventiva nos equipamentos das suas linhas de produção.

O TPM é uma filosofia de gestão da Manutenção na qual todos são responsáveis pela utilização e manutenção do equipamento. No TPM os operadores são encorajados a participam activamente na preservação da condição normal de funcionamento dos seus equipamentos, com o objectivo de garantir que o fluxo de produção seja suave e contínuo, (Cabral, 2006).

A filosofia TPM/JIT encara a manutenção como uma actividade de suporte que deve preservar o equipamento e ferramentas, ajudar na qualidade dos produtos e serviços, aumentar a participação dos operários e proporcionar redução de custos do processo produtivo. Um sistema JIT não poderá funcionar se o equipamento falhar ou se a qualidade dos produtos for penalizada por causa de problemas com equipamentos ou ferramentas.

Segundo Nakajima (1993), fundador do TPM, a manutenção produtiva total é levada a efeito por todos os trabalhadores em pequenas actividades de grupo. De acordo com os princípios da filosofia TPM, a responsabilidade pela optimização dos equipamentos não reside apenas no departamento de manutenção, mas em todos os trabalhadores.

Segundo Ranteshwar *et al.* (2012) a manutenção produtiva total tem como objectivo melhorar a produtividade e a qualidade de trabalho juntamente com o aumento da moral dos funcionários e a sua satisfação. É uma abordagem inovadora para a manutenção que optimiza o equipamento, elimina falhas e promove a manutenção autónoma por meio de actividades de rotina.

TPM e LCM

Segundo Pinto (2013), o LCM é muito mais que uma evolução da filosofia TPM, é a adopção de princípios e soluções que visam apoiar a gestão empresarial na eliminação de desperdícios e na criação de valor para o cliente e demais *stakeholders*, adoptando uma abordagem global centrada na participação de todos e na constante melhoria da eficiência global do equipamento (OEE - Overall Equipment Efficiency).

Enquanto a TPM é basicamente focalizada no desempenho do equipamento, a LCM abrange toda a vertente da gestão da manutenção e processos da mesma.

4. Gestão de Energia

4.1. A Energia no Mundo

Com a revolução industrial no século XIX e a invenção da máquina a vapor iniciou-se uma nova era, onde a energia passou a ter um papel preponderante no mundo: Num primeiro momento, com o carvão como a matéria-prima mais solicitada para utilização em máquinas a vapor; Num segundo momento, com a descoberta das potencialidades do petróleo e da sua utilização abriu um novo marco histórico, que se propaga até aos nossos dias.

A energia tornou-se num dos maiores factores de instabilidade geopolítica no mundo, sendo responsável por diversas disputas e tensões entre países. Apesar de alguns países terem apostado na energia nuclear, esta opção não conseguiu diminuir a dependência energética em relação ao petróleo que, principalmente com a invenção dos automóveis com motor de combustão interna tornou-se na forma de energia mais importante, devido às suas características de distribuição, utilização e logística.

Com a crescente industrialização de economias emergentes, tais como o Brasil, Rússia, Índia e China, os chamados países BRIC, com índices de crescimento interno na ordem dos 10%, verificou-se um enorme aumento na procura de energia para satisfazerem as suas necessidades internas e, deste modo conseguirem alimentar as suas poderosas economias.

Segundo a AIE (Agência Internacional de Energia), as necessidades mundiais de energia cresceram cerca de 70% entre 1980 e 2008, tendo atingido valores na ordem dos 12.300 Mtep em 2008.

No mais recente relatório de consumos e previsão de consumos de energia a nível mundial elaborado pela AIE, o *World Energy Outlook 2014*, este organismo estima que o consumo de energia cresça 37% até 2040 com um aumento médio de 1,1% ao ano.

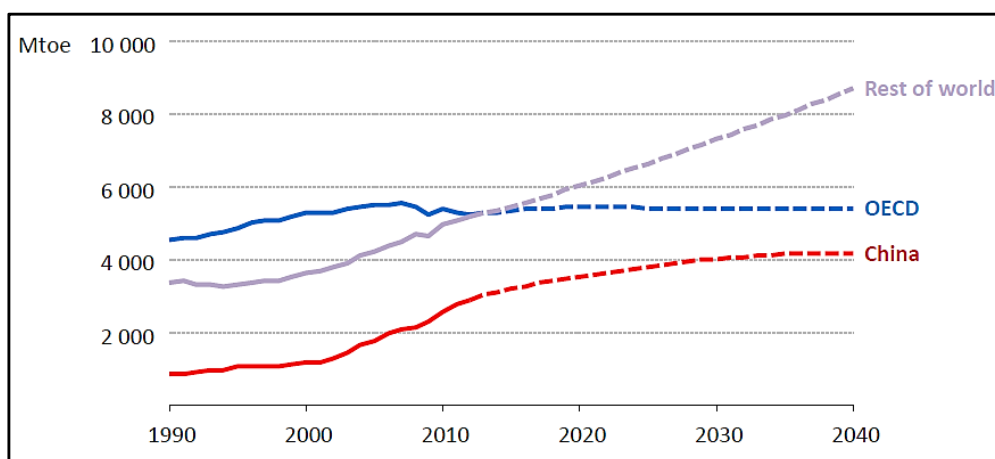


Figura 4.1 - Evolução consumos de energia (IEA, 2014a)

Custo da Energia

O custo da energia influi de uma forma muito significativa os seus consumos. Esta realidade foi constatada por diversas situações desde a revolução industrial, cujo fenómeno foi ainda recentemente notório no choque de preços do petróleo em 2008 onde, por motivos de especulação mundial, levaram a que os valores desta fonte energética, com maior relevo mundial, aumentassem muito significativamente provocando, deste modo, uma retracção no consumo.

4.1.1. A Energia em Portugal

A energia em Portugal tem sofrido várias alterações nos últimos anos, quer pela grave situação de recessão económica quer pela implementação de novas tecnologias quer ainda pela desindustrialização que ocorreu nas últimas décadas. Na Figura 4.2 pode observar-se a diminuição do consumo de energia final nos últimos anos.

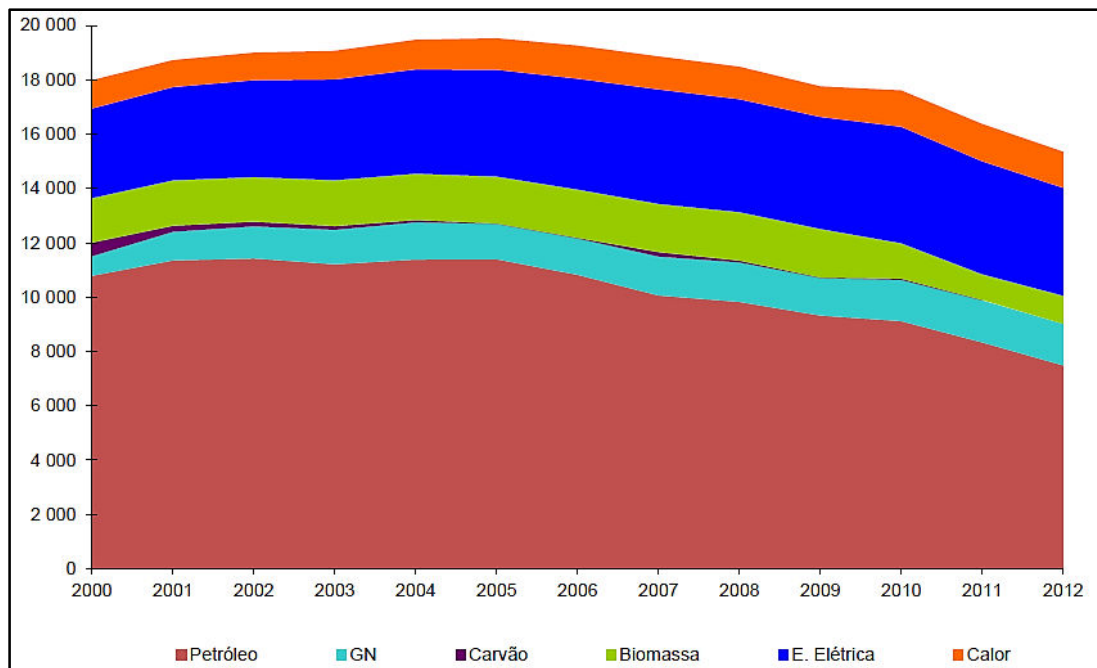


Figura 4.2 - Evolução do consumo energia em Portugal (DGEG, 2014)

Apesar dos investimentos na produção de energia a partir de fontes endógenas, o nível de dependência energética ainda se mantém alto, como se pode observar na Figura 4.3, (DGEG, 2014).

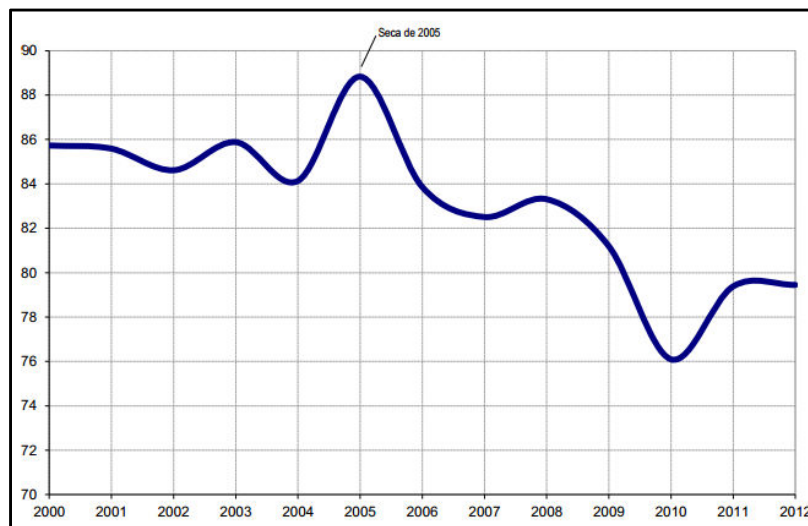


Figura 4.3 - Evolução da dependência energética em Portugal (DGEG, 2014)

4.1.2. A Energia na Indústria

Segundo a agência internacional de energia, a indústria atingiu no ano de 2012 um consumo de 31% do gasto mundial de energia. No caso da energia eléctrica, este valor chega a 42,3%, e 36,5% no caso do gás natural (Figura 4.4).

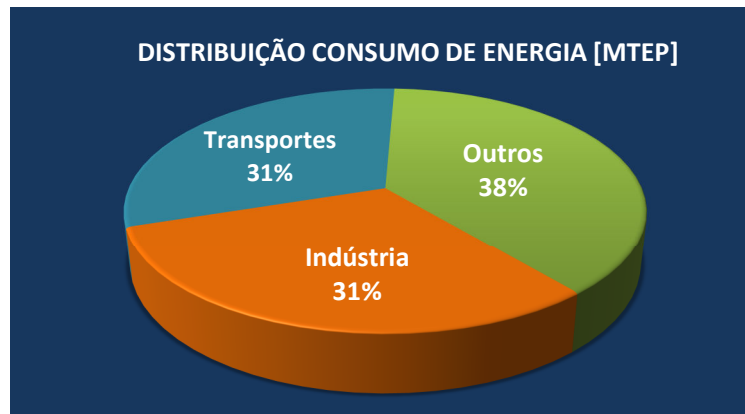


Figura 4.4 - Distribuição consumo energia mundial 2012 (IEA, 2014)

De acordo com a Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG, 2014), a indústria representou em 2012 cerca de 30% do consumo final de energia (Figura 4.5).

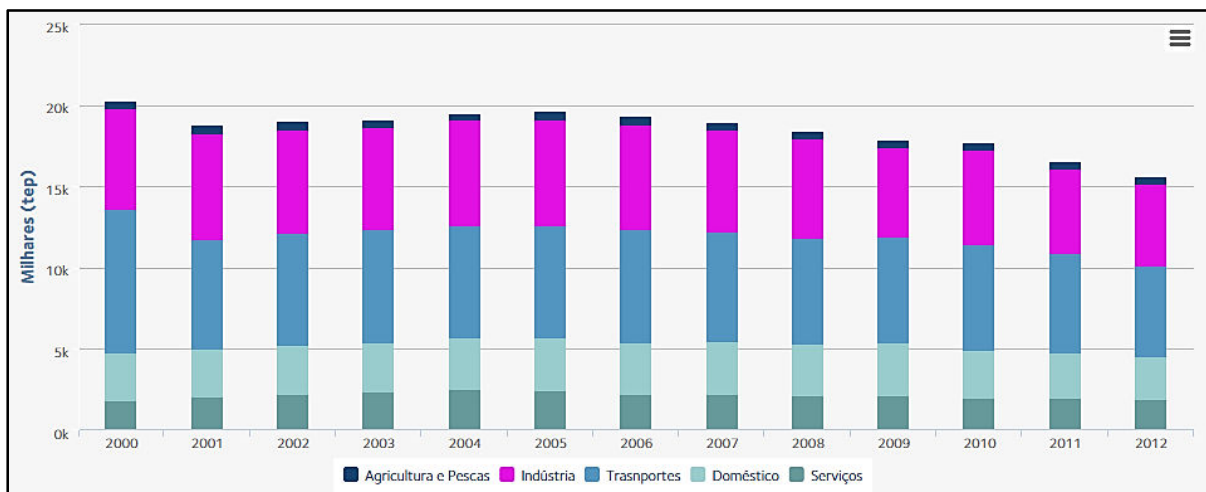


Figura 4.5 - Evolução consumo de energia em Portugal por sectores

4.2. Eficiência Energética

No actual contexto de preços de energia elevados, de quedas de produção, onde a competitividade é colocada à prova, torna-se extremamente importante, e uma excelente oportunidade de reforço de competitividade, a aposta na eficiência energética. Desta forma, as empresas têm sentido a necessidade de dar importância e visibilidade a esta temática, grandemente ignorada durante várias décadas.

Os vários organismos estatais têm promovido a aposta da eficiência energética, mas de uma forma ainda um pouco tímida. A própria União Europeia (UE) definiu como estratégica a aposta na eficiência, pois através desta é possível alcançar um reforço de competitividade, através da redução de custos operacionais, assim como uma menor dependência energética do exterior, uma vez que a UE continua deficitária no que concerne à auto-suficiência energética, e esta fraqueza é aproveitada por outras potências mundiais, como se verificou nas questões de fornecimento do gás russo, (IEA, 2014a).

Segundo o *World Energy Outlook 2014*, a eficiência energética reduz o crescimento da procura de energia, diminui o investimento do lado da oferta, e reduz os preços internacionais de energia. Sem o impacto das medidas de eficiência energética ao longo do horizonte de projecção, a procura de petróleo em 2040 seria 22% maior, a procura de gás de mais 17%, e a de carvão 15% superior. Além de reduzir o consumo de energia, a eficiência energética também reduz os custos de energia, melhora a balança comercial e reduz as emissões de CO₂.

No mais recente estudo da AIE, referente à eficiência energética, *Capturing the multiple benefits of energy efficiency*, (IEA, 2014), foi abordada a temática da eficiência energética de uma forma estruturante, pretendendo contabilizar-se alguns dos benefícios do investimento em eficiência energética que, na maioria das vezes, são ignorados, levando os projectos desta natureza a serem analisados apenas segundo a vertente de redução de consumo, esquecendo todos os outros benefícios. Este estudo aponta claramente a eficiência energética como o “combustível” de eleição para os seus membros, atendendo a que, mais do que qualquer outro, este tipo de investimento trás múltiplos benefícios.

Na indústria, este estudo refere que o valor dos benefícios de produtividade e operacionais podem ser de até 2,5 vezes (250%) o valor da poupança de energia. Incluindo estes resultados de produtividade na avaliação do custo financeiro pode reduzir-se substancialmente o período de retorno dos investimentos em eficiência energética.

Este estudo refere ainda que a contabilização monetária deste tipo de benefícios permitiu a diminuição dos períodos de retorno de investimento iniciais. Em alguns casos pode-se verificar uma redução de quatro anos para um ano tornando mais atractivos os projectos em questão.

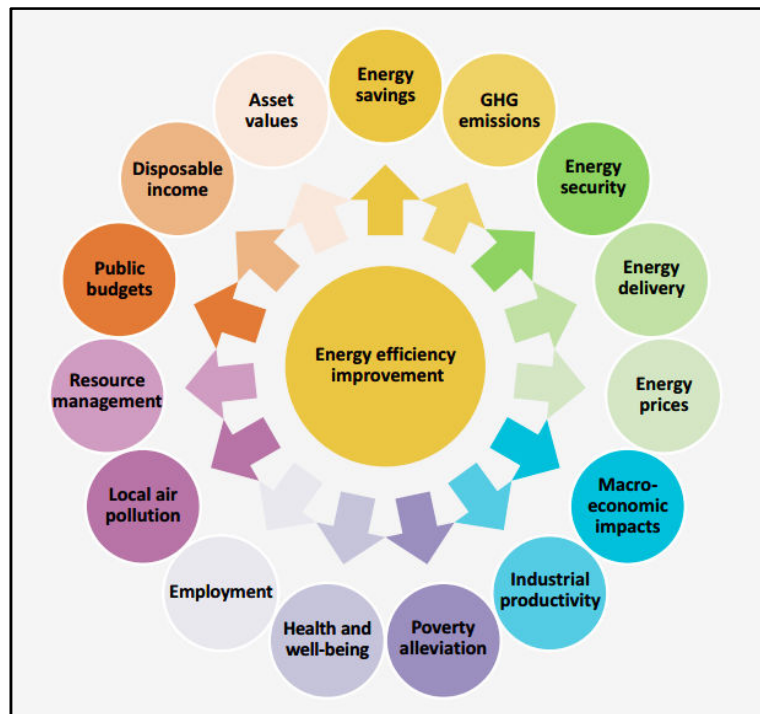


Figura 4.6 - Os vários benefícios ligados à eficiência energética (IEA, 2014)

A eficiência energética é, várias vezes, definida por esta organização como o “*hidden fuel*” ou o “*first fuel*”.

4.3. Norma ISO 50001

Lançada em 2011, a norma ISO 50001 visa introduzir uma metodologia padronizada na implementação de sistemas de gestão de energia. Esta norma assenta nos pilares do “*plan*”, “*do*”, “*check*”, “*act*” (PDCA), e abrange a temática da energia de uma forma estruturada, permitindo o acompanhamento sistemático dos consumos energéticos. Nela estão especificados os requisitos para estabelecer, implementar, manter e melhorar um sistema de gestão de energia, cujo objectivo é permitir a uma organização seguir uma abordagem sistemática para alcançar a melhoria contínua do desempenho energético. A norma tem como objectivo ajudar as organizações a reduzir continuamente o consumo de energia e, portanto, os seus custos de energia e as emissões de gases de efeito de estufa. Na Figura 4.7 encontra-se esquematizada a metodologia desta norma.

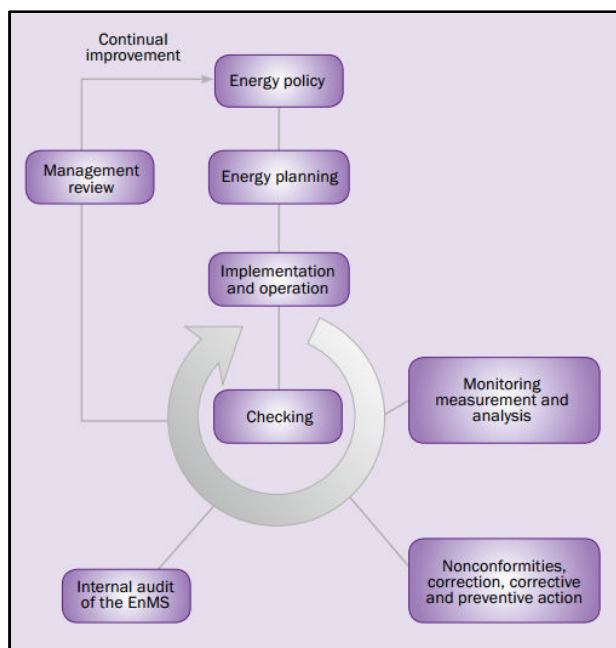


Figura 4.7 - Organização da norma ISO 50001

Esta norma assenta no seguinte conjunto de pilares fundamentais:

- Responsabilidade da gestão;
- Política energética;
- Plano de acção para a energia;
- Implementação e operação;
- Auditorias de desempenho;
- Revisão pela gestão.

Através da implementação desta metodologia é possível a criação de um sistema de gestão de energia, permanentemente actualizado e com metas e objectivos concretos.

4.4. As Alterações Climáticas

Nas últimas duas décadas do século XX observou-se uma tomada de consciência face à problemática das alterações climáticas e à necessidade de actuar no sentido de reverter esta tendência.

Em linhas gerais, as alterações climáticas são o resultado do aquecimento global, em virtude de uma acumulação de Gases com Efeito de Estufa (GEE) nas camadas superiores

da atmosfera, desencadeando um efeito de estufa que promove subidas da temperatura da superfície terrestre.

O aquecimento global tem tido consequências graves, sendo cada vez mais frequentes os fenómenos climatéricos extremos, com impactos trágicos nas populações afectadas, bem como alterações nos ciclos naturais do planeta, na capacidade de renovação dos ecossistemas e nas alterações nos padrões de produção de determinadas culturas alimentícias. Actualmente, o problema das alterações climáticas é reconhecido como o maior desafio do século XXI.

Em 1992, o conceito de *Desenvolvimento Sustentável* surge na agenda política mundial, aquando da Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro. O desenvolvimento sustentável é definido como aquele que responde às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. Este conceito assenta em três factores essenciais: o desenvolvimento económico; a coesão social; e a protecção do ambiente.

Diversas iniciativas e instrumentos têm sido desenvolvidos no sentido de estabilizar as concentrações de GEE na atmosfera, possibilitando a adaptação natural dos ecossistemas às alterações climáticas, garantindo um desenvolvimento económico sustentável, de onde se destacam: o Protocolo de Quioto; os Acordos de Copenhaga, Cancun e Durban.

Protocolo de Quioto

Assinado em Dezembro de 1997, em Quioto, na 3.^a Conferência das Partes que assinaram a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (CQNUAC). Este Protocolo foi aprovado com o objectivo de tornar operacional e dar eficácia jurídica aos objectivos da CQNUAC, no sentido de garantir o combate efectivo às alterações climáticas, através do estabelecimento de compromissos quantificados de limitação ou redução das emissões de GEE, para uma redução global de, pelo menos, 5% abaixo dos níveis de 1990.

O cumprimento dos objectivos nacionais em matéria de alterações climáticas no âmbito do Protocolo de Quioto baseia-se nos seguintes instrumentos fundamentais:

- Programa Nacional para as Alterações Climáticas;
- Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão;
- Fundo Português de Carbono.

Acordos de Copenhaga, Cancún e Durban

Estes acordos permitem estabelecer etapas pós-Quito.

O Acordo de Copenhaga, sendo a primeira etapa para o pós-Quito, envolve um maior número de países e constitui uma base para o estabelecimento de compromissos de redução de emissões de GEE, financiamento para um desenvolvimento sustentável e combate à desflorestação: foi reconhecida a importância do objectivo de limitar o aumento da temperatura a 2°C, no sentido de travar as consequências graves resultantes de um aquecimento global elevado e descontrolado; foi também acordado que o pico das emissões deveria ocorrer o mais cedo possível.

Em Dezembro de 2010 decorreu em Cancún, no México, a Conferência de Cancun sobre alterações climáticas, sucedendo à Conferência de Copenhaga, em 2009. Esta Conferência veio relançar o processo internacional de negociação com vista a um acordo global e abrangente.

A Conferência de Durban aprovou a "Plataforma de Durban", e iniciou o processo para a adopção, em 2015, de um instrumento global vinculativo e abrangente sobre alterações climáticas. Foi assim lançado um Roteiro para a conclusão do acordo juridicamente vinculativo, que inclui todos os países, bem como a operacionalização do Fundo Climático Verde para os países em desenvolvimento.

Para o ano de 2016, Portugal definiu como estratégia para a eficiência energética o Plano Nacional de Acção de Eficiência Energética (PNAEE), onde o principal objectivo passa por projectar novas acções e metas para 2016, em articulação com o Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis (PNAER 2020), integrando as preocupações relativas à redução de energia primária para o horizonte de 2020, constantes da Directiva 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu, de 25 de Outubro de 2012, relativa à Eficiência Energética.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

5. Filosofia Lean

Com a revolução introduzida por Henry Ford no início do século XX, e com o seu objectivo de produzir automóveis a baixo custo, através de técnicas de produção em massa, foram alterados os paradigmas de fabrico artesanal para o fabrico em série. O paradigma de produção alterou-se, das pequenas oficinas para as grandes linhas de montagem, com trabalhadores pouco especializados e com máquinas complexas e de elevado custo. À medida que estas transformações ocorrem, os processos começam a tornar-se cada vez mais complexos, com maiores *stocks* e tempos de entrega. Estes métodos de trabalho em série criaram, involuntariamente, processos burocráticos de controlo e aumento de custos e *stocks*, (Pinto, 2009).

É neste ambiente que surge uma nova filosofia de gestão e de produção, inspirado na simplicidade e tentativa de eliminar desperdícios inerentes ao tipo de produção em massa, designada por *Lean* ou, mais genericamente, *Lean thinking*.

5.1. Origens do *Lean*

Desenvolvendo-se como anticorpo ao desperdício, a filosofia *Lean* surge como uma forma de reduzir custos e aumentar a fraca adaptabilidade de produção, introduzida pela fabricação em série. Teve como origem um dos países mais devastados pela segunda grande guerra, o Japão.

5.1.1. Origens e Noções Históricas

Com o país destruído pela guerra, alvo de duas bombas atómicas lançadas sobre duas das suas maiores cidades industriais, *Hiroshima* e *Nagasaki*, e com o seu orgulho nacional arrasado com a derrota, tendo sido, inclusive cometidos vários suicídios colectivos nesta época provocados pela humilhação que foi a derrota para um povo de ideias e cultura onde o orgulho e a persistência são pontos fulcrais. O Japão deparou-se então com a necessidade de reconstruir o país e, em particular, a sua indústria automóvel que enfrentava enormes problemas relacionados com a reduzida disponibilidade de recursos, tanto materiais como humanos. Contrariamente, as indústrias ocidentais gozavam, por essa altura, de elevadas capacidades e recursos, dominando assim os mercados.

Porém, as indústrias ocidentais possuíam graves problemas, tais como os devidos à diversidade de produtos ser fraca e por serem muito pouco flexíveis.

Foi neste ambiente que a *Toyota Motors Company* viu uma oportunidade para sobreviver e crescer, através da oferta e diversidade de padrões de elevada qualidade a baixo custo, contudo possuindo fracos recursos. Assim, na década de 50 foi desenvolvido o sistema *Toyota Production System* (TPS) pela mão de *Taiichi Ohno*.



Figura 5.1 - Taiichi Ohno

Este novo sistema de produção foi baseado em duas concepções: a primeira foi o sistema fundamental de produção publicado em 1926 por *Henry Ford* no livro “*Today and Tomorrow*”; a segunda foi a forma de operação utilizada pelos supermercados nos Estados Unidos, observada por *Taiichi Ohno* numa visita em 1956, na qual o visionário verificou que os supermercados recolocavam mercadorias nas prateleiras a partir do momento em que elas eram vendidas.

Após mais de uma década a estudarem os métodos de gestão daquele país, J. P. Womack, D. T. Jones e D. Roos, editam um livro intitulado “*The machine that changed the world*” em 1990, com referência à indústria automóvel e a toda a indústria que se desenvolveu paralelamente a esta (Roos *et al.* 1990). A designação *Lean Thinking* seria utilizada pela primeira vez por Womack *et al* (1996) no seu livro, não sendo mais que o sistema TPS actualizado com novas práticas e ferramentas, tais como o serviço ao cliente e a cadeia de valor.

Este sistema foca-se na eliminação metódica do desperdício e orientação para a satisfação do cliente e, desta forma cresceu o *Lean Thinking*, uma evolução do TPS.

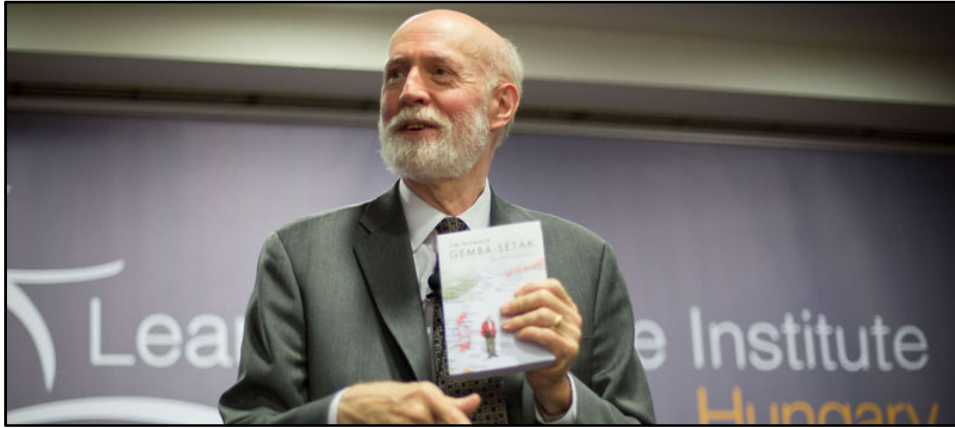


Figura 5.2 - James Womack

5.1.2. Filosofia e Objectivos

A filosofia *Lean* assenta em conceitos que visam priorizar e simplificar as acções que produzem valor e eliminar as que geram desperdício, tendo como princípios básicos os destacados nos itens seguintes.

Valor

Permite Identificar o que os clientes pretendem. As características do produto ou serviço que não atendam às necessidades ou expectativas de valor dos clientes representam oportunidades de melhoria.

Cadeia de Valor

A cadeia de valor (*value stream*) é o conjunto de todas as etapas e acções necessárias à satisfação dos pedidos do cliente através de três actividades críticas de gestão de qualquer negócio:

- Resolução de problemas (desde a concepção até à entrega do produto);
- Gestão da informação (desde o acompanhamento das ordens até ao registo);

- Transformação física (desde dos materiais até aos produtos finais/serviços nas mãos do cliente).

Em suma, a cadeia de valor representa o conjunto de acções que permite a entrega de valor aos clientes. É através da análise desta que é possível a identificação clara das actividades que geram valor, as quais, num processo, se podem resumir da seguinte forma, (Figura 5.3):

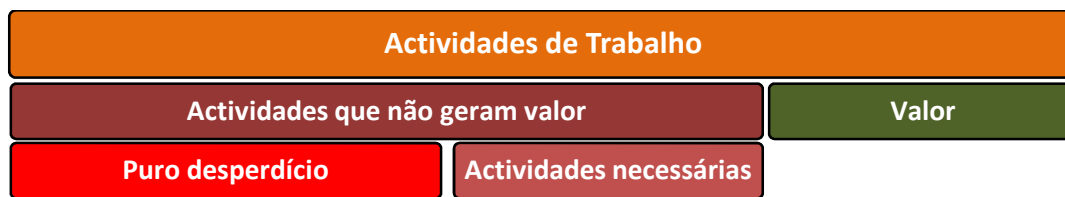


Figura 5.3 - Tipos de actividades (Pinto, 2008)

Fluxo

Organiza-se a cadeia de valor para eliminar qualquer parte do processo que não acrescente valor, tornando-o o mais fluído possível. O objectivo de criar um fluxo contínuo é poder fabricar produtos ou serviços ao ritmo a que são pedidos pelo cliente.

Puxar (pull)

Este conceito consiste em produzir apenas aquilo que é necessário quando for necessário. Visa evitar a acumulação de *stocks* de produtos mediante a produção e fornecimento daquilo que o cliente deseja quando o cliente precisar, nem mais cedo nem mais tarde.

Perfeição

A perfeição traduz-se na completa eliminação do desperdício. A este nível, só as actividades que acrescentam valor estão presentes nos processos. É o compromisso de continuamente procurar os meios ideais para criar valor enquanto o desperdício é eliminado; trata-se de uma jornada de melhoria contínua (*kaizen*).

Os desperdícios nem sempre são visíveis nem são iguais para todos. Ohno identifica e define três tipos de desperdícios, que são classificados pelos 3MUS: *Muda*; *Muri*; e *Mura*.

- *Muda* é uma actividade que não acrescenta valor no produto final para o cliente, mas consome muitos recursos;
- *Mura* é o desequilíbrio e variações das operações;
- *Muri* é a sobrecarga de trabalhadores e de equipamentos, onde não se verifica a análise da carga de trabalho, agrupada aos recursos disponíveis.

Identificação dos desperdícios (*Muda*)

Womack e Jones (1996) confirmaram as sete fontes de desperdício inicialmente identificadas por Ohno e Shigeo Shingo para o TPS, e acrescentam-lhe uma oitava fonte: “*design* de produtos e serviços que não vão ao encontro das necessidades do cliente”.

O *Lean Thinking* centra-se na permanente preocupação em identificar e, posteriormente eliminar os desperdícios - melhoria continua.

As sete fontes originais de desperdício são as seguintes:

I. Excesso de produção

A produção excessiva, ou em alturas temporais díspares da sua procura, resulta em fluxos irregulares de materiais e informação, ou em excesso de *stocks*;

II. Tempos de espera

Períodos de paragem de pessoas, equipamentos, materiais e informação, que resultam num fluxo irregular, assim como em longos *lead times*; é disto exemplo avarias dos equipamentos, atrasos nas entregas, burocracia nos processos e a pouca autonomia das pessoas;

III. Transportes

Deslocações excessivas de pessoas, materiais e informação resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;

IV. Processos inadequados

Utilização incorrecta de equipamento e ferramentas, aplicação de recursos e processos inadequados às funções, aplicação de procedimentos complexos incorrectos ou sem a informação necessária;

V. Excesso de stocks

Necessidade de locais de armazenamento e elevado tempo dispensado para a sua gestão, falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixo desempenho e mau serviço prestado ao cliente;

VI. Movimentação desnecessária

A desorganização dos locais de trabalho, resultando em mau desempenho, despreocupação por aspectos ergonómicos, e pouca atenção às questões associadas ao estudo do trabalho;

VII. Defeitos (qualidade)

Problemas frequentes nas fases de processo, problemas de qualidade do produto, ou baixo desempenho na entrega.

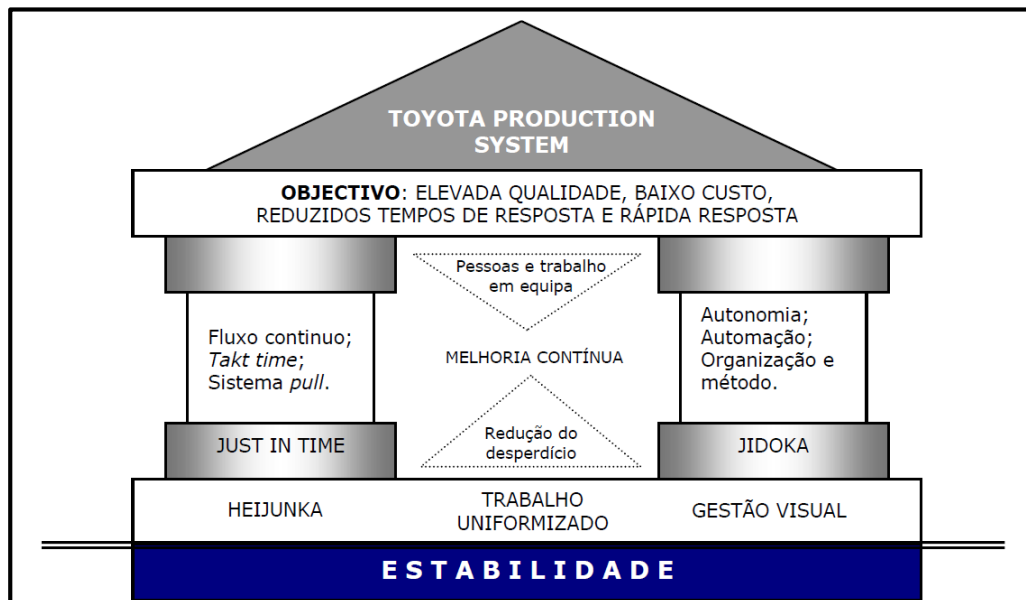


Figura 5.4 - Casa Toyota Production System

O sistema TPS tem como finalidade a eliminação de todo o desperdício que se gera em torno da produção, ou seja, tudo o que não acrescenta valor na criação do produto. Segundo Ohno (1990) foram ajustados os procedimentos e alterados os equipamentos para tornar possível a entrada em funcionamento desta metodologia, resultando na redução da quantidade, na variedade e na qualidade dos produtos.

Um fluxo adequado na linha de montagem é essencial neste sistema, que se caracteriza pela formação adequada dos trabalhadores, permitindo a sua polivalência no manuseamento dos equipamentos (situação não verificada na fábrica de Henry Ford). Para Ohno (1990) existiam dois princípios fundamentais para o sucesso do TPS:

I. Just In Time (JIT)

O JIT é a entrega dos produtos correctos, no tempo indicado, na quantidade certa ao cliente, ou seja, é um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permitem à empresa produzir e entregar produtos em pequenas quantidades com rapidez, satisfazendo os requisitos e as necessidades dos clientes. Este princípio também abraça as condições de *stock* /inventário nulo.

O TPS rodeia-se de uma cadeia de abastecedores, que fornecem as matérias-primas à medida do consumo efectuado, eliminando-se, assim, os custos associados aos *stocks*, (Ribeiro, 2011).

II. Jidoka (Automação)

O *Jidoka* assenta na qualidade ao longo da linha de produção; sempre que é detectado um defeito é efectuada a paragem das linhas de produção: detecta-se o erro, corrige-se a situação, e só depois é que se inicia novamente o processo, assegurando assim um eficaz controlo de qualidade. A implementação destes conceitos mantém-se até aos dias de hoje na Toyota e será a partir destas fundações que, mais tarde, como atrás referido, surge a filosofia *Lean* (Ribeiro, 2011).

5.1.3. Ferramentas Lean

A filosofia *Lean* assenta em princípios de criação de valor e eliminação de desperdício, de forma a identificá-los e eliminá-los metodicamente. Esta filosofia auxilia-se em várias ferramentas e metodologias, tais como descritas por Bicheno (2008).

São inúmeras as ferramentas e metodologias adoptadas, sendo algumas das ferramentas frequentemente utilizadas as seguintes: *JIT*, *Jidoka*, *Value Stream Mapping (VSM)*, *5S*, *Gestão Visual*, *Trabalho Normalizado*, *Single-Minute Exchange of Die (SMED)*, *Kanban*, *TPM* e *Kaizen*.

5.1.4. Lean no Mundo

A filosofia *Lean* foi adoptada pelas mais diversas empresas de vários sectores, sendo os mais significativos na área da produção industrial, mas também no sector dos serviços tem vindo a obter sucesso em várias áreas.

Os institutos *Lean* e *Kaizen* estão dispersos por todo o mundo.

5.2. Aplicabilidade do Lean

A aplicabilidade do *Lean* é transversal quer à tipologia de sectores quer aos departamentos desses mesmos sectores, pois o *Lean* é um princípio e uma filosofia segundo as quais devem ser seguidas as acções. Não sendo uma “receita pronto”, é adaptável a praticamente tudo e todos os tipos de sectores, pois haverá sempre um desperdício a identificar, uma cadeia de valor, e um cliente, seja ele interno ou externo.

5.2.1. Indústria

Inúmeras indústrias desenvolveram os seus próprios modelos de gestão baseados no princípio *Lean*, tais como, por exemplo, a *Bosch Production System*, a *Europac Management Way*, etc.

5.2.2. Serviços

Sectores, tais como a Saúde, Operações de assistência técnica, Processamento de facturas, também já implementaram esta filosofia de gestão.

5.3. Desperdícios na Manutenção

Segundo Pinto (2013), os desperdícios na área da manutenção são vistos da mesma forma que na produção, mas com algumas alterações devido à especificidade da actividade manutenção. Desta forma é possível corresponder aos sete desperdícios originais do *Lean Management* nos seguintes desperdícios na actividade manutenção:

I - Trabalho improdutivo

Correspondente a realizar toda e qualquer actividade que não acrescente valor - neste caso está-se a referir a acções de manutenção preventiva, executadas mais vezes do que o necessário.

II - Atrasos (tempos de espera; procura de peças; deslocações à oficina e armazéns, etc.).

Analizado, tal como no sector produtivo, mas neste caso aplicado a peças, máquinas, ferramentas e trabalhadores, é necessário para realizar a acção de manutenção ou a aguardar pela atribuição do serviço a executar, instruções, entre outras. Como as esperas não acrescentam valor devem ser eliminadas ou reduzidas ao mínimo.

III - Má gestão de materiais e peças-de-reserva (incapacidade de ter o material certo no momento certo).

Significa não ter o material adequado para as acções que estão a ser executadas. Também inclui a existência de equipamentos obsoletos e excesso de inventário (em ambos os casos significa capital investido e consumo de recursos para a sua gestão).

IV - Retrabalho

Significa ter de repetir as mesmas tarefas ou ter de executar outras, devido a trabalhos mal executados inicialmente. Sempre que ocorre uma necessidade imediata e urgente, os trabalhadores dessa acção de manutenção ficam bastante

pressionados para que o equipamento seja reparado rapidamente, a fim de regressar à sua situação anterior, podendo não lhe ser dado o tempo suficiente para que a mesma reparação seja corrigida correctamente.

V - Subutilização de recursos

Corresponde a utilizar as pessoas só pelas qualificações que têm e não as utilizar, inclusivamente, consoante as suas capacidades ou experiência.

VI - Incorrecta gestão de dados

Corresponde à recolha de informação que não tem utilidade e à não obtenção de informação considerada vital - empresas que já controlam a sua manutenção através de *Computer Maintenance Management Systems (CMMS)* mas em que esse controlo é ineficaz, reflectido na inexistência de uma correcta gestão dos dados, e na falta de uma interligação entre os mesmos, nas diversas fases do processo da manutenção, obrigando a introduzir repetidamente esses dados, compelindo à redundância dos mesmos.

VII - Negligência na aplicação de equipamentos

Quando se realiza uma operação incorrecta dos equipamentos ou estratégias deliberadas para que a manutenção seja efectuada, ou quando não há necessidade da mesma ocorrer.

5.4. Ferramentas *Lean* Aplicadas à Manutenção

Existem diversas ferramentas e metodologias *Lean*, sendo algumas delas mais vocacionadas para a identificação e análise de um tipo de desperdício, e outras para a criação de valor. Pinto (2013) propõe que sejam utilizadas na manutenção as seguintes soluções *Lean*:

Soluções para o departamento de manutenção:

- Método M-VSM (mapeamento da cadeia de valor da manutenção);
- Diagrama SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, and Customers) para análise de entradas, saídas e clientes da manutenção;
- Matriz de competências;
- Método 5S;
- Sete ferramentas clássicas da qualidade;

- Métodos *error-proofing* (*Poka Yoke*);
- Sistema *pull* e *kanban*.

Soluções a aplicar em parceria com outras funções da empresa:

- A fórmula 5W2H (*What, Why, Where, When, Who, How, How much*);
- *Rapid Improvement Events* (RIE);
- Método A3 para resolução de problemas;
- Metodologia TOPS/8D (Team Oriented Problem Solving/ D#1-Build the Team; D#2-Describe the problem; D#3-Develop an Interim Containment Action; D#4-Define/Verify Root Cause; D#5-Verify Corrective Action; D#6-Implement/Validate Permanent Corrective Action; D#7-Prevent Recurrence; D#8-Recognize the Team);
- Método SMED (Single Minute Exchange of Die) para redução dos tempos de mudança de ferramenta;
- Método FME(C)A (Failure Mode Effects and Criticality Analysis), para análise do modo e criticidade de falhas;
- Técnica FTA (Failure Tree Analysis) - Árvore lógica de falhas;
- Método RCM (Reliability Centred Maintenance) - Manutenção centrada na fiabilidade);
- Método QFD (Quality function deployment) - Desdobramento da função qualidade;
- *One point lesson* (lição pontual);
- Registo das lições aprendidas no *After Action Report* (AAR).

De seguida são analisadas em pormenor algumas das soluções anteriores, assim como outras ferramentas importantes aplicáveis à manutenção, tais como a manutenção autónoma, a TPM e a Gestão Visual.

5.4.1. Value Stream Map

O mapeamento da cadeia de valor (*Value Stream Map* - VSM) é um método desenvolvido por Rother *et al* (1999) que permite visualizar o percurso de um produto ou serviço ao longo da cadeia de valor, i.e. ao longo da incorporação de recursos no mesmo, desde a compra de matérias-primas até à entrega do produto finalizado.

Segundo Pinto (2013), trabalhar a partir da perspectiva da cadeia de valor garante aos gestores obterem uma visão global dos processos, não se focando apenas em processos individuais ou na optimização das partes, garantindo assim o melhor para a empresa e não apenas para um departamento.

No VSM torna-se necessária a definição de valor. Segundo Womack (2003), o mapeamento da cadeia de valor é feito pelo cliente, e só é significativo quando expresso em termos de produtos específicos (bens ou serviços), de forma que atenda às necessidades do cliente a um preço e momento específicos.

Segundo Shingo (1996), a produção consiste num fluxo de processo e operações, sendo cada processo um fluxo de material - o processo é a transformação da matéria-prima em produtos semi-acabados; as operações são os trabalhos executados para realizar essas transformações.

Para uma correcta abordagem da técnica, o fluxo de produção deve ser coberto posto a posto, dentro do plano, incluindo a entrega do plano do cliente e o recebimento dos gastos de matéria-prima. Considerando o fluxo de produção, o que normalmente se enfatiza é o fluxo de material dentro da empresa. Porém, ainda existe outro fluxo, o de informação, que informa a cada processo o que produzir ou fazer a seguir. Os fluxos de material e de informação devem ser projectados em simultâneo.

Nesta abordagem é delineada uma visão do estado actual e projectada uma ideia do estado futuro desejado. A partir deste ponto empregam-se várias ferramentas que são aplicadas sobre pontos críticos levantados no projecto do fluxo do processo.

Os mapas têm a finalidade de mostrar o formato físico da produção antes da implementação dos resultados propostos pela ferramenta, os quais podem ser observados no mapa do estudo implementado.

Antes de se executar o projecto do fluxo do valor, deve-se identificar adequadamente a área que vai ser projectada, a qual é chamada de linha, família ou grupo de produtos.

Cabe fazer uma análise do estado corrente da produção a ser estudada, a fim de implementar melhorias, garantindo assim a eliminação de desperdícios. O projecto dos mapas deve ser iniciado dentro do conceito posto a posto, desenhando-se o processo de fabricação por meio da utilização de ícones sugeridos, ou de ícones adicionais, que sejam de fácil compreensão por todos os trabalhadores da empresa.

Quando necessário, o nível de amplitude pode ser mudado, focalizando-se no projecto dos mapas para cada etapa individual num tipo de processo, ou ampliando-se para abranger o fluxo de valor externo à empresa.

Na realização dum projecto de mapas, tanto o fluxo do processo quanto o de informação devem ser trabalhados com a mesma importância. Na Figura 5.5 pode observar-se um exemplo de VSM.

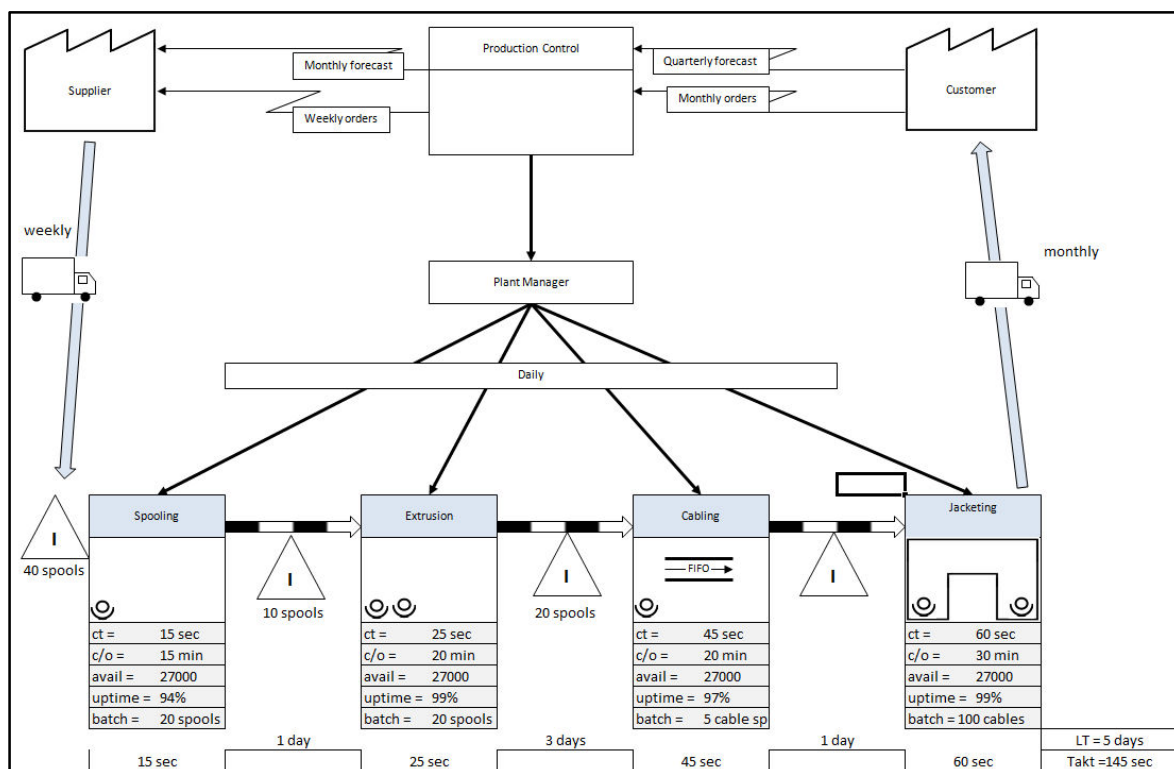


Figura 5.5 - Value Stream Mapping

VSM é um método muito útil e tem sido um dos mais utilizados no universo de aplicações do *Lean Thinking* em empresas industriais e de serviços. É um método simples e eficaz que, numa fase inicial, ajuda a gestão, a engenharia e as operações a reconhecer o desperdício e a identificar as suas causas. O processo VSM inclui o mapeamento físico do “estado actual” enquanto se foca no estado pretendido ou “estado futuro”.

A modelagem, ou mapeamento, leva em consideração tanto o fluxo de materiais como o fluxo de informações e ajuda bastante no processo de visualização da situação actual e na construção da situação futura. Adicionalmente, esta é uma ferramenta que, à semelhança das utilizadas pelo *Lean Thinking*, concentra-se nas questões relativas à redução dos

tempos (*lead time*) dos processos. Em algumas aplicações de VSM, o *lead time* poderá ser o único aspecto considerado neste tipo de ferramenta, dada a necessidade da sua redução. Além dos aspectos associados ao tempo, o VSM procura também chamar a atenção para o custo dos processos considerando-os nos métodos de análise e de tomada de decisão.

Deste modo, o VSM pode ser entendido como uma ferramenta de comunicação, de planeamento do negócio, e ainda de gestão do processo de mudança (melhoria contínua).

M-VSM

O M-VSM é a adaptação do VSM tradicional à actividade manutenção. É analisado como o tradicional VSM, mas com a especificidade que lhe é característica, pois trata-se de uma actividade especializada, tendencialmente não regular, e não de um processo de fabrico em série, (Pinto, 2013).

5.4.2. Manutenção Autónoma

Uma das metodologias *Lean* é a manutenção autónoma. Esta consiste na execução de actividades de rotina, tais como limpeza e lubrificação dos equipamentos, realizadas pelos próprios operadores da produção após uma formação específica; estas actividades são definidas em conjunto pela manutenção e produção, (Robinson e Ginder, 1995). A realização destas actividades de manutenção mais básicas pelos próprios operadores permite a resolução de avarias simples mais rapidamente, pois ninguém conhece melhor o equipamento do que o próprio operador. Permite ainda a libertação dos técnicos de manutenção para avarias mais complexas ou processos de melhoria. É criada assim uma primeira linha de manutenção baseada no próprio operador da máquina.

5.4.3. TPM - Total Productive Maintenance

A Manutenção Produtiva Total consiste numa filosofia desenvolvida originalmente no Japão, nos anos 1960-1970, que teve como objectivo apoiar o sistema de produção *Just In Time* (JIT).

Uma das consequências da produção JIT é que a avaria de um equipamento de produção ou a redução de velocidade podem ter efeitos muito graves, pois não existem *stocks* para atenuar essas perdas.

A TPM evoluiu da manutenção preventiva adoptada na América, mas com uma nova abordagem onde todos são responsáveis pela manutenção do equipamento. De acordo com os princípios da filosofia TPM, a responsabilidade pela optimização dos equipamentos não reside apenas no departamento de manutenção, mas em todos os trabalhadores.

A TPM foca-se nos principais tipos de perdas que podem ocorrer nos processos produtivos. De acordo com o JIPM² as seis grandes perdas nos equipamentos são:

1. Falhas no equipamento;
2. Tempo de ajustamento e preparação de *setup* de máquinas ou processos;
3. Redução de velocidade do processo;
4. Defeitos no processo (problemas de qualidade);
5. Tempos de paragem diversos, por exemplo, espera por matérias-primas, inspecções de controlo, etc.;
6. Redução do *output* de produção.

Segundo Willmott e Mccarth (2001), o TPM é uma filosofia ou uma forma de pensar a manutenção, que traduz um novo conceito de como manter uma instalação ou um equipamento. A TPM é um método de gestão que identifica e elimina as perdas existentes nos processos produtivos, maximiza a utilização do activo industrial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Desenvolve conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para acções de prevenção e melhoria contínua, garantindo a fiabilidade dos equipamentos e a capacidade dos processos, sem investimentos adicionais.

Objectivos do TPM

Os principais objectivos do TPM são os seguintes:

- Maximizar a eficiência e a utilização do equipamento (não apenas da sua disponibilidade);

² *Japan Institute of Plant Maintenance*

- Desenvolver um sistema de manutenção produtiva (proactivo) para a totalidade do ciclo de vida do equipamento;
- Envolver todas as funções da empresa que planeiam, definem ou usam o equipamento na implementação dos princípios e ferramentas TPM;
- Envolver activamente todos os colaboradores;
- Promover a melhoria do desempenho operacional através das actividades de pequenos grupos, equipas autónomas, garantido um sentido de propriedade em relação ao equipamento e respectiva área de trabalho;
- Promover a TPM através da motivação das pessoas e em pequenos grupos autónomos.

Os pilares do TPM

A TPM assenta em pilares; na Figura 5.6 encontram-se exemplificados os cinco pilares base e mais três adicionais desta filosofia de manutenção.

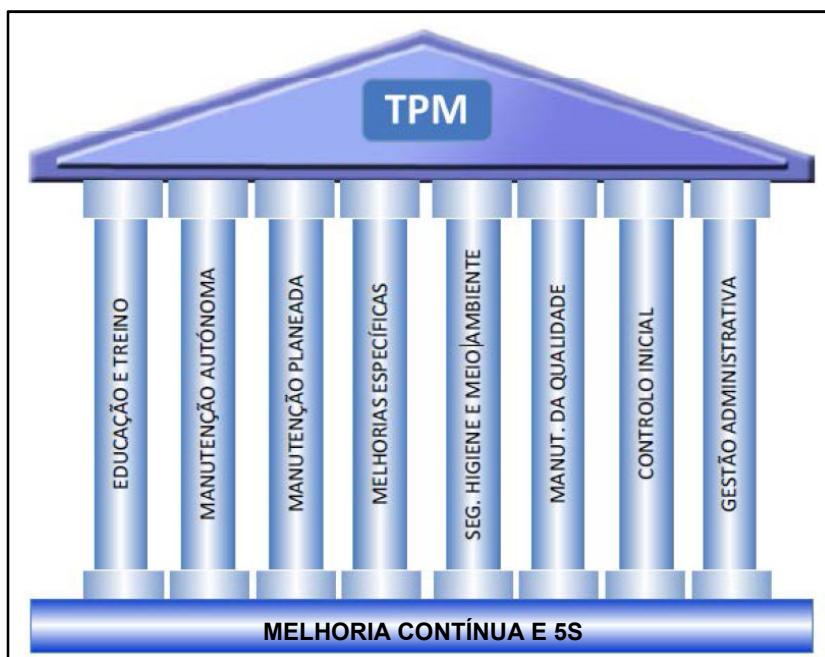


Figura 5.6 - Os oito pilares do TPM

De modo a aplicar-se o TPM, em primeiro lugar tem de se providenciar formação adequada aos trabalhadores, tanto na área da manutenção como na área da produção, bem como promover o seu envolvimento para trabalhar em equipa e dialogarem entre si. Os trabalhadores são os melhores conhecedores e informadores dos equipamentos: podem descrever e transmitir todas as anomalias, muito antes de acontecerem as avarias. Tem de

se melhorar o sistema de manutenção planeada existente e aumentar a eficácia global dos equipamentos, (Nakajima, 1989).

Com a aplicação da filosofia TPM consegue-se evitar gastos desnecessários, normais num ambiente constante de mudança económica, produzir bens sem reduzir a qualidade dos mesmos, reduzir custos e produzir mais quantidade em menos tempo. Os produtos entregues aos clientes não contêm defeitos, (Shirose, 2000).

Segundo Nakasato (1994) a implementação da TPM permitiu trazer as seguintes mais-valias para a indústria:

- Aumento da confiança entre todos os trabalhadores;
- Locais de trabalho mais limpos, arrumados, organizados, e atractivos;
- Mudança favorável na atitude dos trabalhadores;
- Alcançar objectivos através do trabalho em equipa;
- Expansão horizontal de um novo conceito em todas as áreas da organização;
- Troca de conhecimentos e experiências;
- Os trabalhadores ficam com um sentimento de posse relativamente aos equipamentos.

5.4.4. 5S

Os 5S são uma prática implementada por *Kaoru Ishikawa*, em 1950, no Japão. Este engenheiro da qualidade, possivelmente foi inspirado pela necessidade que existia em colocar ordem na grande confusão a que ficou votado o país devido à segunda grande guerra.

Os 5S, cinco palavras Japonesas iniciadas por “S”, referem-se a cinco práticas de bom senso e senso comum. A implementação dos 5S começa na fábrica (*shop floor* ou *gemba*), mas as suas repercussões estendem-se a toda a organização. Esta ferramenta faz parte do princípio da visibilidade, ou seja, tornar visíveis os problemas onde quer que possam existir.

Os 5S significam:

- *Seiri* (organização) - é o “senso de utilização” - Tudo o que não for necessário para a actividade deve ser removido do local de trabalho;
- *Seiton* (arrumação) - é o “senso de tudo no seu lugar” - Cada coisa deve ter o seu lugar para que, sendo necessária, seja encontrada facilmente;
- *Seizo* (limpeza) - é o “senso de que a limpeza é fundamental para a melhoria” - Um local de trabalho limpo transmite a mensagem de que ali se procura trabalhar com qualidade;
- *Seiketsu* (uniformização) - é o “senso de conservação” - a definição de padrões é fundamental para a manutenção dos progressos alcançados pelo grupo;
- *Shitsuke* (disciplina) - é o “senso de responsabilidade” - o treino com os padrões definidos pelo grupo é fundamental para o cumprimento dos compromissos assumidos. Disciplina significa trabalhar consistentemente através de regras e normas de organização, arrumação e limpeza.

Segundo Leite (2008) existem entidades que adicionaram um sexto “S” na ferramenta dos 5S, e que é a seguinte:

- *Safety* - Segurança - É tida em conta a vertente de segurança dos trabalhadores, tal como a ergonomia, a protecção de segurança nos equipamentos, e a formação dos trabalhadores para actuar em casos de emergência, entre outros aspectos no âmbito da segurança e higiene no trabalho.

5.4.5. Gestão Visual

A Gestão Visual pode ser entendida como uma ferramenta que pretende disponibilizar informação em formato visual, com o intuito de fornecer informações relacionadas com sequências de fabrico, actividades básicas diárias, estado das máquinas, instruções de manutenção, entre outras.

São exemplos desta prática as delimitações pintadas nos pavimentos que circunscrevem áreas, sistemas luminosos, cartões coloridos *kanban*, gráficos informativos apelativos, entre outros exemplos, (Pinto, 2009).

A gestão visual é também designada, por este autor, como um conjunto de sistemas simples e intuitivos para apoiar as pessoas nas decisões, minimizar erros e alertar para situações irregulares.

Segundo Lazarin (2008), a gestão visual tem como finalidade exibir informações acessíveis e simples que facilitem o trabalho diário e que favoreçam a qualidade dos produtos/serviços, transmitindo as informações a um maior número de trabalhadores de forma fidedigna, possibilitando que a partilha de informação faça parte da cultura da empresa.

5.4.6. *Genchi Genbutsu*

Genchi Genbutsu, que significa "ir e ver", é um princípio fundamental do TPS. Ele sugere que, a fim de compreender verdadeiramente a situação, é preciso ir ao *gemba* ou, ao lugar real onde o trabalho é feito.

Consta que Taiichi Ohno, criador do Sistema Toyota de Produção, na admissão de novos engenheiros levava-os para o chão de fábrica e desenhava com giz um círculo no chão. Dizia-lhes para estarem no círculo a observar e anotar o que viram. Quando Ohno voltava verificava o que cada um tinha anotado e, se não tinha observado o suficiente seria convidado a observar novamente. Ohno estava a incutir aos seus futuros engenheiros que a única maneira de realmente entenderem o que acontece no chão de fábrica era ir para lá, pois é aí que é adicionado valor e também é aí que os desperdícios podem ser observados, (Liker *et al*, 2005).

Genchi Genbutsu é, portanto, uma abordagem fundamental na resolução de problemas. Se o problema existe no chão de fábrica, então é lá que deverá ser compreendido e resolvido.

5.5. Overall Equipment Efficiency (OEE)

A produtividade de um equipamento depende fundamentalmente de três causas: do tempo de operação efectiva; da utilização da sua capacidade máxima; e da qualidade da produção, (Semi, 1996). Nakajima (1989) definiu as seis grandes perdas existentes nos

equipamentos, que influenciam directamente a sua produção: perdas por avaria; perdas por *setup* e afinações; falhas ocasionais e pequenas afinações; perdas por redução da velocidade; perdas por problemas de qualidade e retrabalho; e perdas por queda de rendimento.

A eficiência global dos equipamentos OEE é medida através das seis grandes perdas, sendo calculada através do produto dos índices de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade:

$$OEE = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade}$$

O índice de Disponibilidade representa a relação entre o tempo disponível do equipamento, e o tempo em que este está efectivamente em operação.

As paragens programadas não são consideradas no cálculo da eficiência. As paragens não programadas são devidas às perdas por falhas, arranques de produção e afinações das máquinas.

O Desempenho é composto pelas perdas de velocidade, o que demonstra que o tempo de ciclo real está próximo do tempo teórico, ou seja, avalia o ritmo de produção do equipamento pelas perdas de pequenas paragens.

A Qualidade é o terceiro índice que compõe o cálculo de eficiência, sendo relativo ao fabrico de produtos defeituosos, que resultam em sucata e retrabalho.

Nakajima (1993) apresenta, baseado nas experiências e resultados obtidos pelas empresas vencedoras do prémio *TPM Award*, que o OEE de 85% deve ser definido como uma meta de referência internacional para os equipamentos. As empresas que ganharam o prémio *TPM Award* obtiveram um OEE superior a 85%.

Ainda de acordo com Nakajima, para se atingir a meta do OEE com um valor de 85%, o índice de Disponibilidade tem que ter um valor superior a 90%, o índice de Desempenho tem que ser superior a 95% e o índice de Qualidade tem que ter um valor superior a 99%.

Segundo Semi (1996) existem alguns cuidados a ter na implementação do OEE, que são:

- O valor calculado não deve ser usado como uma medida do nível da empresa ou da instalação, tratando-se apenas de uma medida da eficiência de um determinado equipamento;

- O valor calculado não é válido para comparar equipamentos ou processos diferentes. É um indicador relativo a um único equipamento, servindo para comparar os valores de OEE desse equipamento ao longo do tempo. Poderá ser aplicado a equipamentos similares;
- O valor não é uma medida da eficiência da manutenção, uma vez que a maior parte das perdas saem fora do controlo directo desta função;
- Não existe um valor especificado para o valor de OEE designado por “valor de classe mundial”. No entanto, um valor de 85% é frequentemente citado. De igual forma, a maximização do OEE depende da capacidade do activo, da procura ou da existência de algum constrangimento no fluxo produtivo (valor obtido por uma Disponibilidade de 90%, uma taxa de Desempenho de 95% e uma taxa de Qualidade de 99%);
- O valor calculado não é estatisticamente válido. O valor percentual determinado assume que todas as perdas relativas ao equipamento são de igual importância e que qualquer melhoria de 1% na qualidade pode ter um impacto idêntico à melhoria de 1% na Disponibilidade. As três medidas são falsamente consideradas idênticas, ou seja, o tempo cronológico, as unidades produzidas por unidade de tempo e as unidades produzidas são convertidas em percentagens para comparação.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

6. Auditoria de Gestão da Manutenção

De modo a poder ser efectuado um posicionamento do departamento de manutenção da empresa no que concerne às melhores práticas de gestão nesta área, aplicou-se um modelo de diagnóstico do estado da manutenção. Esta análise é importante para a identificação dos pontos fortes e dos pontos fracos que, após estes últimos serem revistos, suprimidos ou melhorados, poderão levar a um acréscimo de competitividade da empresa pelo aumento da sua eficácia e eficiência.

Segundo Farinha (2011), a Auditoria Interna Permanente (AIP) corresponde a um método de diagnóstico do estado da manutenção centrado numa sequência de questionários cuja avaliação das respostas identifica o posicionamento do modelo da manutenção face a uma base de referência (Farinha, 2001), (Costa, 2002) e (Costa, Farinha, Vasconcelos, 2000).

6.1. Metodologia Aplicada

Foi aplicado o Método Holístico de Diagnostico (MHD), referenciado no trabalho desenvolvido por Raposo (2011), derivado da auditoria Interna Permanente apresentada por Farinha (2011). Esta metodologia deriva do “método francês de diagnóstico”, (Costa, 2002).

O método é composto por vários questionários de avaliação de práticas de gestão da manutenção. Para o diagnóstico em apreço foram efectuadas pequenas simplificações ao modelo original.

6.2. Questionários

Foram preenchidos um total de 14 questionários, que se subdividem em três tipologias: organização base; conceitos transversais; e, novos modelos de gestão, (Tabela 6.1).

Tabela 6.1 - Vertentes dos questionários

Vertentes	Questionários
Organização base	Gestão de Activos Técnicos; Manutenção de 1º nível; Planeamento e Segurança; Base de dados; Trabalhos de manutenção; Peças-de-reserva; Análises de custo.
Conceitos transversais	Análise RAMS; RCM; RBM; Ferramentas Transversais
Novos modelos de gestão	5S; TPM; LEAN <i>Maintenance</i> .

Em cada pergunta existem cinco opções de escolha:

- Sempre (verifica-se sempre na empresa);
- Quase Sempre (nem sempre se verifica na empresa);
- Às vezes (às vezes verifica-se na empresa);
- Quase Nunca (poucas vezes se verifica na empresa);
- Nunca (nunca se verifica na empresa).

Ficha de diagnóstico nº 1

AUDITORIA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO					
A. Gestão de Activos Técnicos					
Perguntas	Sempre	Quase Sempre	Às vezes	Quase Nunca	Nunca
101 Existe um inventário dos equipamentos					
102 Esse inventário está actualizado (modificações, ajustes, acessórios)					
103 Existe uma codificação que caracteriza e distingue o equipamento (número de identificação único)					
104 Para cada equipamento, conhecem-se as condições de bom funcionamento					
105 Para cada equipamento, conhecem-se as condições de intervenção					
106 Para cada equipamento, conhecem-se as peças-de-reserva necessárias					
107 Para cada equipamento, conhecem-se as ferramentas necessárias					
108 Para cada equipamento, existe um histórico das intervenções efectuadas					
109 Os códigos (equipamentos/conjuntos/peças) são facilmente visíveis					
110 Para cada equipamento, existe um dossiê técnico com esquemas e desenhos técnicos					

Figura 6.1 - Exemplo ficha de diagnóstico n.º1

De modo a calcular a pontuação obtida é utilizada uma ponderação de 1, de 0,7, de 0,5 e de 0,3 consoante as respostas dadas na 1ª, 2ª, 3ª ou 4ª coluna, respectivamente, já que as respostas efectuadas na 5ª coluna têm uma pontuação “0” - se não existir resposta a uma pergunta, esta tem uma pontuação de 0 pontos.

6.3. Resultados

Após a contabilização dos questionários foi elaborada uma tabela de resultados, (Tabela 6.2). Nesta tabela conta a pontuação obtida em cada questionário, bem como a pontuação máxima alcançável, a zona de não manutenção (mínimo) e a categoria correspondente (1 a 4), de acordo com o MHD.

Tabela 6.2 - Tabela resumo da pontuação e categoria obtida

Questionário	Designação	Pontuação	Máximo	Zona Não Manutenção	Cat.
A	Gestão de Activos Técnicos	10,9	17	9,2	2
B	Manutenção de 1º Nível	10,1	16	7,2	2
C	Planeamento e Segurança	12	18	8,6	2
D	Base de Dados	6,3	12	5	2
E	Trabalhos de Manutenção	6,6	16	6,9	3
F	Peças de Reserva	7,2	16	8,2	3
G	Análises de Custos	12,8	14	6,8	1
H	Análises RAMS	7,9	18	9,5	3
I	RCM	5	14	6,4	3
J	RBM	2,8	14	7	3
K	Ferramentas Transversais	0,8	12	5,4	4
L	5S	6,8	18	10,8	3
M	TPM	8,7	20	12	3
N	LEAN Maintenance	4,6	21	10,6	4

A partir do resultado dos questionários pode observar-se o seguinte:

- Organização base - o departamento posiciona-se, em média, na categoria 2, que é uma posição razoável;
- Conceitos transversais - posiciona-se, maioritariamente, na categoria 3, que é uma posição desfavorável;
- Novos modelos de gestão - encontra-se também, na sua maioria, na categoria 3, que é uma posição desfavorável.

De forma a ficar mais claro o posicionamento do departamento de manutenção, foi criado um gráfico radar, (Figura 6.2), que evidencia o posicionamento em relação ao máximo e à zona de não manutenção.

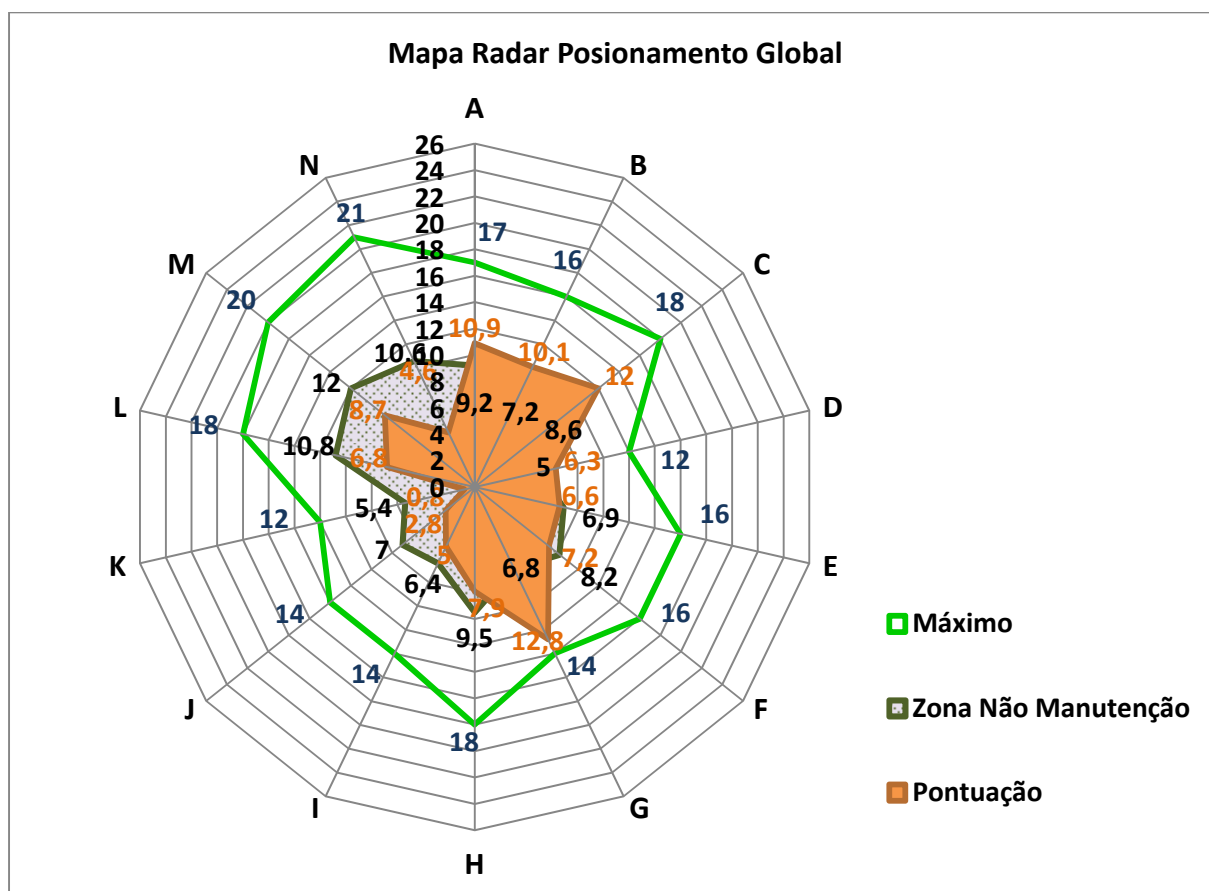


Figura 6.2 - Mapa radar do posicionamento do departamento

6.3.1. Conclusão

Pode concluir-se que o departamento de manutenção da *Sumol+Compal* de Pombal ainda se encontra num nível baixo em relação aos conceitos transversais e aos novos modelos de gestão. Possui um nível intermédio em relação à organização base.

Pela análise do mapa radar torna-se evidente a margem de progressão existente, designadamente a organização base, que deverá ser a primeira a ser consolidada, quer nos conceitos transversais quer nos novos modelos de gestão, que deverão ser explorados e incorporadas as práticas neles existentes.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

7. Aplicação da Filosofia Lean na Manutenção

A auditoria à gestão de manutenção evidenciou diversas fragilidades. Como resposta às mesmas é feita uma abordagem *Lean* ao departamento e actividade de manutenção. Foram escolhidas algumas áreas de actuação mediante a disponibilidade de recursos e de maior rentabilidade. A abordagem efectuada foi baseada em eventos pontuais, atendendo a que, para aplicar a filosofia de uma forma integral, por exemplo através de uma abordagem LCM, seria necessário uma alteração profunda na mentalidade e formas de trabalho, as quais o autor, de momento, entendeu não estarem integralmente reunidas, tal como demonstrado pela auditoria à gestão de manutenção. Dessa forma, as áreas escolhidas foram aquelas onde o autor possuía maior autonomia de decisão e, como tal estavam inseridas no raio de acção das suas funções.

7.1. Desperdícios Identificados

Aplicando o princípio e filosofia *Lean* foi possível identificar diversos desperdícios na actividade do departamento de Manutenção, que serão analisados nos itens seguintes.

7.1.1. Trabalho Improdutivo

Analisando as operações anuais de manutenção preventiva verifica-se que, em algumas situações, procede-se à substituição de componentes por segurança quando os mesmos ainda se encontram em bom estado, por se desconhecer a sua vida útil até à próxima manutenção, implicando muitas vezes grandes desmontagens dos equipamentos para as referidas substituições. Este facto é originado pela utilização de um modelo rígido e muito dependente da variabilidade da análise individual dos técnicos de manutenção, o que gera um duplo desperdício em materiais e tempo e, por consequência, custos.

Da mesma forma são substituídos óleos lubrificantes, designadamente nas linhas de vidro, que possuem um número muito reduzido de horas de produção. Este facto deve-se a uma prática, no plano de lubrificação executada por uma periodicidade fixa, anual, não tendo em conta o real estado dos lubrificantes e o número de horas de trabalho que esses equipamentos realizaram.

No que se refere ao tempo de planeamento e à elaboração de listas de verificação, este processo é executado num tempo excessivamente longo e descuidado no que concerne à execução das intervenções.

No armazém de peças, responsável pela gestão dos materiais de manutenção e por algumas actividades administrativas que lhe são inerentes, tais como a abertura de ordens de manutenção, elaboração de pedidos de compra e alocação de custos, identificou-se que eram executadas algumas tarefas repetitivas, tais como, por exemplo, a abertura de ordens de manutenção.

As soluções possíveis para os problemas precedentes são as seguintes:

- Implementar uma política de manutenção preditiva, de modelos e técnicas de diagnóstico pré-manutenção e de análise de histórico de avarias;
- Implementar um plano de lubrificação em função do número de horas de trabalho dos equipamentos;
- Implementar um método automático de abertura das ordens de manutenção.

7.1.2. Atrasos

Após a análise dos tempos de intervenção de manutenção verifica-se a sequência de tarefas ilustradas na figura 7.1.



Figura 7.1 - Tempos de manutenção

Foram identificados vários tempos de espera sendo os mais evidentes os seguintes:

Técnicos de manutenção

O tempo que os técnicos demoram a identificar as peças-de-reserva que necessitam, devido a que, normalmente estes não estão muito aptos na análise de esquemas e desenhos técnicos.

Uma possível solução é a implementação do *Método Intuitivo de identificação de Materiais*.

Armazém de Peças

Neste caso, o elemento crítico é o tempo que o fiel de armazém demora a identificar e a encontrar a peça-de-reserva que o técnico necessita.

A acção decorria da seguinte forma: após a ida do técnico de manutenção ao armazém, este pode levar consigo a referência do fabricante, mas pode apenas levar uma amostra, ou ainda nenhum dos dois; pode apenas transmitir verbalmente a descrição do material que necessita. Neste caso, o fiel de armazém necessita encontrar fisicamente a referência que o técnico precisa, o que se pode tornar uma tarefa difícil. Se o material é de grande rotatividade, o mesmo é de fácil localização. Se é um material com baixa rotação, o tempo de localização pode ser elevado, e ainda ser necessário procurar a sua identificação no sistema de informação SAP, (Figura 7.2).

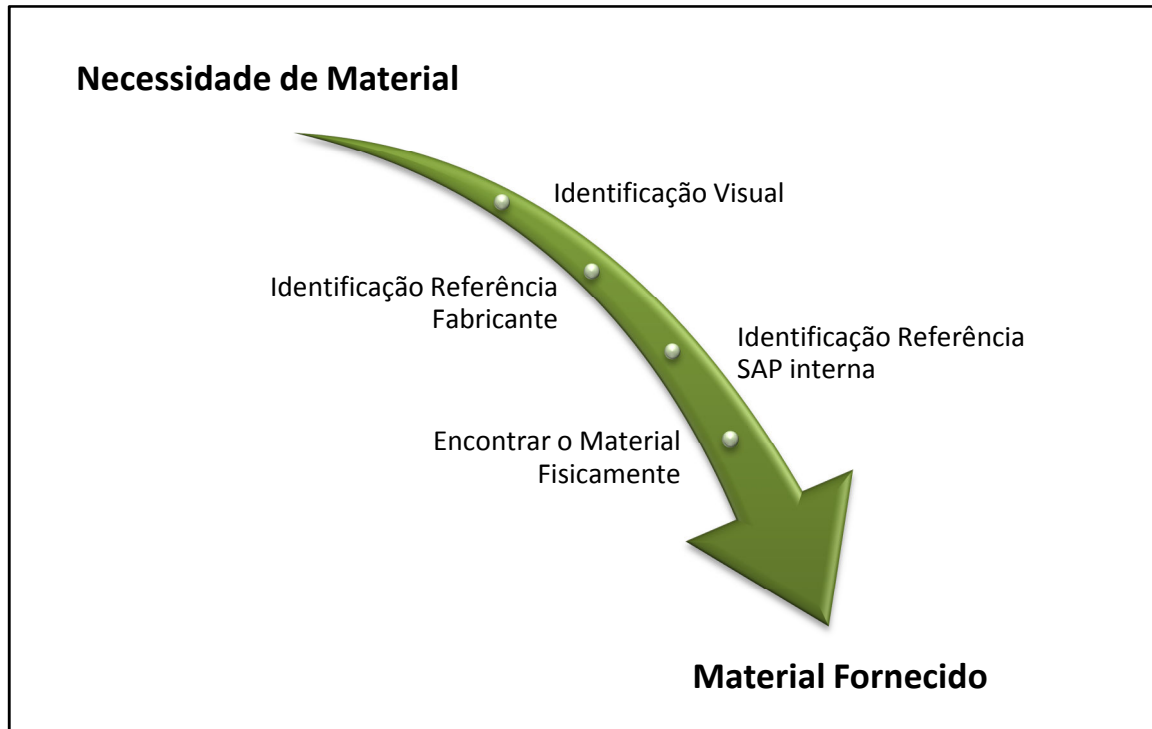


Figura 7.2 - Processo aquisição material

Esta tarefa tornava-se, muitas vezes complicada, provocada pelo elevado nível de desorganização em que o armazém se encontrava, incluindo uma fraca identificação dos materiais físicos com os seus códigos em sistema SAP.

Uma possível solução para o problema precedente é a aplicação do método 5S e de Gestão Visual no armazém de peças.

Foram também identificados tempos de espera elevados dos materiais que necessitavam ir ao torneiro, os quais, normalmente estão associados a intervenções correctivas, mas também algumas preventivas.

Uma possível solução para este problema é através da contratação de um torneiro interno em regime de *outsourcing*, aumentando assim a capacidade de resposta. Esta solução permite ainda aproveitar este recurso humano para executar várias peças que, caso contrário teriam que ser compradas aos fabricantes das máquinas por preços muito elevados.

7.1.3. *Má gestão de Materiais e Peças-de-Reserva*

Foram identificadas algumas áreas em que se possuía um número muito reduzido de materiais, o que implicava que pequenas reparações ficassem pendentes ou, em alguns casos, em estado provisório, quando poderiam ser imediatamente resolvidas, tais como, por exemplo, as fugas no ar comprimido, nos reguladores e nos acessórios.

Em muitas outras existe um valor de inventário muito elevado, o que significa capital investido e recursos consumidos na sua gestão. Foram também identificados, no armazém de peças-de-reserva, materiais obsoletos, alguns pela sua tecnologia ultrapassada e outros pelo facto dos equipamentos a que pertenciam já terem sido retirados das linhas de produção.

Uma possível solução é rever a política de *stocks*, fazer a análise de Pareto, aplicar a metodologia 5S, e retirar os materiais obsoletos com rotatividade nula.

7.1.4. *Retrabalho*

Em algumas situações foram identificados avarias recorrentes, provocadas pela má análise da avaria inicial, que levou os técnicos a substituírem apenas o componente danificado, mas não procurando a causa raiz. A falha, mais tarde, volta a manifestar-se contribuindo para uma degradação adicional do material aplicado.

As situações precedentes acontecem quando os materiais são mal instalados ou mal identificados, aplicando-se um material com características diferentes, tais como, por exemplo, a potência do contactor, a tensão de alimentação, etc.

Uma possível solução é através da implementação de acções de formação aos técnicos, de sistemas à prova de erro, de maior disponibilização de informação sobre as operações a executar, e dos materiais a utilizar.

7.1.5. *Subutilização de Recursos*

A subutilização de recursos, designadamente humanos, tem como consequência a desmotivação das pessoas, a que se pode associar a ausência de um método de motivação/premiação individual das pessoas.

Apesar do prémio de produtividade em vigor na empresa, este premeia apenas o colectivo e, por vezes é baseado em algumas variáveis que não reflectem o real desempenho das pessoas.

Para a execução de alguns serviços é efectuada contratação exterior quando existe capacidade técnica interna para os fazer, o que origina desmotivação nos recursos humanos internos.

7.1.6. Incorrecta Gestão de Dados

Apesar das melhorias introduzidas no último ano, continua a existir um baixo tratamento dos dados das avarias dos equipamentos.

Uma possível solução para o problema precedente é a criação de um método de concentração dos dados, de modo a ser possível uma fácil rastreabilidade e análise de toda a informação, a criação de tipologias de avaria e a introdução de ferramentas de análise de dados.

7.1.7. Negligência na Aplicação de Equipamentos

Foram detectadas situações de má operação dos equipamentos.

Uma possível solução é através da criação de instruções simples de operação, associadas a simbologia gráfica intuitiva.

7.2. Melhorias Implementadas

7.2.1. Aplicação de 5S no Armazém de Peças

O armazém de peças, local onde são guardados e geridos os materiais de manutenção, é um espaço que sofreu evoluções ao longo do tempo. Possui uma área de, aproximadamente 250 m², situado próximo da oficina de manutenção e dos gabinetes de gestão de manutenção. Após o encerramento de diversas unidades industriais e da centralização de equipamentos na unidade industrial de Pombal, foi feita a transferência de materiais de

diversos armazéns para o da fábrica de Pombal, nomeadamente dos de Lisboa e Viseu. Estas transferências, nem sempre foram pacíficas, geraram, em alguns casos, duplicações de referências e a existência de materiais semelhantes, ou mesmo de materiais sem aplicação, devido à sua obsolescência tecnológica.

Adicionalmente, com o aumento do número de linhas de produção e de materiais, existiu a necessidade de criar um armazém mais apto a responder a este nível de exigência. Por consequência, foram criadas estruturas de armazenamento com caixas, e segregados os materiais por linhas de produção.

Em 2009, após a fusão das empresas e a criação da nova empresa *Sumol+Compal*, foi feita uma actualização do ERP (Enterprise Resource Planning) e a tipologia de códigos existentes foi alterada. Até ao momento, os códigos correspondiam sequencialmente a números iniciados em 50 000; porém, a nova estrutura de códigos inicia-se em 300 000. Foi efectuada uma migração dos códigos antigos para os novos códigos, transferindo assim todos os códigos existentes para a nova tipologia.

No entanto, verificou-se que o armazém possuía diversas fragilidades, nomeadamente uma elevada desorganização, quer pela sequência dos materiais no armazém quer pelas condições de armazenamento.



Figura 7.3 - Aspecto Geral Inicial do Armazém

Mais especificamente foram identificadas as seguintes situações:

- Sequência de armazenamento sem lógica;
- Materiais obsoletos;
- Materiais de equipamentos de linhas que já não existem;
- Materiais não inventariados;
- Materiais com etiquetagem referente do código SAP antigo;
- Materiais sem atribuição de localização em SAP;
- Materiais comuns dispersos pelo armazém;
- Materiais armazenados no chão;
- Materiais a ultrapassar as dimensões das caixas e estantes;
- Inúmeros materiais na mesma caixa.

A Figura 7.4 ilustra o armazenamento dos materiais.



Figura 7.4 - Armazenamento dos materiais

Tendo em consideração estas situações foi delineado um plano baseado na seguinte estratégia e metodologia:

Layout e Sequência de Armazenagem:

- Levantamento do *layout* existente;
- Elaborar um novo *layout* e sequência de armazenamento.

Armazenamento

Quando existem mais referências na caixa do que o adequado deve proceder-se da seguinte forma:

- Efectuar troca de caixa ou divisão por mais caixas, garantindo uma inequívoca identificação;
- Em todos os materiais:
 - Atribuição de localização em SAP;
 - Colocação de novas etiquetas com localização e código barras;
- Em caso de dúvida verificar no manual ou na linha de produção;
- Eliminar todos os materiais armazenados no chão;
- Retirar materiais obsoletos;
- Reorganizar a totalidade das estantes e materiais;
- Optimizar o espaço de armazenagem tendo em consideração a altura das caixas e o número de prateleiras permitidas;
- Numerar todas as prateleiras, e identificar as máquinas a que pertencem os materiais de forma explícita.

A Gestão visual

Em certas circunstâncias, a sequência “Necessidade de Material -> Ref.^a Fabricante -> Código Interno -> Localização no Armazém -> Material Adquirido” não se torna prática, quer pela dificuldade em obter o código do fabricante quer pela variabilidade das referências existentes, ou ainda pela fraca agilidade da pesquisa em SAP, pelos técnicos da

manutenção. Existem muitos casos em que a identificação visual é a forma mais lógica e rápida, tal como, por exemplo, um consumível eléctrico, como seja o caso de um contactor, em que a forma mais fácil de obtenção do mesmo é através de uma sequência visual lógica de “Material Eléctrico -> Contactores -> Tensão Comando -> Potência do Contactor”.

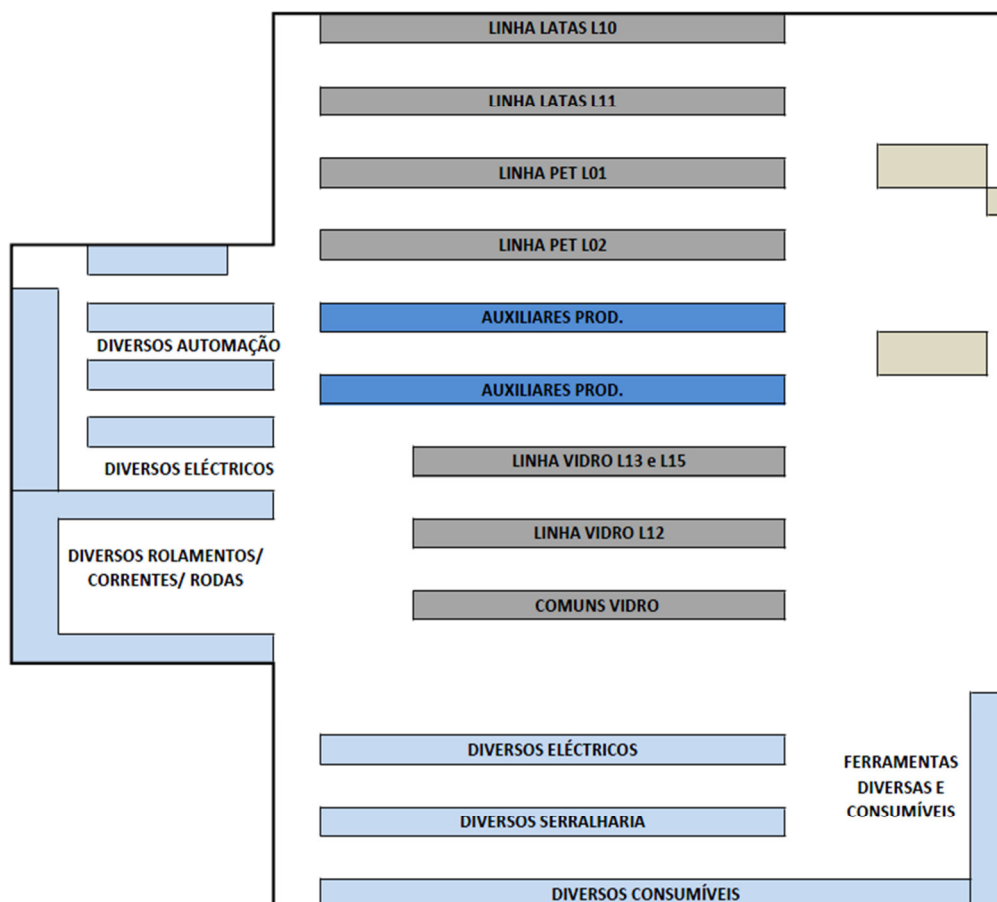
Inequivocamente, a gestão visual é um método que trás grandes benefícios em tarefas controladas pelo homem. Foi atendendo a este aspecto que, neste projecto, a gestão visual foi tida como muito importante, repercutindo-se em identificações exaustivas, sequências lógicas e colocação visível de todos os materiais.



Figura 7.5 - Armazenamento de materiais antes (esquerda) e depois (direita)

Layout

O armazém de peças é constituído por estantes e, nestas estão colocadas as diversas caixas de armazenagem. Cada estante pretende corresponder aos materiais de uma linha de produção, sendo a sequência de linhas instaladas actualmente na fábrica iniciada em um e acabando em 17. Inicialmente apurou-se que a sequência das estantes não estava de acordo com a sequência das linhas.

Layout antigoFigura 7.6 - *Layout antigo*

Foi também identificado que, para materiais não exclusivos, tais como os eléctricos, pneumáticos, automação, rolamentos e material de transportadores, não existia uma única estratégia, verificando-se a existência de materiais similares em diversos locais, e materiais eléctricos comuns nas estantes das peças-de-reserva específicas dos equipamentos. Esta situação dava origem a que, dependendo de cada situação, o técnico podia deslocar-se ao local do material eléctrico e pensar que esse material não existia quando o mesmo se encontrava nas estantes, mas no local de um equipamento específico.

Isto resultava que, para uma dada referência não fosse cumprida a desejada filosofia FIFO (*First In First Out*), fazendo com que materiais de gerações antigas ficassem em armazém e, paradoxalmente, por vezes acontecesse uma ruptura de *stock*.

Analisando a sequência de linhas e as necessidades de alguns tipos de materiais necessitarem de mais espaço, como é o caso dos rolamentos, dos materiais eléctricos, e

dos materiais de elevadas dimensões, foi desenhado um novo *layout* para o armazém, tal como se ilustra na Figura 7.7.

Novo layout

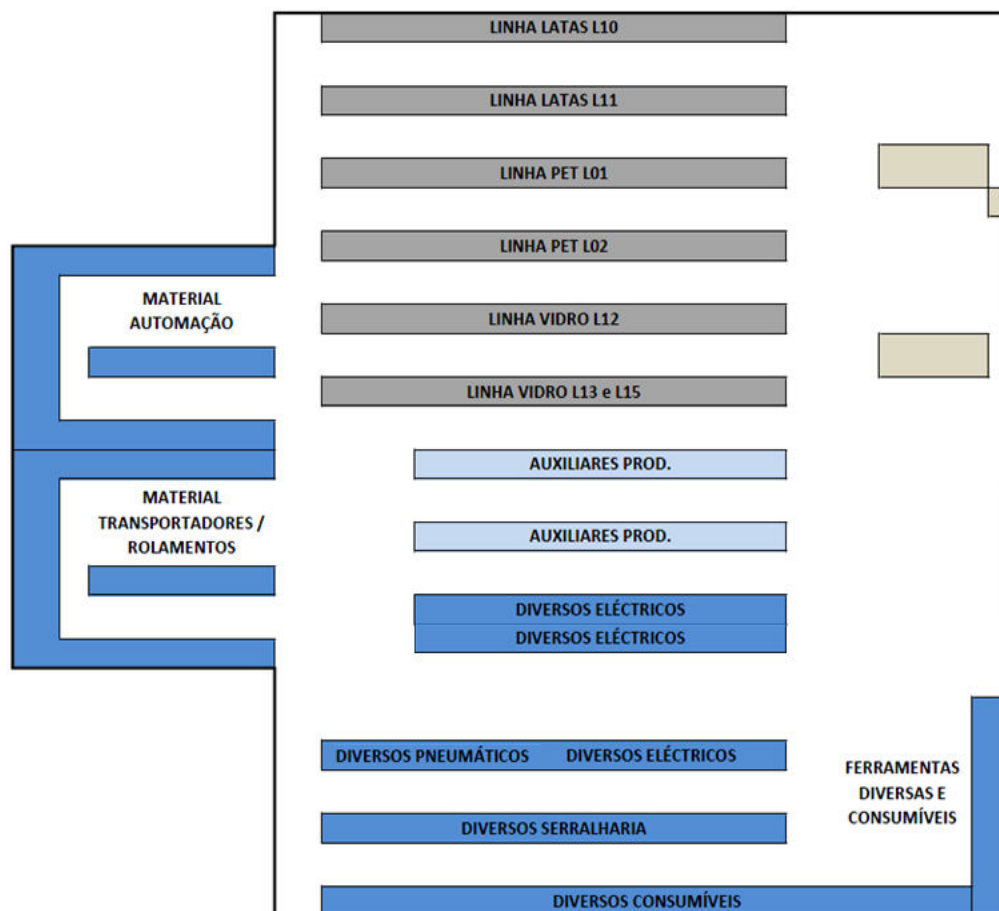


Figura 7.7 - Novo *layout*

Desta forma foram transferidos das prateleiras materiais comuns para locais centralizados de fácil acesso.

Armazenagem

Como resultado da migração dos códigos, as caixas de armazenagem que possuíam etiquetas com a designação do material e código SAP ficaram desatualizadas. Em alguns casos existiam materiais que não possuíam sequer etiqueta com a respectiva designação, mas apenas com o código de material. Por consequência, foram trocadas as etiquetas dos materiais por novas etiquetas, as quais também incluíam a localização física do material.

Armazenagem de Materiais Eléctricos e Rolamentos - A Gestão Visual

Uma vez que a maioria dos materiais eléctricos são, normalmente, comuns ou compatíveis, os mesmos possuem uma elevada taxa de rotação, sendo, muitas vezes, procurados directamente pelos técnicos de manutenção, não fazendo sentido, para a maioria deste tipo de materiais, a procura da referência interna e, posteriormente ir ao local indicado pelo sistema. Deste modo, a procura visual deverá ser a mais fácil e intuitiva possível. Foi com esta preocupação que foi implementada a reorganização destes materiais.

A metodologia da reorganização dos materiais eléctricos foi a seguinte:

- Separação do material eléctrico:
 - Material de ligação e acessórios
 - Caixas de derivação;
 - Ligadores;
 - Terminais;
 - Mangas termo retrácteis;
 - Lâmpadas;
 - Outros.
 - Comando e Protecção
 - Fusíveis;
 - Disjuntores;
 - Disjuntores-Motor;
 - Relés térmicos;
 - Contactores
 - Bobina Comando 12 VDC;
 - Bobina Comando 24 VAC;
 - Bobina Comando 48 VAC;
 - Bobina Comando 230 VAC;
 - Bobina Comando 400 VAC.
 - Sensores
 - Fotocélulas;
 - Sensores Indutivos;
 - Sensores capacitivos;
 - Outros.

Cada tipo foi ordenado seguindo a seguinte sequência:

- Caixas de Derivação, Ligadores e Terminais
 - Tamanho;
- Relés
 - Corrente de protecção (In);
- Contactores
 - Para cada tensão de bobina, potência;
- Fotocélulas, Sensores Indutivos e Capacitivos
 - Ordenação segundo a marca.



Figura 7.8 - Materiais eléctricos antes (esquerda), depois (direita)

Alguns materiais de grandes dimensões encontravam-se no chão ou em locais em eminência de queda. De modo a resolver este problema foram fabricadas internamente estruturas de suporte para esses materiais. Foram ainda adquiridas caixas de arrumação específicas para os materiais que, pela sua forma e dimensão, não eram fáceis de colocar nas prateleiras ou que estavam em caixas de cartão que se deterioravam com o tempo, tais como, por exemplo, lâmpadas, mangas, e cintas.

As caixas adquiridas foram em materiais transparentes, propositadamente para se poder ver o seu conteúdo sem necessidade de as abrir, priorizando, mais uma vez, a gestão visual. Desta forma, evita-se a perda de tempo na abertura e fecho de caixas, e reduz-se a probabilidade de, após abertas as mesmas ficarem desarrumadas, (Figura 7.9).



Figura 7.9 - Estruturas criadas para armazenagem

Para os materiais de grandes dimensões foi criada uma estrutura aérea, tal como se pode observar na Figura 7.10.



Figura 7.10 - Estrutura aérea de armazenagem de materiais grandes dimensões

As ferramentas não possuíam um local adequado para o seu armazenamento, estando sujeitas a quedas e a uma maior dificuldade no controlo das mesmas, (Figura 7.11).



Figura 7.11 - Ferramentas antes do projecto

Foram adquiridas estantes expositoras para as ferramentas e retiradas todas as ferramentas de locais susceptíveis a quedas (Figura 7.12).

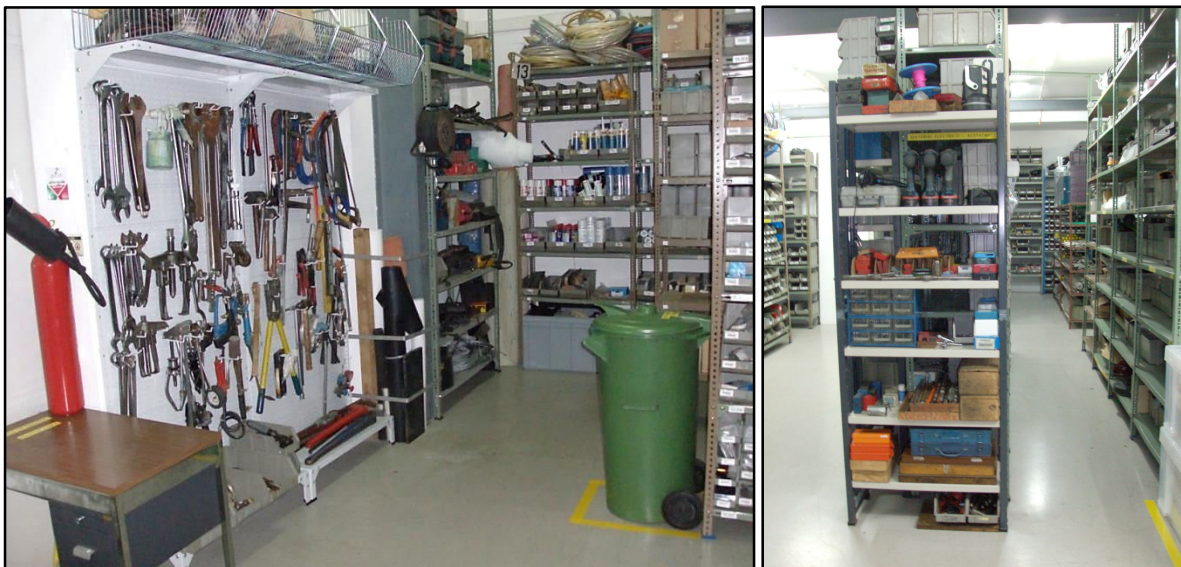


Figura 7.12 - Ferramentas após projecto

5S+1 - Segurança



Figura 7.13 - Materiais susceptíveis de causarem danos físicos aos utilizadores

Todos os materiais susceptíveis de quedas foram transferidos para locais horizontais onde ficaram em segurança.



Figura 7.14 - Armazenamento dos materiais após arrumação

Este projecto demonstrou que, apesar dos 5S serem uma das ferramentas básicas do *Lean*, a mesma revela uma elevada importância pois trata-se de um instrumento que permite a correcção de situações que têm um elevado impacto em diversos processos.



Figura 7.15 - Visão geral após término do projecto

7.2.2. Definição em SAP da Localização Física e Imagens de Peças-de-Reserva

A cada código SAP é possível atribuir a referência da sua localização física, tendo sido escolhida a seguinte estrutura:

A.ES.PA.CX

A - Número do armazém; neste momento existem dois armazéns;

ES - Número da estante ou armário em que se encontra o material, 1 a 35;

PA - Número da prateleira da referida estante, onde que se localiza o material;

CX - Caixa onde se encontra o material.

Exemplo:

1.03.06.13 - Armazém 1; Estante 3; Prateleira 6; Caixa 13.

Na Figura 7.16 é possível verificar o campo de preenchimento na tabela mestre do material, referente à sua localização física no armazém. Desta forma foram atribuídas cerca de 7.000 localizações em SAP.

Modificar material 317279 (Peças de Substituição)

Dados adicionais Níveis organizacion. Verificar dados de tela

MRP 4 Dds.centro/armazen.1 Dds.centro/armazen.2 Contabilidade fin.1

Material: 317279 Bellows refª 58876675S001

Centro: 1003 Pombal

Depósito: 03MA Manutenção

Dados gerais

Unid.medida básica	UN	Unidade	UM de saída
Posição no depósito	1.03.06.13	Área de picking	
Condição temperatura		Condições estocagem	
Instrução recipiente		Nº substância perig.	
Código inventário IR		Qtd.notas EM	
Tipo de etiquetagem		FormEtiqu	
☐ AdminLotObrig.			

Figura 7.16 - Definição em SAP da localização

Uma vez atribuída a localização em SAP é possível imprimir automaticamente etiquetas para identificação de material, onde já consta essa localização física. A etiqueta é composta pela designação do material, código SAP numérico, um código de barras e a localização do mesmo no armazém (Figura 7.17).



Figura 7.17 - Etiqueta dos materiais

O objectivo é que cada material em *stock* possua uma etiqueta na embalagem, e uma etiqueta na caixa onde se encontra armazenado (Figura 7.18).



Figura 7.18 - Materiais armazenados

Com esta localização atribuída, é possível, após a identificação do código SAP interno, a consulta simultânea da sua localização física e do *stock* existente, (Figura 7.19).

Seleção			
Material	317279	Bellows refª 58876675S001	
Tp.material	ERSA	Peças de Substituição	
Unid.medida	UN	Unid.medida básica	UN
Visão geral de estoques			
Exibição detalhada			
Mandante / empresa / centro / depósito / lote / lote especial		Utilização livre	Estoque em pedido
Total		8,000	60,000
1000 SUMOL+COMPAL MARCAS, S.A.		8,000	60,000
1003 Pombal		8,000	60,000
03MA Manutenção 1.03.06.13		8,000	60,000

Figura 7.19 - Consulta de quantidade e localização no SAP

Imagens das Peças de Reserva

Após a exploração de diversas capacidades associadas ao módulo de materiais em SAP verificou-se que este sistema permite associar a cada material outros documentos. Por sua vez, estes podem ter ligações a ficheiros externos à base de dados. Deste modo, idealizou-se uma colocação de imagens das peças-de-reserva no servidor e, de seguida, fez-se a criação de um documento de engenharia em SAP, onde é referenciada a imagem do servidor. Finalmente, constrói-se uma ligação ao documento de engenharia para o material, (Figura 7.20).

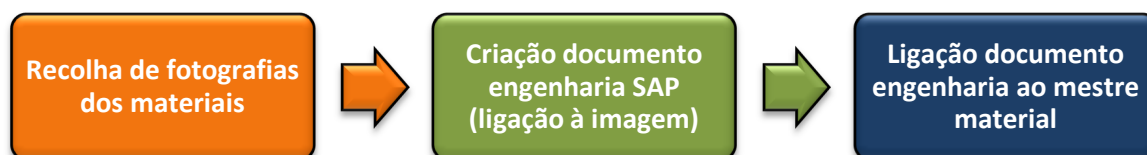


Figura 7.20 - Esquemático de associação imagem-material em SAP

Na Figura 7.21 pode observar-se a possibilidade de ver a foto do material.

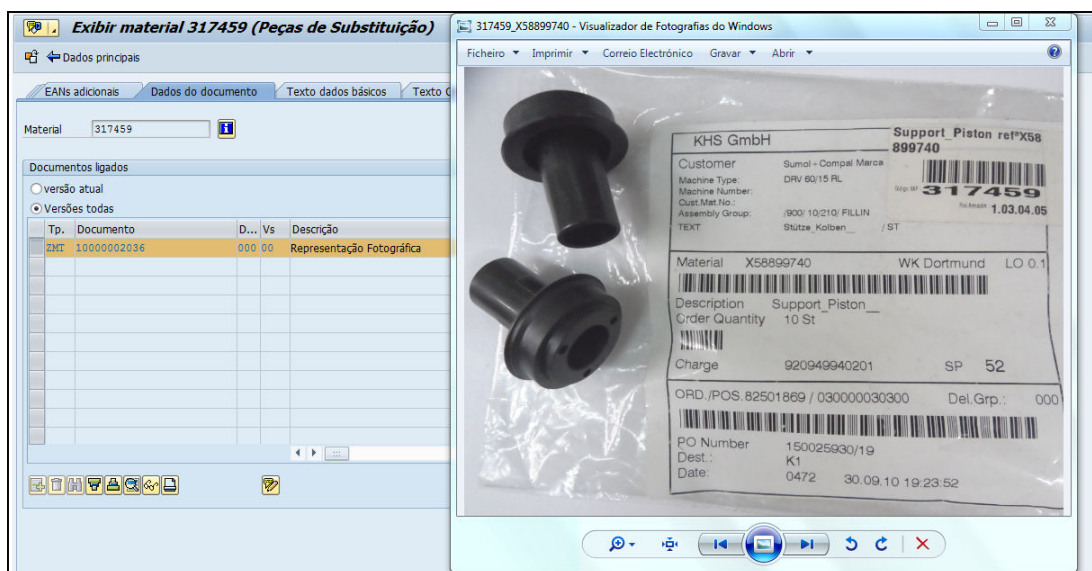


Figura 7.21 - Tabela mestre de material com foto

7.3. Eliminação de Referências Duplicadas

Devido ao facto de existirem equipamentos do mesmo fabricante mas que tinham sido transferidos de outras fábricas e, desse modo possuíam códigos SAP próprios, quando esses materiais foram transferidos para o armazém de manutenção de Pombal deparou-se com o facto de existirem referências duplicadas. Esta duplicação dificulta a gestão dos materiais, associada à diferente localização física no armazém para os mesmos materiais mas com códigos diferentes, o que se reflecte no seguinte:

- Ocupação de diferentes localizações, logo menos espaço para outros materiais;
- Tempo para verificação de equivalências de especificidade técnica dos materiais;
- Confusão para os utilizadores do armazém;
- Prolongamento temporal de alguns materiais em armazém.

A não identificação de material ou aparente ruptura de *stock* implica:

- Compra de material novo;
- Tempo de espera para entrega do material;
- Tempo de concepção e implementação de soluções alternativas, se possível;
- Atraso na intervenção de manutenção em questão.

Os códigos são criados segundo a seguinte estrutura: “descrição, referência, fabricante”; tal como se ilustra no seguinte exemplo:

- “Mola de compressão 1-099-04-167-0”

Detectou-se também que, nesses códigos duplicados, nalguns casos existiam descrições diferentes: alguns possuíam a descrição em Inglês; outros em Português. Também foram encontrados códigos em que, para o mesmo código de fornecedor foram utilizados elementos de ligação diferentes, tais como “.”, nuns casos e, noutros “-“.

A estes pormenores na descrição dos códigos acresce a dificuldade em encontrar referências duplicadas.

Assim, levou-se a efeito uma operação de identificação de referências duplicadas. Como o armazém possui registadas mais de 10,000 referências era incomportável a procura manual de cada uma *per si*. Por consequência, foi desenvolvido um algoritmo de pesquisa de todos os códigos baseado na eliminação de texto e na substituição dos símbolos “.” e “-“ pelo

símbolo comum “*”, atendendo a que tinham sido detectadas referências que tinham sido criadas com vários critérios, (Tabela 7.1).

Tabela 7.1 - Exemplo de várias referências duplicadas

Análise de Códigos Repetidos			
Material SAP	Descrição do material	Comum	Localização
310202	Mola de Compressão 1-099-04-167-0	1-099-04-167-0	1.04.37.02
310284	Mola Ø8x21x1,1 (Aberta) 1.99.04.167.0	1.99.04.167.0	1.06.10.02
315915	INTERRUPTOR FIM CURSO XCK-J5970	XCK-J5970	1.01.28.03
315922	INTERRUPTOR FIM CURSO XCS-A501	XCS-A501	1.11.12.12
309853	Int.Seg.Telemec XCS A501 ex Xck-J5970	XCK-J5970	1.11.12.19
314172	Junta Borb.KHS DN80-110319/301067089550	301067089550	1.06.42.14
314444	Seal_SV-80 refª301067089550	301067089550	1.03.15.08

Este tipo duplicação de referências gera, nalguns casos, longas estadias dos materiais, o que pode implicar uma elevada probabilidade da sua desactualização tecnológica, (Figura 7.22).



Figura 7.22 - Fins de curso de três gerações da mesma marca

7.4. Análise de Materiais Comuns e Materiais Sem Código SAP

Foram identificados no armazém vários materiais que, apesar de, aparentemente serem considerados consumíveis eléctricos, pneumáticos, rolamentos ou de automação, para os quais existem locais específicos, os mesmos se encontravam nas estantes das peças-de-reserva das linhas de produção. Esta situação assumia, à partida, uma especificidade de utilização nos equipamentos onde estavam armazenados, quando, de facto não era assim, tendo-se verificado que estes casos eram consequência de duas situações:

- Compra de *stock* inicial de peças-de-reserva para os referidos equipamentos;
- Utilização regular daquelas peças-de-reserva naqueles equipamentos.

As consequências deste tipo de gestão são as seguintes:

- Existência do mesmo tipo de materiais em dois locais distintos;
- Existência de dois códigos para o mesmo tipo de material;
- Ausência destes materiais nos locais adequados o que, por vezes, gerava uma aparente inexistência do material;
- Armazenamento de longa duração com a consequente desadequação tecnológica. Em alguns casos, quando existia a necessidade do material recorria-se ao local dos materiais, dando origem a que os materiais que se encontram alocados às linhas ficassem eternamente nas prateleiras.

De modo a evitar-se ao máximo este tipo de situações procedeu-se à análise destes casos, sendo os mesmos, na sua maioria, transferidos para os locais comuns, isto é, para as prateleiras e caixas onde é suposto pertencerem. Para que, em caso de dúvida ser mais fácil a sua identificação foram colocadas etiquetas a informar sobre qual o equipamento a que pertenciam, prevalecendo assim a Gestão Visual.

O seguinte caso ilustra um exemplo prático da situação exposta:

- Quando um técnico necessita de uma fotocélula para o *Paletizador Alsim da linha PET L02* e o mesmo se dirigir à prateleira das fotocélulas encontrará imediatamente uma com atribuição de utilização àquele equipamento, (Figura 7.23).



Figura 7.23 - Exemplo de indicação da localização anterior do material

Análise de materiais sem código

Foram ainda encontrados materiais que, aparentemente, não possuíam nenhum código SAP interno ou, pelo menos, não tinham assinalado o referido código, podendo estes materiais ter sido sobranes de alguma intervenção de manutenção e, por alguma falha pontual, não terem sido contabilizados no *stock* do referido material. Assim sendo, em termos de sistema informático, estes materiais não existem, o que provoca uma difícil gestão dos mesmos.

As consequências práticas desta situação são as seguintes:

- Aparente ruptura de stock, logo urgência na compra dos materiais;
- Tempo perdido a retirar de outro equipamento, quando tal for possível;
- Tempo perdido na procura de fornecedor com o mais rápido prazo de entrega;
- Custos adicionais por entrega urgente;
- Máquina inoperacional quando houver inexistência de material compatível noutro equipamento.

Todas estas situações são provocadas por uma ruptura fictícia de stock, devido ao facto dos respectivos materiais terem sido adquiridos sem o respectivo código interno, o que implica que, para o sistema informático não existem e, na procura manual nem sempre sem consegue encontrar este tipo de materiais.

Nesta perspectiva, procurou-se minimizar este tipo de situações, sendo uma forma de as precaver através da redução drástica da compra de materiais sem a utilização de código interno. Nos materiais existentes procedeu-se a uma análise e tratamento dos mesmos segundo o algoritmo ilustrado na Figura 7.24.

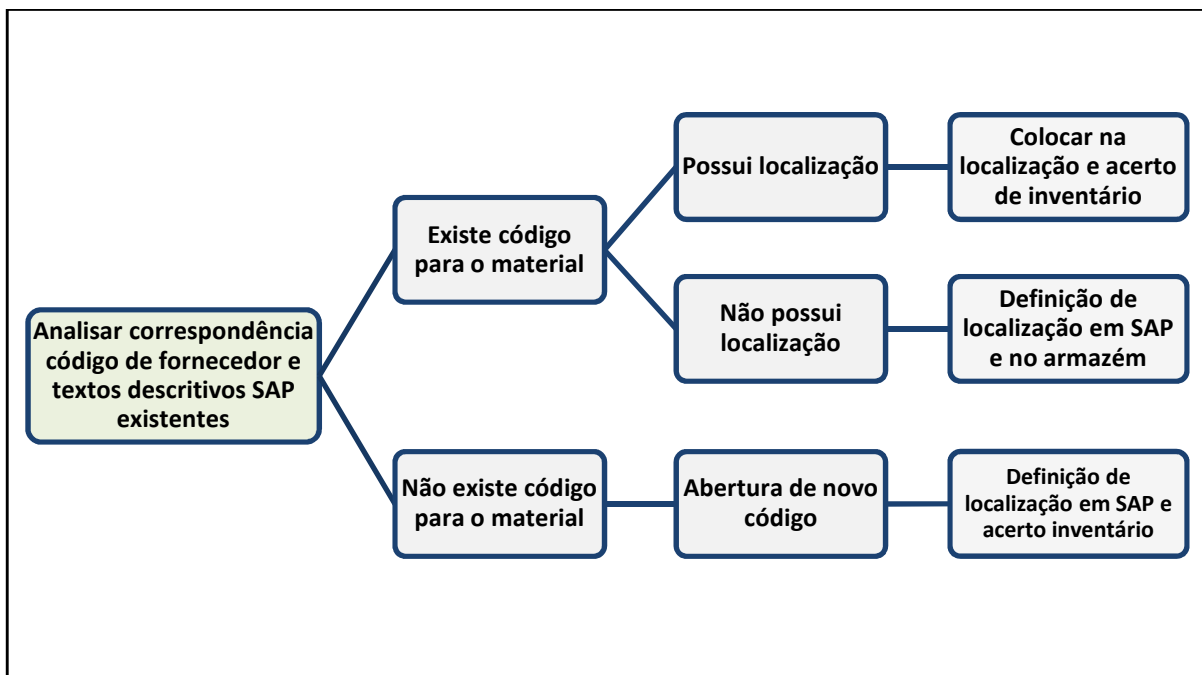


Figura 7.24 - Algoritmo de análise de materiais sem código

7.5. Listas Técnicas Materiais (BOM)

Apenas seguindo uma premissa de rastreabilidade se pode chegar a uma relação inequívoca de pertença de cada peça-de-reserva. É fundamental que para cada uma seja possível verificar a que equipamento pertence, da mesma forma que a cada equipamento seja possível identificar os materiais que o constituem. Estas informações constam dos manuais dos equipamentos, mas nem sempre são de fácil procura e, após a mesma é sempre necessário encontrar o código interno do material.

Com esta abordagem existe a necessidade de fazer o cruzamento deste tipo de informação. A forma de, no SAP se poder efectuar esta triagem é através da criação de uma lista de materiais constituintes do equipamento, a qual também é chamada de BOM (*Bill of Materials*).

Assim, é possível verificar estruturalmente os códigos internos de materiais pertencentes a cada equipamento. É ainda possível fazer a procura da lista técnica (equipamento) a que um dado material pertence. Fica assim patente a relação “material -> equipamento” e “equipamento -> material”, (Figura 7.25).

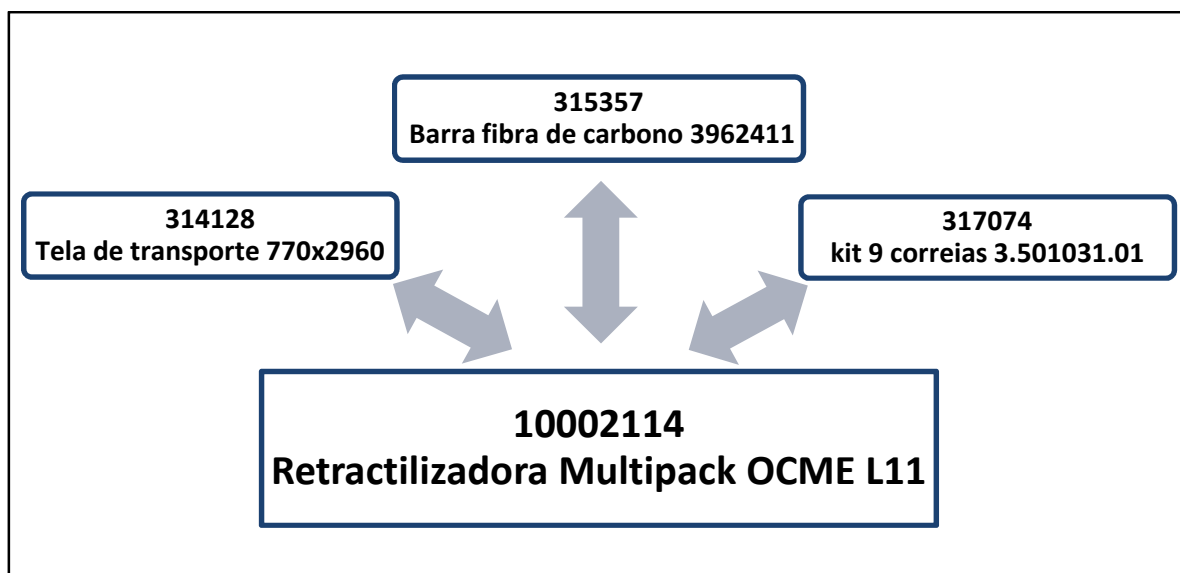


Figura 7.25 - Relações das peças-de-reserva com o respectivo equipamento

Deste modo, foram construídas as listas técnicas de equipamentos e agregadas à estrutura de SAP manutenção.

Um exemplo prático do que acaba de ser exposto é o seguinte:

- Dois equipamentos, da mesma marca, com as mesmas funções, mas de modelos diferentes.
- Utilizam resistências de aquecimento mas de potências diferentes. Um utiliza dois tipos, de 10W e 22W; outro utiliza somente um tipo de 16W. O aspecto exterior é idêntico. O técnico ao substituir as resistências enganou-se e colocou uma de 16W no local de uma de 22W. Este equívoco teve como consequência a ocorrência de

problemas cíclicos com entupimento de tubagem, e ainda implicou a troca do bico do injector.

Quando se aprofundou o problema, verificou-se que a resistência tinha sido trocada por uma errada. Este problema teria sido facilmente evitado se o técnico pudesse ter recorrido a uma lista de peças do equipamento, tal como a apresentada na Figura 7.26.

10002408 Doseador Azoto Liquid NITRODOSER HSV L10			
•	317824	Valve stem assembly ref. 47319	I
•	317825	Solenoid coil assembly ref. 48811	I
•	317826	Vent heater 22W ref. 48265	I
•	317827	Outlet heater 10W ref. 48068	I

Figura 7.26 - Lista técnica de materiais do Doseador Azoto

Com a construção das listas técnicas, e da colocação das imagens, torna-se possível consultar os dados dos materiais de forma exaustiva, tais como a que equipamento pertencem, ou quais as peças constituintes do equipamento, as fotos dessas peças e a quantidade em stock, (Figura 7.27).

The screenshot displays a software interface with two main windows. The left window, titled 'Exibir loc. instalação: Lista de estrutura', shows a hierarchical list of materials under the heading 'Fábrica de Pombal'. The list includes various components like 'Codificador Latas Inkjet', 'Codificador Laser DOMINO', and 'Inspeção de Garrafas Cheias'. The right window, titled 'Mestre de materiais - ligação com documentos', shows a photo of a component (a support roller) with a technical drawing overlay. The drawing includes a barcode and text identifying the material as '301104624810' and 'Support roller ref*301104624810'.

Figura 7.27 - Lista técnica de materiais de equipamento e foto

7.6. Melhorias em Teste

Devido à complexidade ou tamanho de algumas das medidas de eliminação de desperdício identificadas houve o objectivo de efectuar apenas testes para validar a exequibilidade e as vantagens das mesmas.

Desta forma, foram testadas duas medidas: uma no âmbito da redução do trabalho improdutivo, na abertura manual das ordens de manutenção; outra como medida de redução dos atrasos, retrabalho e trabalho improdutivo nas acções de substituição de peças-de-reserva.

7.6.1. Abertura Automática de Ordens de Manutenção

Actualmente, as ordens de manutenção são utilizadas para segregação de consumos de materiais e serviços de manutenção, alocando os custos a cada equipamento e permitindo a segregação de custos por equipamento. Não se utilizam para controlar os trabalhos em execução, nem os trabalhos a executar. Deste modo, a estratégia utilizada consiste na abertura de ordens de manutenção correctiva trimestralmente. Caso ocorra alguma intervenção de manutenção de elevado valor, poderá ser aberta uma ordem de manutenção para registar e alocar os custos dessa intervenção.

Para as manutenções preventivas são abertas ordens para cada intervenção; normalmente anual ou semestralmente.

O que se verificou é que é necessário despende muito tempo para abrir estas ordens de manutenção. A execução desta operação em SAP é uma tarefa repetitiva e nada motivante, sendo um desperdício de tempo.

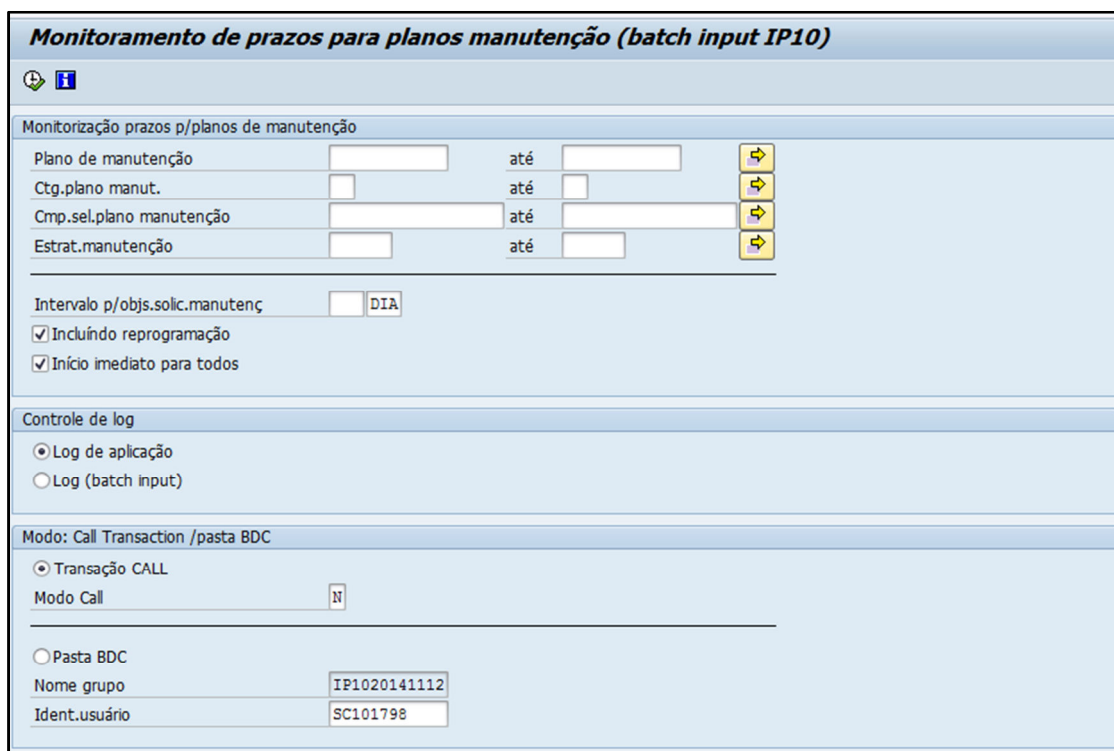
Deste modo, procurou-se uma forma automática de efectuar estas operações repetitivas. Após a exploração do módulo de gestão de manutenção foi detectada uma operação que permite a criação e gestão de planos de manutenção dos equipamentos em SAP. Na Figura 7.28 é possível observar a configuração do plano.

Figura 7.28 - Parametrização de plano de manutenção

Podem ser introduzidas as diversas características destes planos, assim como o início do mesmo. É ainda possível fazer a solicitação manual do plano, (Figura 7.29).

Figura 7.29 - Programação de prazos para plano

Após a definição em SAP dos planos de manutenção de cada equipamento, do tipo de objectos daí resultantes, tipo de ordem de manutenção, etc., é possível, através da execução de uma única operação, fazer a abertura das todas as ordens para o período desejado, (Figura 7.30).



Monitoramento de prazos para planos manutenção (batch input IP10)

Monitorização prazos p/planos de manutenção

Plano de manutenção até 

Ctg.plano manut. até 

Cmp.sel.plano manutenção até 

Estrat.manutenção até 

Intervalo p/obj.solic.manutenç DIA

☒ Incluindo reprogramação

☒ Início imediato para todos

Controle de log

☒ Log de aplicação

☐ Log (batch input)

Modo: Call Transaction /pasta BDC

☒ Transação CALL

Modo Call

☐ Pasta BDC

Nome grupo

Ident.usuario

Figura 7.30 - Execução de operação de execução dos planos

Após a abertura automática das referidas ordens de manutenção, apenas é necessário autorizar a sua utilização. Na Figura 7.31 encontra-se uma ordem de manutenção criada automaticamente.

Figura 7.31 - Ordem de manutenção criada automaticamente

Desta forma, é possível minimizar o tempo improdutivo desperdiçado em aberturas de ordens de manutenção e ainda reduzir a probabilidade de erro humano nesta operação.

O tempo libertado nestas operações poderá passar a ser dedicado à melhor gestão das peças-de-reserva e a actividades de identificação de materiais alternativos aos existentes, aumentando as possibilidades de compra e, eventualmente reduzindo custos e prazos de entrega.

7.6.2. Identificação de Peças-de-Reserva (Spare Parts)

Parte de dois dos desperdícios identificados, atrasos e retrabalho, são consequência da dificuldade do técnico, após suspeitar da existência de uma peça danificada, conseguir saber exactamente o código interno, ou mesmo se esta existe, para poder pedir ao fiel de armazém qual a peça que pretende. Caso esteja num período em que o armazém está encerrado, necessita saber onde está localizada a peça que necessita.

Apesar das localizações físicas atribuídas aos materiais, que facilitam a localização dos mesmos, existe a necessidade de conseguir fazer a sua identificação e de saber a existência ou não de materiais em *stock*.

Desta forma, foi criada uma ferramenta de teste, que pretende avaliar a mais-valia deste tipo de inovação, a qual pretende introduzir as novas tecnologias de informação na actividade manutenção, permitindo auxiliar a identificação de peças-de-reserva através de uma lista de peças visual e do local onde as mesmas se encontram no armazém.

Pretende ainda ser um auxiliar às montagens complexas de peças e na ajuda ao planeamento das intervenções através de uma avaliação mais assertiva.

Esta ferramenta foi desenvolvida em *html*, baseada em ambiente *web*. Nesta fase de teste foi apenas desenvolvida a estrutura base e criada toda a informação relacionada com um equipamento de teste.

Esta ferramenta pode ser executada em qualquer dispositivo que permita visualizar páginas *web*, sejam fixos, tais como computadores, ou móveis, como *smartphones* e *tablets*. Sendo neste último a visualização mais optimizada por ter sido concebida para esta aplicação, (Figura 7.32).



Figura 7.32 - Home page partfind

É possível escolher entre dois menus principais, a identificação de peças e as localizações no armazém. A primeira exhibe uma lista de equipamentos e, após a selecção do mesmo, são apresentadas as várias imagens do equipamento onde se encontram assinalados os seus conjuntos distintos, (Figura 7.33).



Figura 7.33 - Identificação peças da envolvidora

Após a escolha de qual dos conjuntos o utilizador pretende observar, o mesmo é mostrado em pormenor e as peças-de-reserva que existem em armazém, bem como a sua imagem e o seu local de armazenamento, (Figura 7.34).



Figura 7.34 - Peças da envolvidora e sua localização em armazém

No menu *Localizações no Armazém* é possível verificar as localizações das peças identificadas, bem como, de forma aproximada, de qualquer peça desde que se conheça o equipamento a que pertence, (Figura 7.35).

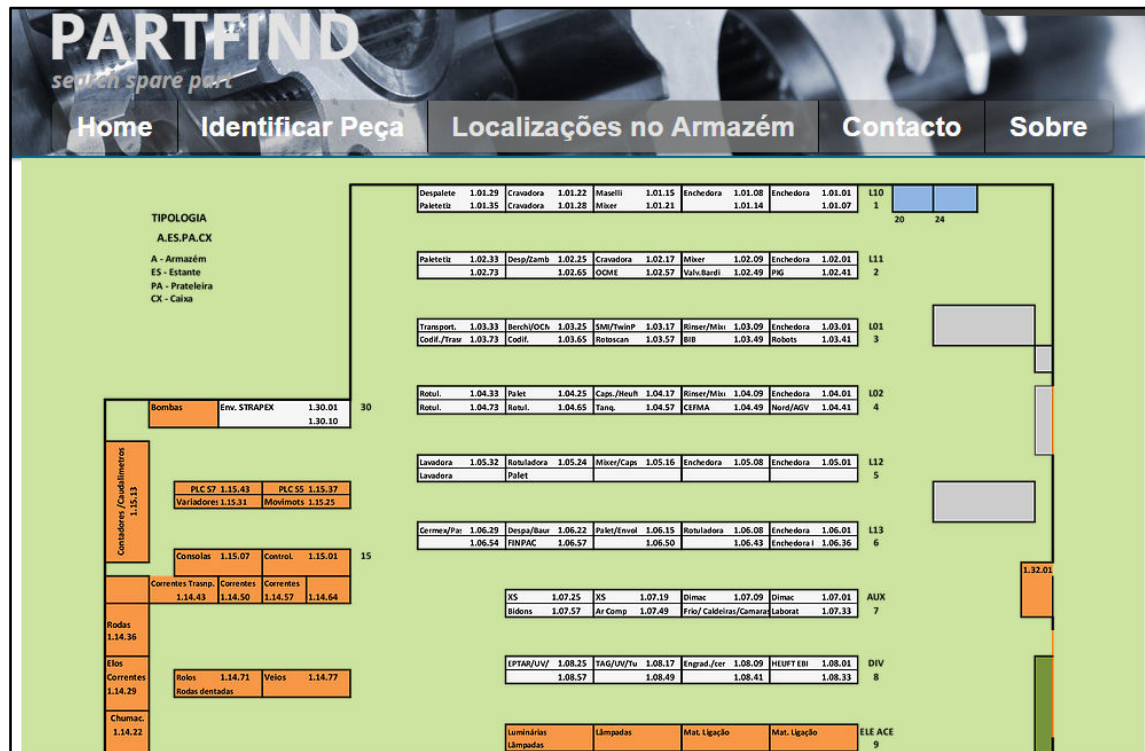


Figura 7.35 - Visualização do mapa do armazém

Esta ferramenta pretende validar a mais-valia da disponibilização directa de informação sobre as peças-de-reserva aos técnicos de manutenção, bem como da possível incorporação de mais informação, como seja, esquemas de montagem, vídeos de montagem, cuidados especiais, parâmetros de funcionamento e manual do equipamento.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

8. Aplicação da Filosofia Lean na Gestão de Energia

A filosofia *Lean* foca-se essencialmente na eliminação dos desperdícios e na melhoria da eficiência dos processos. Com a mesma analogia dos processos de produção, pode aplicar-se essa mesma visão à gestão de energia, pois são exactamente os desperdícios que se tentam eliminar, bem como melhorar a eficiência dos processos energéticos. É a procura da eliminação sistemática dos desperdícios que será abordada neste capítulo.

Serão avaliados detalhadamente todos os grandes sistemas energéticos, a fim de serem identificadas as suas fontes de desperdício. Para auxiliar nessa identificação serão comparadas as práticas e sistemas existentes com as melhores práticas energéticas nas respectivas áreas. Os desperdícios serão quantificados de forma a facilmente serem objecto de análise financeira, caso as medidas de melhoria impliquem investimento.

A unidade industrial *Sumol+Compal* de Pombal caracteriza-se por consumir essencialmente duas formas de energia: eléctrica; e gás natural. Na Figura 8.1 é possível verificar que a distribuição de energia primária em *GJ*, unidade do sistema internacional de energia, e em TEP³, que esta unidade representa a energia em comparação a uma forma de energia disponível na natureza, o petróleo. A diferença na distribuição reside na forma de cálculo das TEP da energia eléctrica. A fórmula de cálculo tem em conta o rendimento médio das centrais de produção de energia eléctrica em Portugal. Desta forma, a energia eléctrica, como é o resultado de uma transformação de energia, é penalizadora para a empresa em termos de TEP (Figura 8.1).

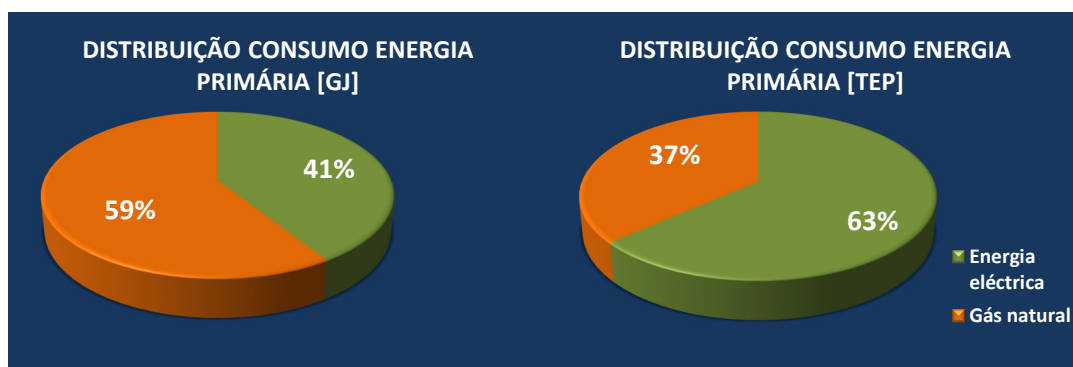


Figura 8.1 - Distribuição consumo energia primária

³ Tonelada Equivalente de Petróleo

8.1. Metodologia

De forma a criar um ponto de partida foi caracterizado o perfil energético da unidade industrial através da extrapolação e estimativa de consumos dos principais sistemas, de forma a poderem ser estabelecidas prioridades. Para se poder estimar o potencial de poupança foi utilizada a metodologia de *assessment*, tal como na avaliação à gestão da manutenção. Nesse sentido foram utilizados diversos *scorecards* baseados nas práticas e sistemas existentes, os quais posicionam as práticas e equipamentos existentes em relação às melhores práticas, numa escala de 1 a 3. Após os dados preliminares foi utilizada a metodologia de *assessment* em cada sistema de uma forma pormenorizada. Nos anexos II e III é possível verificar a pontuação e a metodologia destes *scorecards*.

Após a comparação entre as práticas existentes e as melhores práticas recomendadas, baseadas na informação disponibilizada pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos da América (DOE), através dos seus gabinetes para a área da eficiência energética, obtém-se um conjunto de ferramentas, manuais das melhores práticas, e procedimentos e metodologias de actuação para a área energética industrial. Foi utilizada a filosofia *Lean Genchi Genbutsu (gemba)* ou, do inglês, *go and see*, no qual as situações devem ser verificadas no local onde acontecem e não segundo um *reporte*.

Foi também utilizada uma ferramenta *Lean*, o diagrama de *Ishikawa*, ou diagrama de causa-efeito, para estruturar os desperdícios de energia identificados em cada sistema e identificar-lhes a causa. Desta forma, estes desperdícios e ineficiências ficam claros e perceptíveis as acções a tomar de modo a corrigir as causas raiz destes desperdícios.

8.2. Auditoria aos Sistemas

Após a análise dos vários equipamentos, das suas potências e das suas horas de funcionamento foi possível definir quais os principais sistemas consumidores de energia. Assim sendo, recorrendo a registos efectuados anteriormente e a medições pontuais efectuadas foi possível estabelecer uma distribuição dos consumos.

A partir da análise das facturas de energia eléctrica e de gás natural referentes ao ano de 2013, chegou-se à distribuição de custos ilustrada na Figura 8.2.

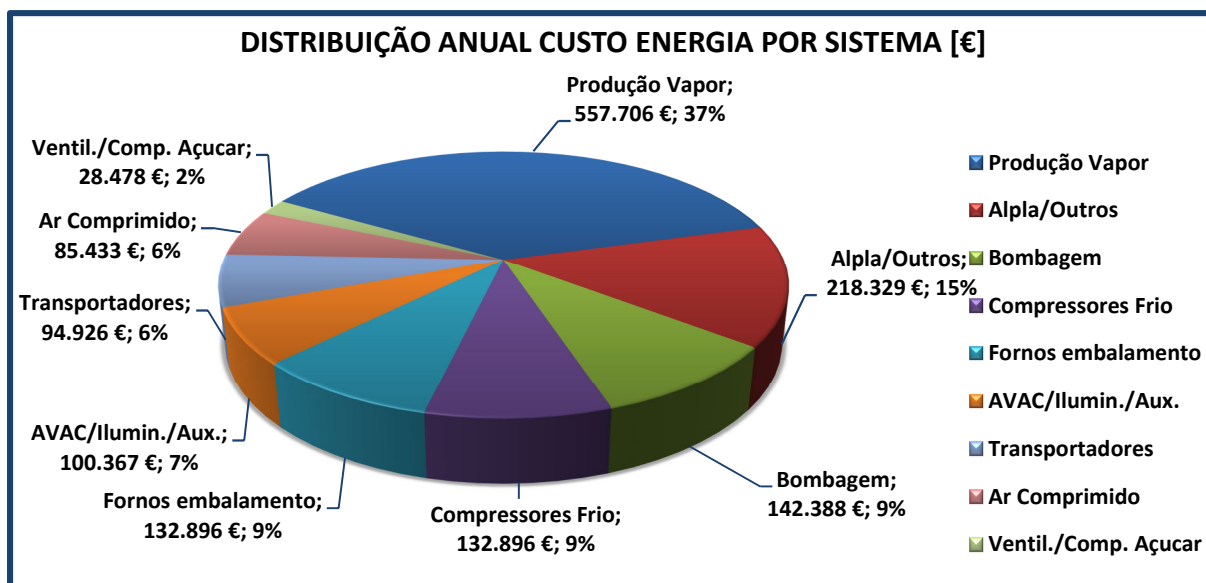


Figura 8.2 - Distribuição custo energia por sistema 2013

Pode verificar-se que o sistema de produção de vapor é, por si só, um grande consumidor. Na Figura 8.3 é possível verificar o peso dos principais sistemas eléctricos.

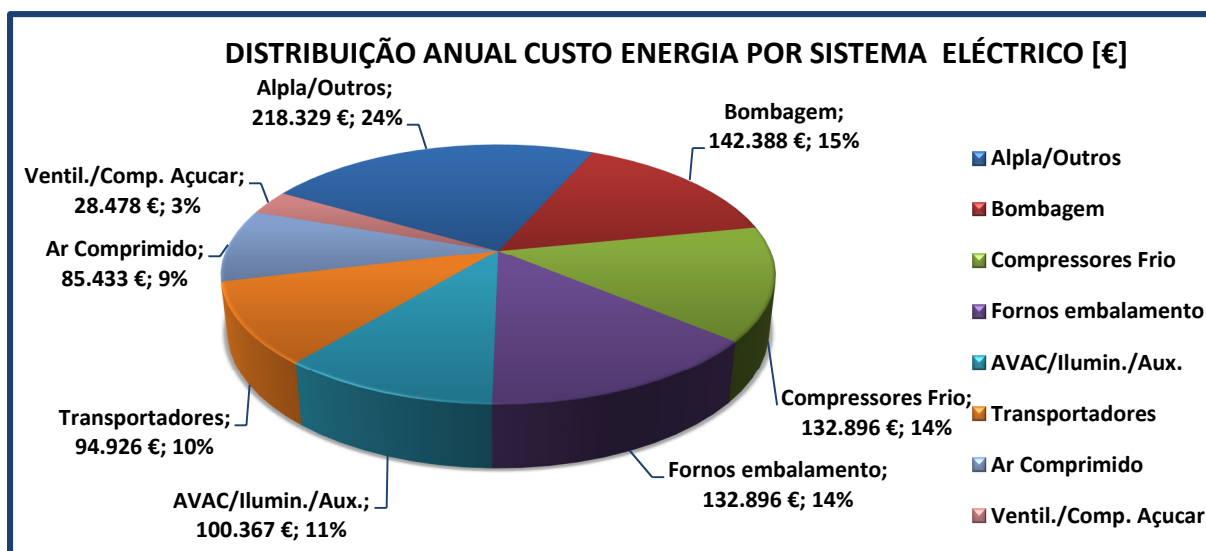


Figura 8.3 - Distribuição custo energia eléctrica 2013

Com base na análise das figuras ficou perceptível que os sistemas de Vapor, Bombagem, Frio, Fornos de Embalamento e Ar comprimido são os que possuem um peso energético mais elevado. Os transportadores, a ALPLA - sistemas locais de produção de garrafas, o AVAC, a Iluminação e Auxiliares, apesar de terem um peso considerável, agrupam muitos equipamentos. Atendendo a que a secção de produção de garrafas PET está subcontratada não será objecto de estudo neste projecto.

8.2.1. Produção e Distribuição de Vapor

Os sistemas de vapor são caracterizados por serem sistemas de transporte de uma grande quantidade de energia, sem recurso a meios auxiliares, tais como bombas. Este facto deve-se às propriedades termodinâmicas do vapor de água, nomeadamente devido à sua entalpia de evaporação ser muito superior à da fase líquida (U.S. Department of Energy, 2012).

Nesta unidade industrial o uso vapor é fundamental. É, na sua generalidade, para aquecer água, bebida ou soluções de soda cáustica. Nas bebidas pasteurizadas, o vapor exerce um papel fundamental, permitindo efectuar o processo de pasteurização que garantirá uma conservação prolongada.

Devido a esta amplitude de utilização, existe uma rede de distribuição de vapor em toda a fábrica. O vapor é produzido na central de vapor através de duas caldeiras de vapor de 8ton/h que funcionam alternadamente, permitindo sempre a existência de uma reserva. O vapor produzido a 8,5 bar na central é enviado para os pontos de consumo onde possui postos de redução de pressão para 4 e 6 bar. Nesses pontos de consumo, o vapor é passado novamente ao estado líquido através da transferência de energia para o produto a aquecer, retornando novamente à central de vapor.

A central possui um depósito de recolha de condensados, onde recebe todos os condensados recuperados nas linhas e incorpora água nova para completar as necessidades.

A Central de Vapor

A central de vapor é constituída por duas caldeiras de vapor saturado do tipo tubos de fogo de 8ton/h, alimentadas a gás natural, que funcionam alternadamente, permitindo sempre a existência de uma reserva. As duas caldeiras estão equipadas com queimadores modelantes, ajustando o nível de combustão às necessidades. Estão também instalados dois economizadores, um em cada caldeira o que possibilita a recuperação de algum calor dos gases de combustão.

A central não possui desgaseificador térmico, sendo a desoxigenação da água efectuada através de produtos químicos.

Na Figura 8.4 encontra-se um esquemático da central de produção de vapor.

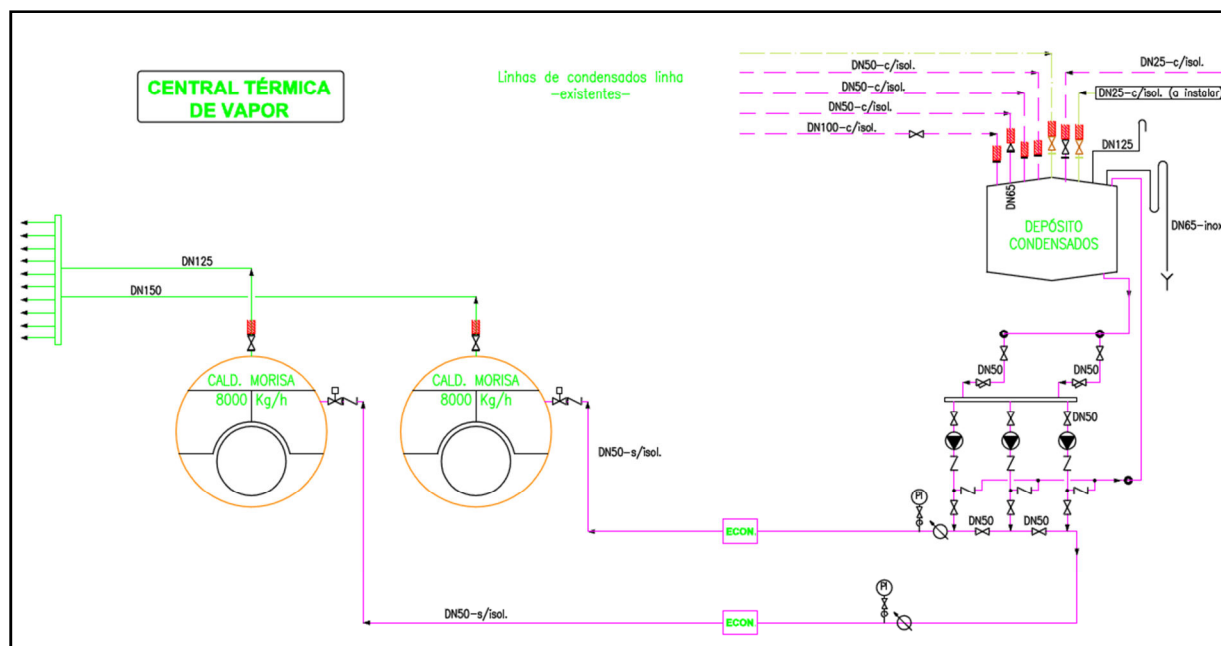


Figura 8.4 - Esquema de princípio da central de vapor

Após a análise detalhada da central de produção de vapor foi possível constatar que a mesma possuía vários desperdícios, conduzindo assim a potenciais melhorias energéticas.

Desperdícios identificados na central

Os queimadores de gás natural existentes não possuem leitura de O_2 e CO da combustão. Este facto leva a que, mesmo após afinação, com as variações de temperatura e consequente densidade do ar, a quantidade de O_2 presente num dado volume varia. Essa variação pode provocar falta de O_2 na combustão, o que representará um nível de CO elevado devido à ausência de O_2 para efectuar a combustão completa. Por forma a não ocorrer este tipo de situações, os queimadores são, normalmente afinados com excesso de O_2 , o qual, por sua vez, provoca um arrefecimento da combustão desnecessário logo, uma perda de energia, (ADENE,2010).

Adicionalmente, os queimadores existentes possuem um controlo modelar, o qual é efectuado através de um registo mecânico. Quando as necessidades de vapor são baixas e o queimador se encontra num ponto de modelação baixo, o ar é estrangulado pelo registo mecânico, mas o ventilador continua na sua velocidade nominal. Comparando com as melhores práticas existentes, conclui-se que a instalação de um sistema de controlo da velocidade do ventilador em função da quantidade de O_2 e CO encontrada nos gases de combustão permitiria uma dupla redução de consumo: por um lado, em cargas baixas o

ventilador consumiria menos energia eléctrica, pois forneceria apenas a quantidade exacta de ar, reflectida em O_2 , para efectuar a combustão; por outro lado, com a monitorização contínua do teor de O_2 e CO nos gases de escape, permitiria fornecer à combustão a quantidade certa de O_2 , não tendo, em nenhum momento, nem falta nem um excesso de O_2 .

Foi constatado que ambas as caldeiras não possuem purgas de superfície, contêm apenas purgas de fundo, não possibilitando um adequado controlo do nível de TDS⁴. O nível de TDS é um ponto crítico, pois com valores muito elevados criam-se problemas na qualidade do vapor produzido. Essa qualidade é deteriorada pelo nível de humidade presente no vapor, podendo, em alguns casos, provocar mesmo arrastamentos de água para as linhas de vapor, (Spirax Sarco, 2007).

Neste momento são utilizadas as purgas de fundo, originalmente concebidas para retirar lamas do fundo da caldeira, para tentar corrigir o nível de TDS. Verificou-se, através das análises de água e condensados que, apesar da taxa de purgas de fundo elevada neste momento, não se está a conseguir atingir o objectivo de possuir um nível de TDS controlado. O aumento das purgas actuais levaria a perdas ainda superiores, pois em cada purga efectuada são desperdiçados cerca de 100l de água a 150°C.

Propõe-se assim a instalação de um sistema de purga contínua de superfície, controlado por uma sonda de condutividade e uma válvula modeladora. Este sistema pretende retirar os sólidos que se encontram à superfície da água. O caudal de purga é reduzido e controlado através da medição contínua do nível de TDS. As purgas de fundo passariam a ser efectuadas apenas muito pontualmente de modo a retirar os sólidos depositados no fundo da caldeira.

Apesar deste novo caudal de purgas ser menor do que o existente, será sempre um desperdício. Desta forma, e uma vez que a instalação deste novo tipo de purga possibilitará a recuperação desta energia desperdiçada, a mesma seria efectuada através de um depósito de expansão de purgas e recuperação de calor.

Este sistema é constituído por um depósito onde é efectuada a despressurização da água quente, processo que provoca a evaporação de parte da água (vapor *flash*). Este vapor seria reintroduzindo no sistema de alimentação de água nova permitindo assim a poupança

⁴ TDS - *Total Dissolved Solids* - nível de sólidos dissolvidos na água.

de energia e de água tratada. A água quente remanescente no depósito passará por um permutador de calor e transferirá o calor para a água nova de alimentação.

O sistema de alimentação de água à caldeira actual é efectuado através de uma electrobomba de velocidade fixa. Como as necessidades de vapor são variantes, existe uma válvula modeladora à entrada da caldeira garantindo assim o abastecimento modelante à caldeira. Este sistema efectua o controlo de caudal de abastecimento à caldeira através da estrangulação de caudal, o que representa um desperdício de energia eléctrica na bomba de alimentação. Propõe-se assim a substituição deste sistema, por outro de alimentação por bomba com variação de velocidade em função das necessidades de água.

Distribuição

A distribuição de vapor é efectuada através de uma rede de tubagens de várias centenas de metros e alimenta os diversos consumidores. A rede é constituída por três tipos de pressão: a de alta pressão, que corresponde à pressão de produção na central; e as de consumo, que poderá ser de 4 ou 6 bar. De modo a efectuar esta redução de pressão são utilizados postos de redução de pressão. Após a análise da rede de distribuição, verificou-se que algumas tubagens se encontram sem isolamento térmico, e outras com o isolamento degradado. Foram também detectadas válvulas sem isolamento. Esta ausência de isolamento provoca grandes perdas energéticas, uma vez que o vapor saturado produzido possui uma temperatura na ordem dos 170°C levando à existência de uma grande diferença térmica face à temperatura ambiente, reflectindo-se numa elevada taxa de transferência térmica.

A rede também possui alguns depósitos de recolha de condensados para o posterior bombeio para a central de vapor. Alguns destes depósitos também não possuem isolamento. Ligados a estes depósitos encontram-se algumas tubagens oriundas de purgadores da linha de alta pressão. Atendendo a que estes purgadores se destinam a eliminar das linhas condensado de alta pressão, quando este condensado é despressurizado provoca o vapor *flash* que acaba por se escapar no respiro do depósito de recolha de condensados. Este fenómeno é minimizado quando o condensado deriva de um equipamento final, pois a despressurização é muito menor.

Após a análise da rede, propõe-se o isolamento de todas as tubagens e válvulas em falta. Propõe-se ainda o isolamento de tanques de condensados e a alteração nas tubagens de

purgadores de alta pressão, de modo a que este condensado seja enviado directamente para a central de vapor nas linhas de retorno de condensado.

Foram ainda detectados troços de rede fora de utilização, mas que se encontravam em carga. Verificou-se também a inexistência de válvulas de seccionamento de tubagens que estejam temporariamente fora de uso ou da não utilização das mesmas. Estas situações provocam perdas térmicas nas mesmas, além da acumulação de condensado.

Consumo de Vapor

O vapor é consumido por cerca de oito consumidores principais, os quais, pela sua importância, possuem instalados contadores de vapor de modo a ser possível analisar os seus consumos. Existem alguns consumidores adicionais, mas que, pelo seu baixo peso relativo, não se encontram abrangidos pelo sistema. Foi possível elaborar o gráfico de distribuição de consumos de vapor da unidade industrial, (Figura 8.5).

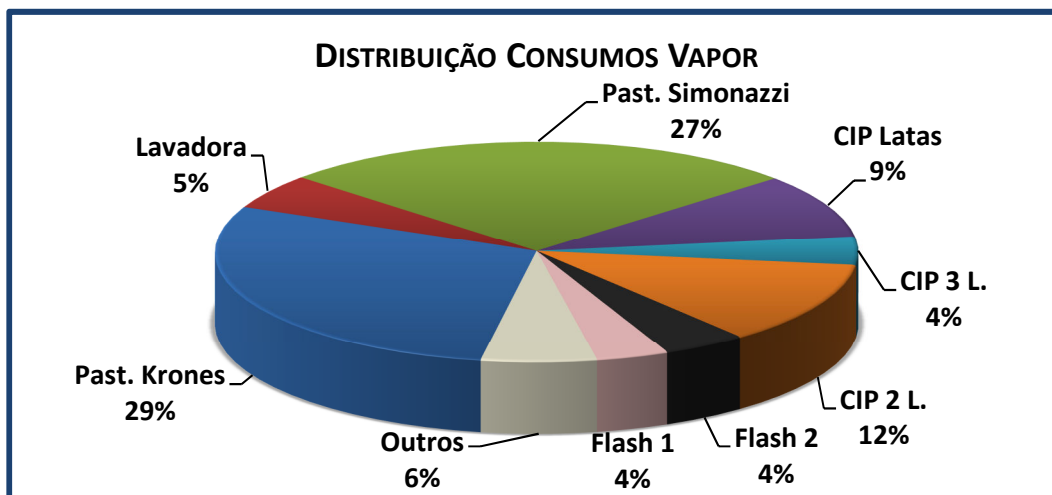


Figura 8.5 - Distribuição de consumos de vapor (2014)

Através desta análise é possível verificar que os pasteurizadores de túnel são os dois maiores consumidores de energia, seguidos pelos sistemas CIP (*Clean In Place*)⁵.

Esta análise permite ainda identificar os sistemas que potencialmente podem desperdiçar mais energia, atendendo a que, sendo grandes consumidores, basta uma pequena percentagem de perdas para representarem um grande desperdício.

⁵ CIP - do inglês *Clean In Place* são sistemas de limpeza no local - estes fornecem a limpeza e desinfeção de todo o equipamento em contacto com o produto.

Foram analisados os diversos pontos de consumo, detectando-se nestes perdas por ausência de isolamento, desde logo em válvulas, nos próprios contadores de vapor, em permutadores e em tanques de armazenamento de soda.

Em alguns equipamentos foi verificado um consumo residual quando o equipamento não estava em funcionamento. Este facto deve-se à inexistência de válvulas *ON/OFF* que não permitem a passagem de vapor quando os consumidores não o necessitam, ou devido aos consumidores ficarem em modo *standby*.

De modo a estruturar as perdas existentes no sistema de vapor, e a identificar inequivocamente a causa dessas perdas, foi construído um diagrama de *Ishikawa*.

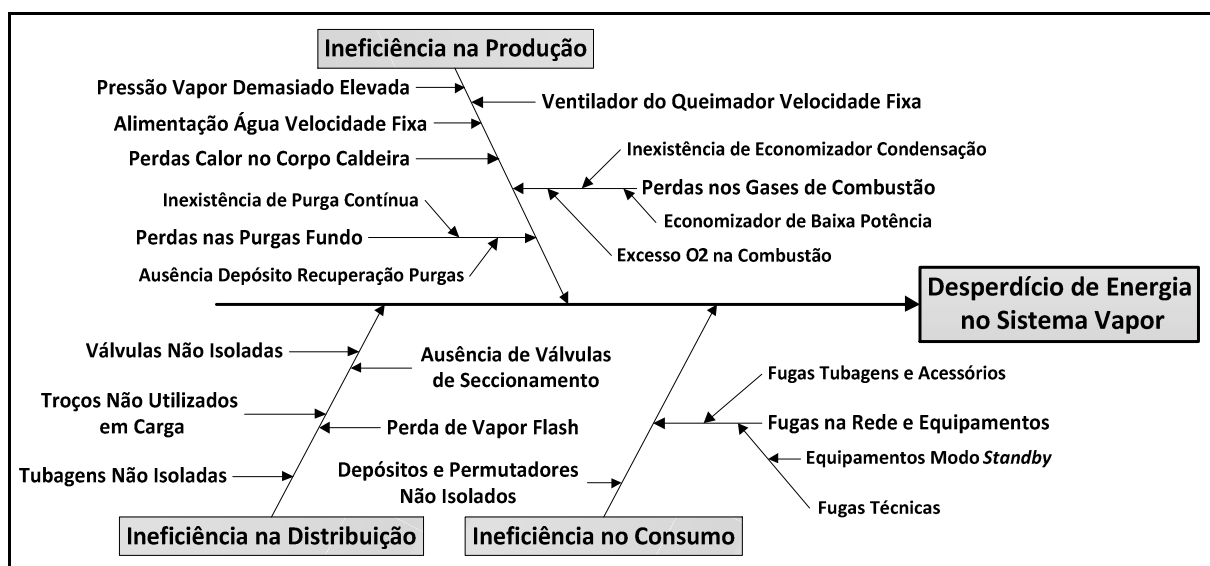


Figura 8.6 - Diagrama de *Ishikawa* do desperdício de energia no sistema de vapor

8.2.2. Produção e Distribuição de Ar Comprimido

O ar comprimido é uma das utilidades básicas da fábrica. A maioria dos sistemas de controlo de processo e alguns de movimento são actuados por força pneumática. Esta utilidade possui diversas vantagens que justificam a sua utilização, desde logo a facilidade de controlo, segurança, a facilidade de construção de novas linhas, bem como os baixos desgastes dos seus componentes. Contudo, é uma energia cara, representando cerca de 9% do consumo eléctrico da fábrica.

Central de ar comprimido

A central de produção de ar comprimido é constituída por um compressor de parafuso de 90 kW de velocidade variável de raiz, dois de 75 kW carga-vazio e um de 55 kW adaptado a velocidade variável. O sistema de controlo carga-vazio caracteriza-se por uma boa eficiência em carga, mas uma fraca adaptabilidade a consumos variantes como os da unidade industrial em questão, pois após atingir a pressão necessária, o compressor passa a “vazio” não produzindo ar mas consumindo energia, embora em menor quantidade. A central possui ainda um secador de ar comprimido pelo princípio de adsorção. A Figura 8.7 apresenta uma visão geral da central.



Figura 8.7 - Central de ar comprimido

Antes deste projecto já tinha existido um anterior, executado pelo autor, dedicado especificamente à produção de ar comprimido, por ter sido detectada uma completa descoordenação no funcionamento da central e uma elevada taxa de fugas. Esse projecto, denominado por EFFAIR consistiu no estudo e implementação de acções que permitissem uma melhor coordenação entre compressores, por forma a eliminar a existência de horas de vazio, sendo que, nessa altura não existia nenhum compressor com variação de velocidade, de origem. Nesse projecto foi ainda criado um plano de detecção e correcção de fugas de ar comprimido executado pelos técnicos de manutenção.

Após a análise dos dados energéticos realizados através da medição dos consumos de energia eléctrica, do número de horas de produção de carga e de vazio dos compressores, e da produção de ar comprimido, retirados do contador, foi possível identificar os desperdícios. Estes consistem na existência, embora pequena, de algumas horas de vazio do compressor de 55 kW, o que acontece pelo facto de que, quando existe uma produção limite na capacidade do compressor de 90 kW (cerca de 16 m³/min), o compressor de 55 kW entra em vazio, pois o compressor de 90 kW supera as necessidades de ar. Esta situação decorre devido a que, apesar do compressor de 55 kW possuir variação de velocidade, esta só é efectuada, por razões técnicas, entre 40 Hz e 50 Hz, o que provoca a existência de um sistema que gera a ordem de arranque e de paragem. Este sistema é o original de “carga-vazio”, quando se está perante baixas necessidades de ar o que gera esta descoordenação.

Por forma a ser possível minimizar esta situação, optou-se por colocar um *set-point* de velocidade fixo nos 40 Hz (2.400 rpm), dando total prioridade ao compressor de 90 kW para variar a sua produção na sua ampla gama de funcionamento (15 Hz a 60 Hz - 900 rpm a 3.500 rpm).

A pressão a que era produzido o ar comprimido era de 7 bar. Atendendo a que, para pressões mais elevadas maior é o trabalho realizado pelo compressor, logo menor a sua eficiência, procurou-se avaliar qual a pressão mínima necessária para a instalação.

Deste modo, implementou-se um plano de redução ligeira e progressiva de pressão ao longo do tempo, até um valor limite onde foi detectado os primeiros inconvenientes em equipamentos.

Desta forma, após algumas semanas de sucessivas baixas de pressão, quando esta alcançou os 6,2 bar, detectou-se a primeira falha na instalação, numa válvula pneumática. Desta forma, encontrou-se a pressão mínima necessária para a instalação.

Foi detectado ainda que todo o calor resultante do processo termodinâmico de compressão não era aproveitado, o que correspondia a mais de 90% da energia fornecida ao compressor, (Figura 8.8). Segundo o *compressed air manual* (Atlas Copco, 2010) é possível recuperar mais de 60% da energia desperdiçada em forma de calor pelas unidades compressoras; este valor está dependente das temperaturas e tempos de funcionamento do processo onde esta energia está a ser utilizada.

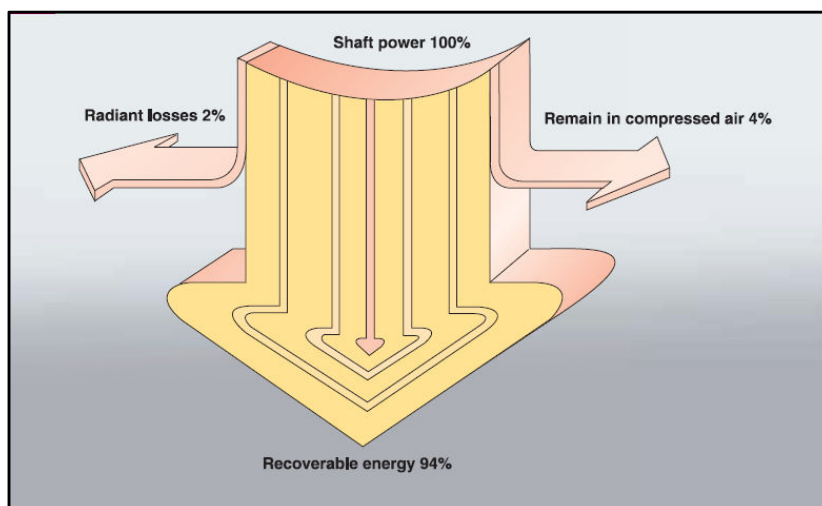


Figura 8.8 - Energia num processo de compressão de ar (Atlas Copco, 2010)

Tratamento do Ar Comprimido

De forma a atingir as exigências de qualidade do ar comprimido, o mesmo tem de ser submetido a tratamento, o qual actua em duas vertentes: as partículas e resíduos de óleo; e o ponto de orvalho.

Com este objectivo foram instalados um filtro de alta capacidade, para reter partículas e resíduos de óleo, e um secador de ar pelo princípio de adsorção.

Estes secadores, compostos por alumina ou sílica, absorvem a humidade existente no ar comprimido e, quando perdem capacidade de absorver entram num processo de regeneração por ar novo. Neste processo todo o ar do reservatório é expelido para o exterior e é iniciado um processo de passagem de ar novo para retirar a humidade acumulada. Como este ar é enviado para o exterior, o processo causa um consumo adicional de ar comprimido. A Figura 8.9 ilustra o princípio de funcionamento deste tipo de secadores de ar comprimido.

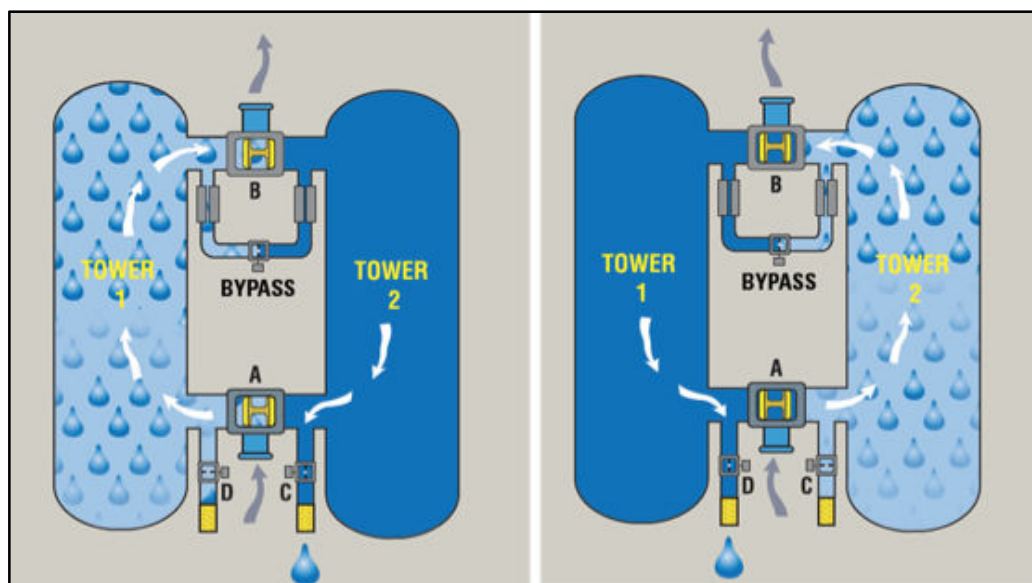


Figura 8.9 - Princípio funcionamento secador de adsorção (Marshall, 2014)

Constatou-se que, em média, a cada 8 min existia um processo de regeneração, provocando um inevitável aumento de produção por parte dos compressores. Este aumento é, em média, de 30 kW adicionais durante 4 min. Na Figura 8.10 pode verificar-se o comportamento da central através do seu diagrama de carga.

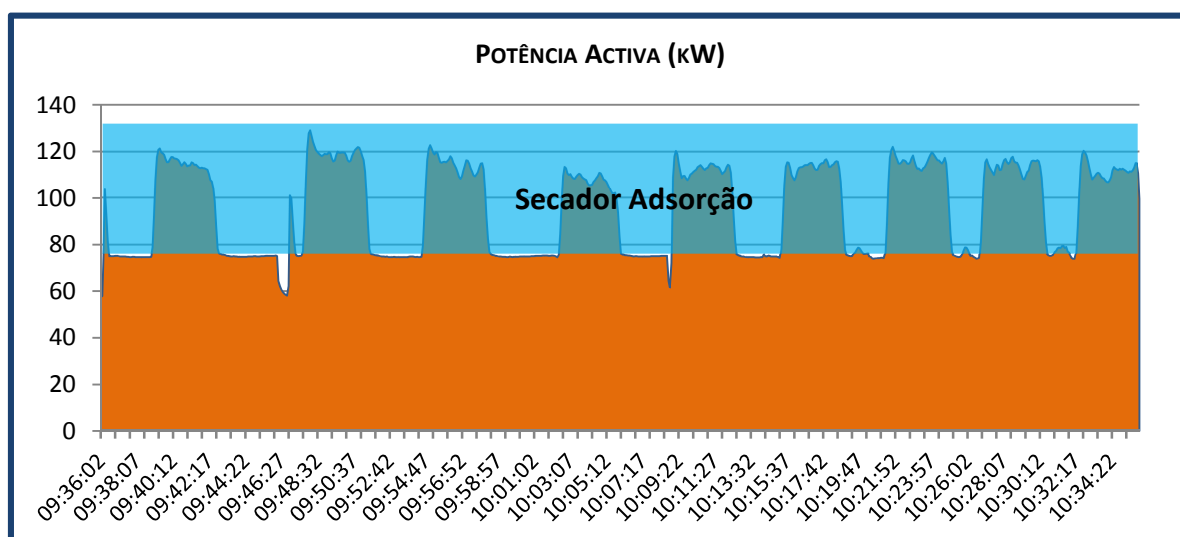


Figura 8.10 - Diagrama de carga da central ar comprimido

Foram analisadas as eventuais necessidades de qualidade de ar comprimido, de acordo com a norma ISO 8573-1. Constatou-se que o ponto de orvalho utilizado neste momento na instalação, -20°C , é demasiado baixo para as necessidades, atendendo a que não é utilizado ar comprimido em câmaras frigoríficas nem em contacto com gases criogénicos.

Estes sistemas de secagem por adsorção são caracterizados por conseguirem atingir pontos de orvalho muito baixos (-20°C a -60°C), valores que não são possíveis de alcançar com os secadores de refrigeração. Contudo, possuem consumos 4 a 6 vezes superiores, (Marshall, 2014).

Neste momento, o consumo do secador é de cerca de 114.449 kWh, com um custo anual na ordem dos 12.000 €. Deste modo, propõe-se a troca de secador por um de princípio de refrigeração, que conseguirá garantir um ponto de orvalho de 3°C .

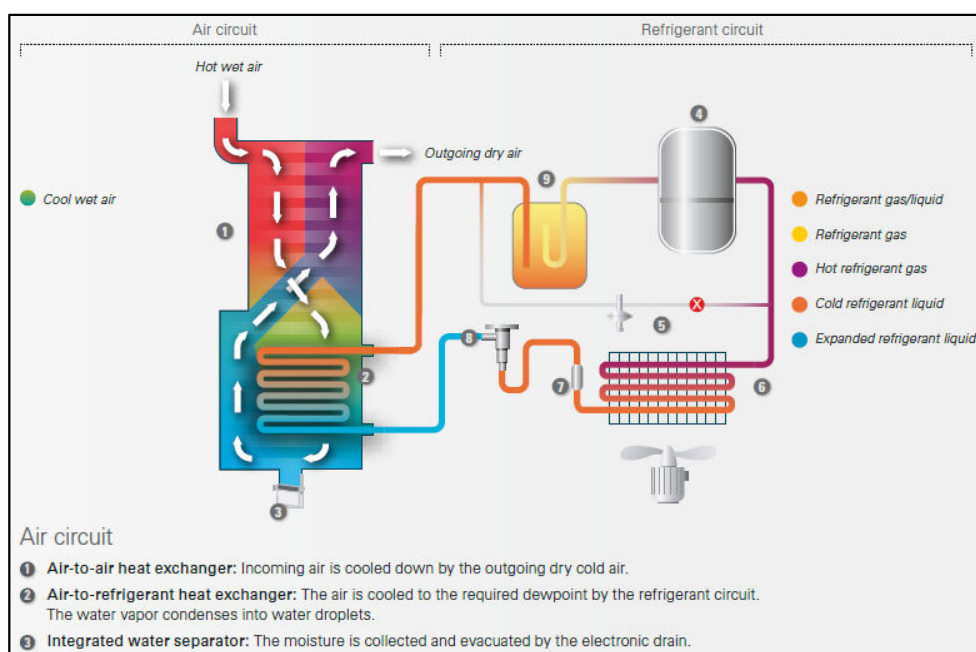


Figura 8.11 - Princípio de funcionamento secador de refrigeração

Consumo de Ar

A rede de distribuição do ar comprimido, em anel, distribui o ar por toda a instalação. Desta forma, é extensa a sua dimensão, ficando especialmente crítica nas derivações para os equipamentos e subequipamentos.

Após a análise da rede de distribuição e dos pontos de consumo, verificaram-se os seguintes pontos de desperdício:

- Fugas nas linhas de ar;
- Fugas nos acessórios e equipamentos pneumáticos;
- Utilização de ar comprimido em utilizações inapropriadas, tais como a secagem e sopragem.

Apesar da melhoria da mudança de mentalidade em relação às fugas de ar comprimido, que se verificou após a implementação do plano de detecção e correcção de fugas, onde foram efectuadas várias apresentações com dados reais da instalação e com os valores do desperdício, ainda assim se encontraram algumas fugas nas linhas e pontos de consumo de ar comprimido.

No passado, também foram instaladas algumas válvulas de corte geral na alimentação aos equipamentos, encravadas com o funcionamento do equipamento, para que quando estes se encontram desligados, o fornecimento de ar seja totalmente cortado, evitando-se assim fugas técnicas de válvulas e acessórios, bem como eventuais fugas não reparadas.

Contudo, constatou-se que, por vezes, os equipamentos, em vez de ficarem desligados ficavam em modo *standby*. Este modo, por sua vez, impede a válvula de fechar ficando assim ligado o fornecimento de ar comprimido ao equipamento.

Foi também identificada a utilização de ar comprimido para operações inadequadas, não obstante existirem tecnologias mais eficientes para as efectuar. Na sua maioria, essas operações são de sopragem com o objectivo de retirar as partículas de água das garrafas e latas, (Figura 8.12).



Figura 8.12 - Secagem de garrafas de vidro e latas em linha

Sendo o ar comprimido uma fonte de energia nobre, com custos elevados de produção, e não sendo nestas aplicações essencial a pressão de ar, existem técnicas de sopragem e secagem de modo a substituir o ar comprimido nessas operações. Estas soluções passam, na sua essência, por sopradores regenerativos (*blowers*) de baixa pressão mas de caudais muito elevados.

Por forma a estruturar todas as causas identificadas potenciadoras de desperdício no actual sistema de ar comprimido foi construído o diagrama de *Ishikawa* do sistema de ar comprimido, (Figura 8.13).

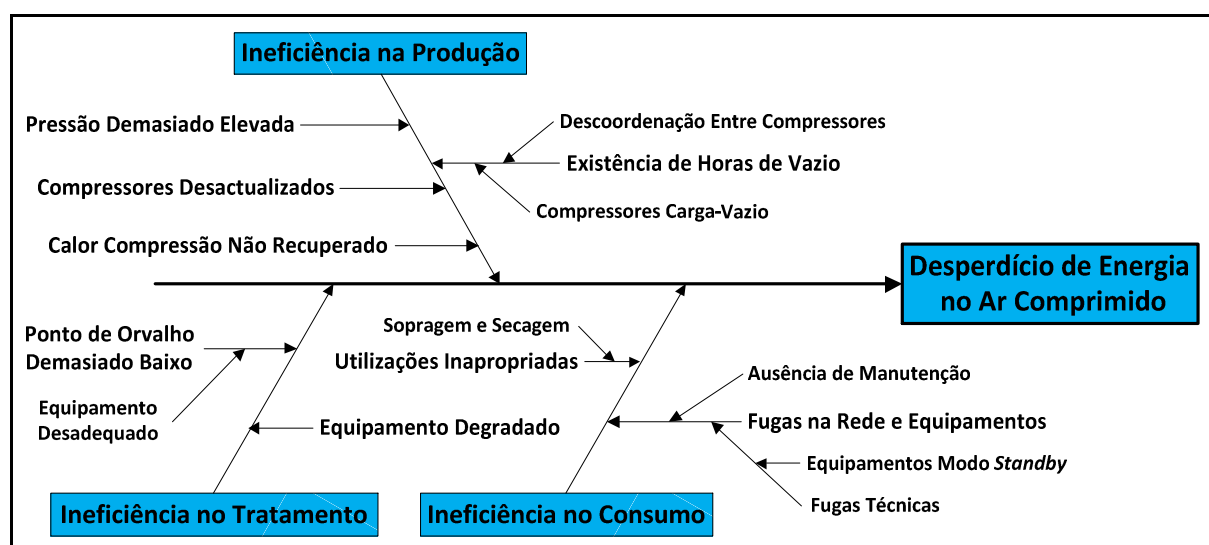


Figura 8.13 - Diagrama de *Ishikawa* desperdício ar comprimido

Neste diagrama foram estruturadas as ineficiências nos três pilares do sistema: a produção; o tratamento; e o consumo.

Foi ainda possível alcançar uma distribuição dos consumos de ar comprimido, (Figura 8.14), onde é possível verificar o peso elevado que possui a sopragem por ar comprimido, o qual atinge uma quota de 35% do consumo. Verifica-se também que a actividade do secador de ar absorve cerca de 18% do consumo da central, sendo que todos os outros consumidores representam apenas 47%, sendo assim notório o peso e consequente desperdício na secagem do ar e na sopragem.

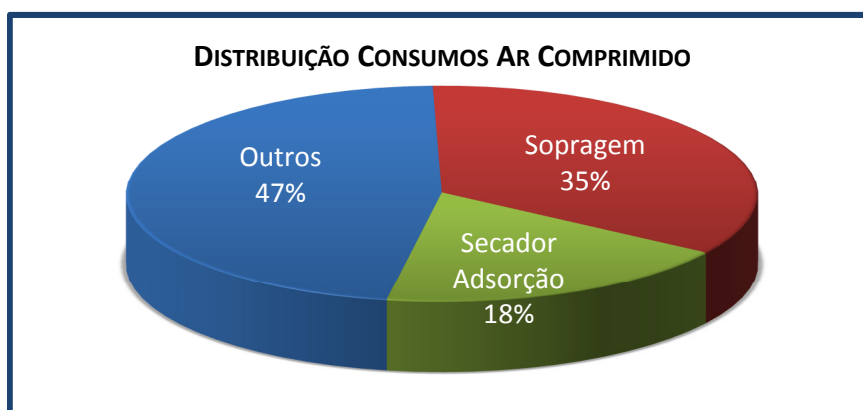


Figura 8.14 - Distribuição de consumos ar comprimido

Tal como identificado por Womack e Jones (1996), as características de um produto que não vão de encontro às necessidades do cliente, podem caracterizar-se por um desperdício. Neste caso, aplicando essa mesma metodologia pode afirmar-se que a produção de ar comprimido a uma pressão mais alta, e com uma qualidade em termos de ponto de orvalho demasiado elevada para as necessidades do cliente, que se traduz em custos energéticos elevados é, sem dúvida, um exemplo deste oitavo desperdício identificado por Womack e Jones.

8.2.3. Produção e Distribuição de Frio

O frio industrial é utilizado no processo de fabrico, por forma a arrefecer a bebida antes do enchimento. É utilizado também para a conservação de matérias-primas, sendo que se torna também uma utilidade indispensável ao funcionamento da unidade industrial.

A produção de frio industrial faz-se recorrendo a dois sistemas de compressão de parafuso de 1.500 kW de potência frigorífica, accionados por motores eléctricos de 400 kW. Estes sistemas compressores funcionam pelo princípio de bomba de calor, possuem uma torre evaporativa, onde é condensado o gás utilizado, o amoníaco (R717), e são normalmente operados alternadamente, constituindo uma reserva permanente.

O fluido a refrigerar é água glicolada, que será enviada para toda a fábrica através de uma rede fechada de distribuição. Na Figura 8.15 pode observar-se este sistema.



Figura 8.15 - Compressores de frio Grasso

De modo a ser possível identificar os desperdícios energéticos nestes sistemas, foi elaborado um questionário de avaliação, de acordo com o proposto no *Industrial Refrigeration Best Practices Guide*, (Wilcox, M. et al, 2007). Para responder ao questionário foi necessário efectuar diversas medições.

Esta avaliação, baseada em parâmetros de pressão, temperatura, sistemas instalados e práticas de gestão e manutenção, permite comparar as práticas e sistemas existentes com

as melhores práticas energéticas desta área. A Figura 8.16 ilustra algumas questões dessa avaliação. As restantes perguntas encontram-se no anexo I.

8	We have direct expansion (DX) evaporators or other DX loads in our system.	Points
Yes		0
No		1
	Score	1
9	Our high-stage or single-stage compressors are forced to unload (current-limit) in the summer to avoid overloading the motors because of high condensing pressures.	Points
Sometimes		0
Never		2
	Score	2

Figura 8.16 - Scorecard sistema de frio

Após a resposta a todo o questionário é possível verificar a pontuação obtida em cada secção, (Tabela 8.1).

Tabela 8.1 - Resumo da pontuação obtida na avaliação

Resumo Avaliação		
	Pontos Possíveis	Pontuação
Secção 1: Pressão de Sucção	10	7
Secção 2: Pressão de Descarga	13	4
Secção 3: Controlo Carga Parcial Evaporador	8	8
Secção 4: Controlo e Sequência do Compressor	14	14
Secção 5: Controlo e Sequência Condensador	7	7
Secção 6: Escolhas de Design Equipamento e Sistemas	15	12
Secção 7: Controlo Descongelamento	3	3
Secção 8: Operação e Manutenção	20	8
Secção 9: Comissionamento do Sistema	5	5
Secção 10: Gestão de Energia	5	0
Total	100	68

A pontuação obtida pode então ser comparada com a escala fornecida, na qual uma pontuação de 68 corresponde a “razoável, com algumas oportunidades de melhoria”.

Após a análise do resultado dos questionários é possível verificar todos os pontos de potencial melhoria.

Ineficiência na Produção

De modo a ser mais fácil avaliar os pontos de eventual melhoria na produção de frio foi utilizado um programa de simulação de sistemas de refrigeração (Genetron Properties) para caracterizar o sistema actual, (Figura 8.17).

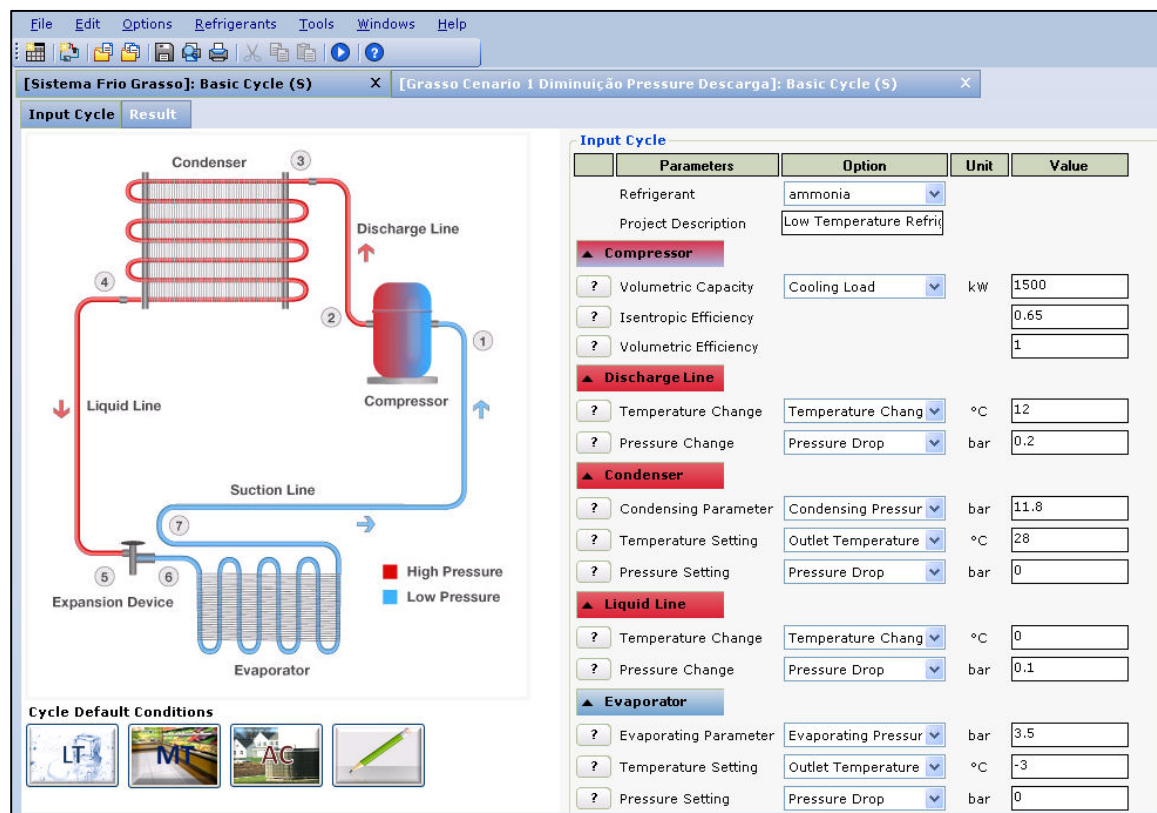


Figura 8.17 - Caracterização de ciclo de refrigeração em *software*

Esta caracterização permitiu ainda calcular o Coeficiente de Performance (COP) do sistema. De acordo com os parâmetros de operação existentes obteve-se um COP de 4,1.

Este programa permitiu ainda a construção do diagrama de Mollier do sistema actual, (Figura 8.18).

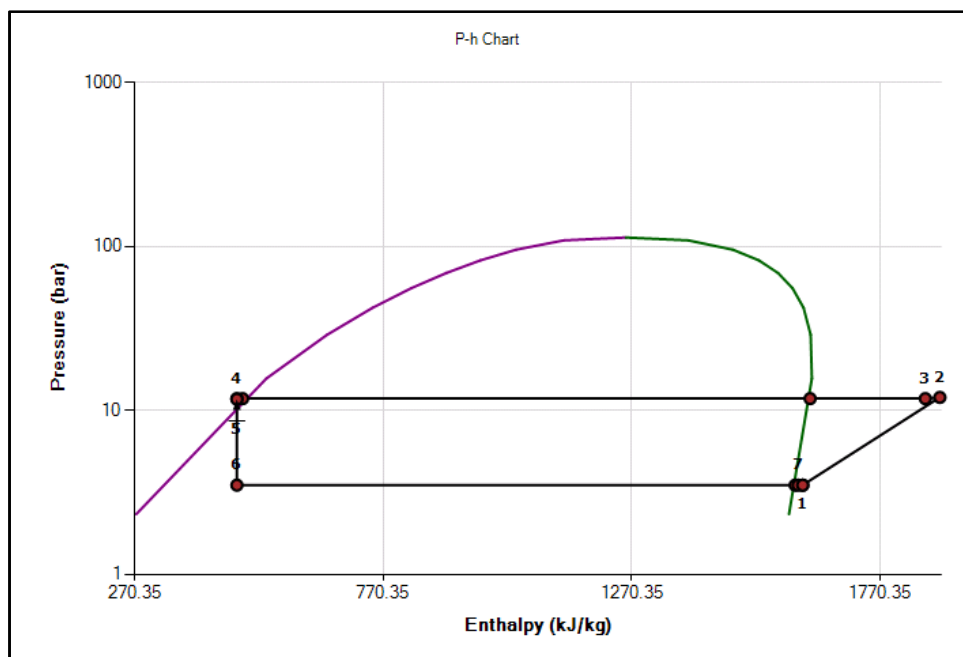


Figura 8.18 - Diagrama de Mollier do sistema actual

Após a análise dos resultados do questionário, e das suas recomendações, foram identificadas as que se enquadrariam no sistema em causa:

- Diminuição da coluna de pressão:
 - Diminuição da pressão de descarga;
 - Aumento da pressão de aspiração.
- Sub-arrefecimento de líquido (*subcooling*);
- Sistema de gestão de funcionamento com base nas condições de carga e meteorológicas;
- Recuperação do calor da compressão.

Diminuição da Coluna de Pressão

A diminuição da coluna de pressão consiste no aumento da pressão de aspiração ou na diminuição da pressão de descarga, ou em ambas, atendendo a que a coluna de pressão representa o trabalho realizado pelo compressor. Reduzi-la implica redução de trabalho e, por consequência, consumo de energia.

A pressão de descarga está intimamente relacionada com a temperatura de condensação do gás refrigerante, neste caso o amoníaco. Quanto maior for a temperatura de condensação, abaixo da qual o amoníaco passa da fase gasosa à fase líquida, maior será a pressão de descarga, uma vez que o espaço ocupado por um gás é superior ao de um líquido para o mesmo volume.

A temperatura de condensação do amoníaco na torre evaporativa é o resultado da capacidade desta em dissipar o calor da compressão. Logo, quanto maior for o calor retirado, menor será a temperatura de condensação e, conseqüentemente a pressão de descarga.

O sistema existente estava programado de forma a manter uma temperatura de condensação de cerca de 32°C. Este controlo é efectuado através da velocidade dos ventiladores da torre evaporativa. Nesse sentido, é medida *on-line* a pressão de condensação e controlada a velocidade dos ventiladores. O *set-point* é de 11,5 bar.

Esta situação provocava que, em muitas alturas, os ventiladores actuavam a uma velocidade reduzida. Esta situação levava a baixos consumos nos ventiladores, mas deteriorava o COP total do sistema.

O que se constata pelas melhores práticas é que, como os consumos dos ventiladores, comparados com os do compressor são muito inferiores, na ordem de 1:10, leva a que seja recomendado aumentar os consumos nos ventiladores, por forma a reduzi-los no compressor, atendendo a que, na avaliação total do sistema, esta prática traz reduções energéticas.

Neste sentido foi alterado o *set-point* de pressão de condensação para 9,5 bar.

A pressão de sucção no sistema existente é o resultado de uma válvula expansora electrónica que controla o evaporador que, neste caso, é do tipo inundado.

Desta forma, para tentar aumentar esta pressão, o único ponto passível de intervenção seria o aumento do *set-point* de água fria, de modo a que o amoníaco se evapore mais tarde, provocando uma queda no nível e uma conseqüente maior abertura da válvula expansora.

Por este motivo, e também para reduzir perdas nas linhas, foi alterado o *set-point* dos 2°C para os 2,5°C de saída de água fria. Esta alteração resultou num aumento ligeiro de 0,2 bar na pressão de aspiração.

Com estas alterações foi possível caracterizar este novo sistema. Na Figura 8.19 pode-se verificar as implicações do mesmo no COP do sistema de compressão.

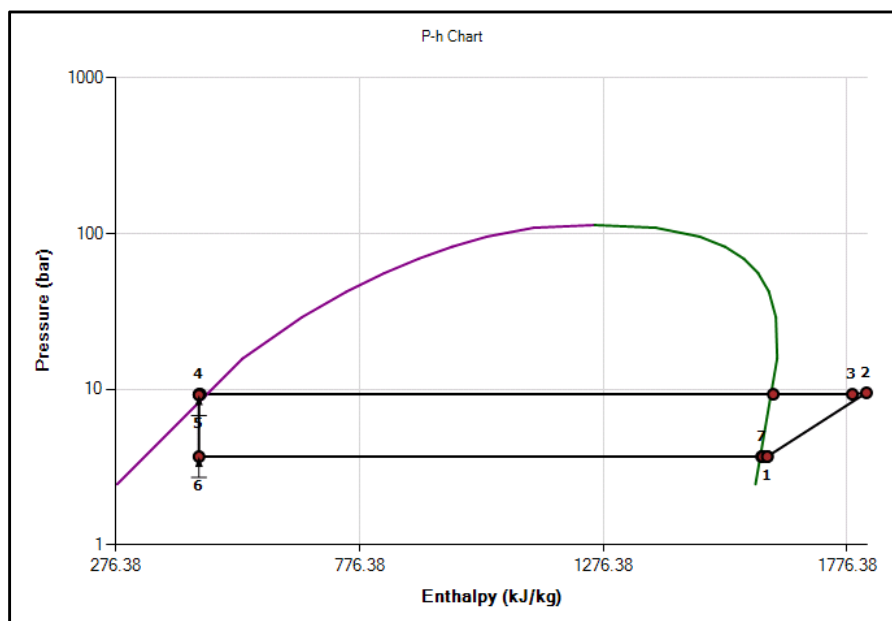


Figura 8.19 - Diagrama de Mollier após alteração de parâmetros

Esta nova configuração permitiu um aumento do COP do sistema de compressão de 4,1 para 5,7. De notar que nesta avaliação do COP não consta o consumo dos ventiladores, que se estima que triplique face ao actual.

Na Figura 8.20 e na Figura 8.21 pode verificar-se a influência destes parâmetros, para condições similares de ambiente e carga do compressor. Constatou-se ainda uma alteração significativa nas temperaturas.

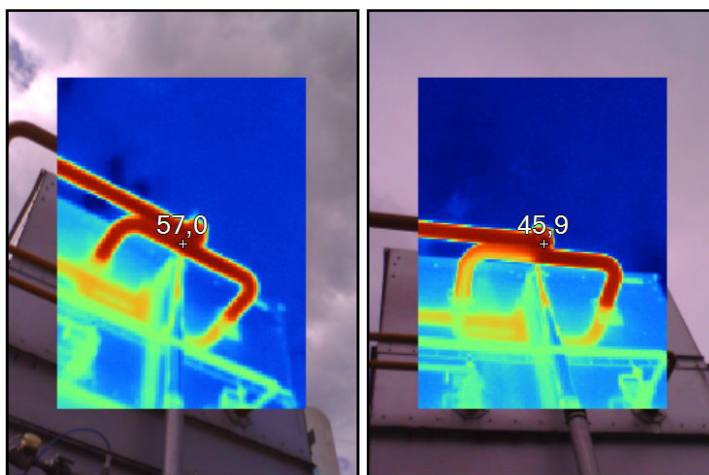


Figura 8.20 - Temperaturas de entrada na torre antes (esquerda) depois (direita)

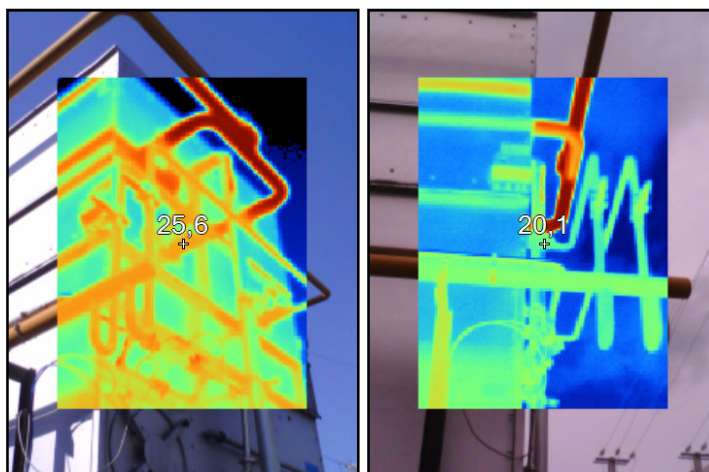


Figura 8.21 - Temperaturas saída da torre antes (esquerda) e depois (direita)

Sub-arrefecimento de líquido (*subcooling*)

O sub-arrefecimento consiste no arrefecimento do amoníaco abaixo da sua temperatura de condensação. Deste modo, quando este líquido for expandido adquirirá mais energia. Neste momento, com a programação de pressão de condensação, para se atingir a pressão alvo, é promovido o sub-arrefecido do amoníaco.

Sistema de gestão de funcionamento

Propõe-se a instalação de um sistema de gestão da operação dos compressores, de forma a garantir sempre o melhor COP. Quando existirem cargas muito elevadas ou temperaturas também elevadas, que provocam um inevitável aumento da pressão de condensação, deveria ser colocado em funcionamento o 2º compressor, permitindo assim a operação a 50% dos dois compressores que seria mais benéfica pois assim conseguir-se-ia alcançar melhores COP. Os parâmetros de operação deveriam ser actualizados por este sistema em função das condições atmosféricas.

Recuperação do calor da compressão

Actualmente, o calor de compressão é dissipado para o ambiente recorrendo a ventilação e a água. Propõe-se que seja analisada a possibilidade de instalação de um permutador de recuperação que recuperasse parte desta energia, por exemplo, para aquecer a água nova para as caldeiras ou para os balneários. Conseguir-se-ia assim uma dupla poupança.

Ineficiência no consumo

Foram detectados alguns desperdícios nos pontos de consumo. Estes possuem permutadores que não se encontram isolados.

Seguindo a mesma metodologia foi elaborado um diagrama de *Ishikawa* com as causas das ineficiências detectadas nos sistemas de frio.

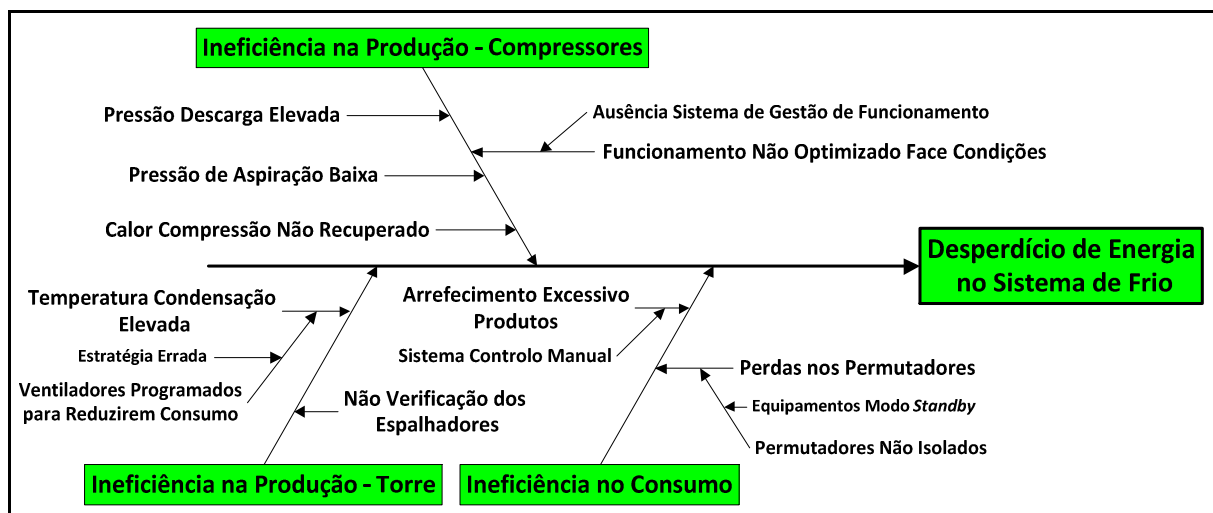


Figura 8.22 - Diagrama de *Ishikawa* do desperdício no sistema de frio

8.2.4. Sistemas de Bombagem

Os sistemas de bombagem são utilizados, não só para bombear o produto fabricado, mas também em muitas outras operações auxiliares e intermédias. Deste modo, foi estimado que estes sistemas possuem um peso de 15% no consumo de energia eléctrica.

Os sistemas de bombagem estão por toda a fábrica. Foram analisados apenas os principais sistemas. Na análise foram detectadas as seguintes situações anómalas:

- Sistema de Bombagem de frio *Grasso*
 - Funcionamento de três bombas de envio para as linhas;
 - Funcionamento de bomba de circulação mesmo com o compressor parado.
- Sistema de bombagem pasteurizador em pára-arranca;
- Sistema de bombagem *rinsers*.

Sistema de Bombagem Frio *Grasso*

O sistema de bombagem de frio dos compressores *Grasso* é um sistema composto por sete bombas de 10 e 15 kW. Este sistema possui duas funções, a de recirculação de água nos permutadores dos sistemas de frio, e a de envio de água para as linhas de produção.

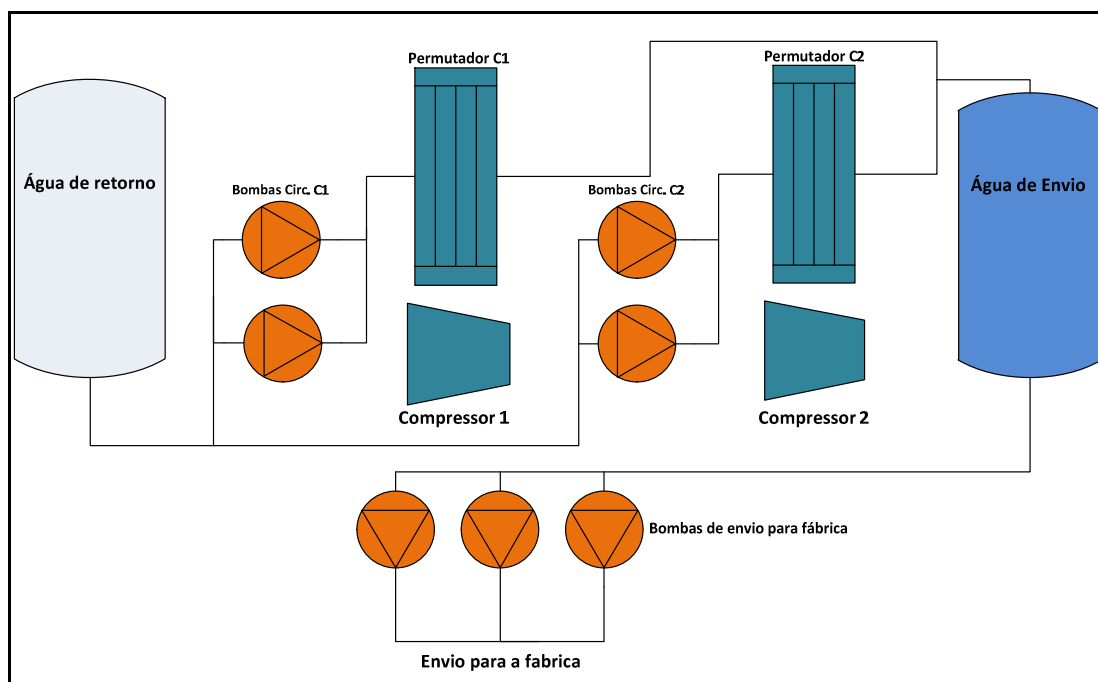


Figura 8.23 - Esquema de funcionamento do sistema bombagem frio *Grasso*

O sistema de envio para as linhas é composto por três bombas. Este é um sistema de recirculação em malha fechada que distribui a água glicolada fria pela instalação de modo a poder ser utilizada pelos consumidores.

Após análise do funcionamento deste sistema, foi detectado que o mesmo não possuía um sistema de controlo eficaz, uma vez que, normalmente existiam duas ou três bombas em funcionamento quando, após testes efectuados, foi verificado que, na maioria das situações seria apenas necessário a utilização de uma bomba a 50% da carga. E, nas situações de maiores consumos, poderia ser suficiente uma bomba a 100% e outra a 50%. Foi também verificado que, devido à criticidade do frio para o processo, e uma vez que estas bombas eram todas controladas por um único variador, quando este, por algum motivo, entrava em “erro” todas as bombas paravam. Para reduzir este problema era seleccionada uma bomba em modo manual.

O sistema é controlado por um único variador através de uma carta de bombagem, a qual, conforme o solicitado fornece o comando a duas bombas fixas enquanto ajusta o caudal da bomba variável, (Figura 8.24). Para calcular a velocidade e número de bombas necessárias existe uma medição de pressão na linha de envio. No entanto, detectou-se anomalias nessa medição, e o próprio *setpoint* de pressão demasiado elevado para as necessidades. Uma vez que têm de ser evitadas pressões elevadas nos consumidores de modo a que, em caso de rupturas, não seja possível a passagem de glicol, apesar deste ser de qualidade alimentar, para os produtos a arrefecer.

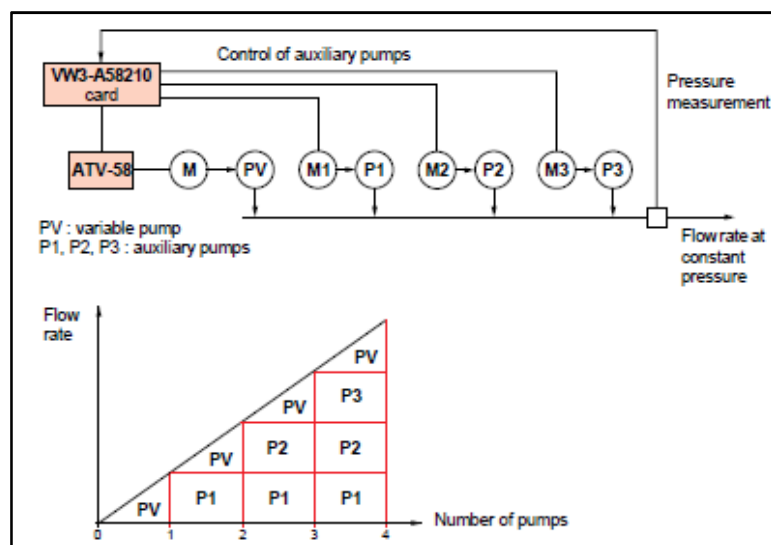


Figura 8.24 - Esquema de controlo bombas de envio

Desta forma procedeu-se à substituição do sensor de pressão e a uma reprogramação do variador de velocidade da bomba variável. Alterou-se também o controlo de excesso de pressão na linha para um valor acima do programado para as bombas.

De modo a reduzir a probabilidade de falha do sistema, foi alterado o sistema de controlo, passando uma das bombas a ser comandada apenas pelo sinal de “erro” no variador. Desta forma é sempre garantida a existência de uma bomba em funcionamento.

Neste sistema foi ainda detectado que, quando o compressor nº.1 se encontrava desligado, a sua bomba de circulação continuava ligada. Foi ainda possível apurar que a mesma se encontrava assim devido a uma parametrização no sistema de controlo, devido à necessidade de verificar constantemente o valor actual da temperatura da água. Após exploração do sistema de controlo, foi possível encontrar uma opção que permitia a verificação deste valor, não num compressor fixo mas sim no compressor que estivesse, no

momento, a trabalhar. Assim sendo, foi possível alterar a parametrização e refazer as ligações eléctricas para esta bomba não trabalhar quando o compressor não se encontre em funcionamento.

Na Figura 8.25 é possível observar o digrama de carga deste sistema antes das modificações efectuadas.

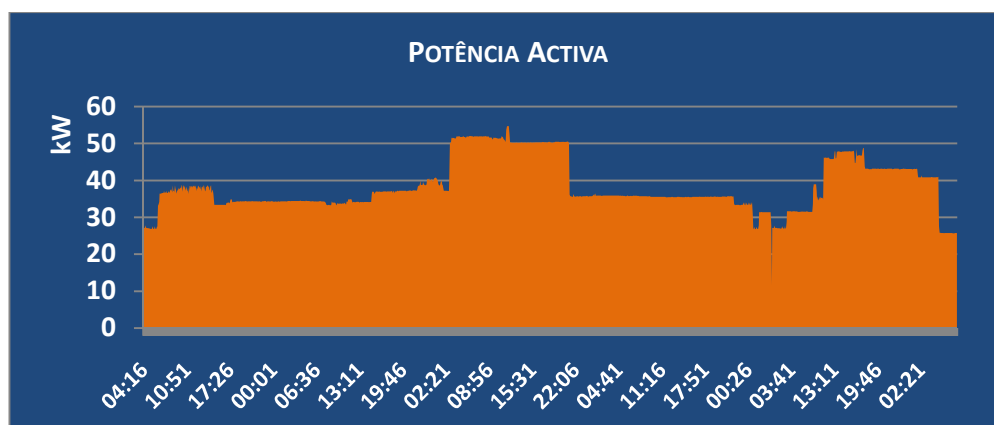


Figura 8.25 - Diagrama de carga antes das alterações

As modificações efectuadas conduziram a uma redução de consumo na ordem dos 66%. É facilmente verificável, no diagrama de carga depois das alterações do controlo, a forte queda de potência requerida ao longo do tempo de funcionamento, (Figura 8.26).

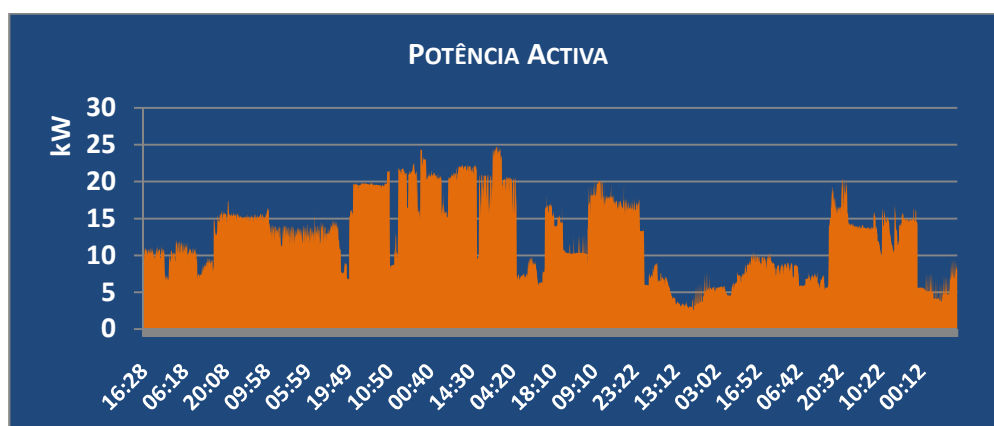


Figura 8.26 - Diagrama de carga depois

Sistema Bombagem Pasteurizador Krones

O pasteurizador de túnel *Krones* é um equipamento que, através de diversos estágios de temperatura permite aquecer as latas ou garrafas de bebida. Este equipamento, atendendo a que é composto por banhos com chuveiros, de modo a aquecer o produto, possui um número elevado de bombas. Além destas bombas de recirculação dos banhos, possui ainda uma bomba de envio para uma torre de refrigeração, onde é arrefecida parte da água. Por sua vez, a torre envia essa mesma água novamente para o pasteurizador. Quando se analisou o comportamento deste sistema, deparou-se com uma situação de pára-arranca na bomba de envio. Essa situação era provocada pela sua elevada capacidade quando comparada com a bomba de retorno para o pasteurizador o que provocava um rápido enchimento da torre o que implica que esta tenha de parar ciclicamente, provocando não só desperdício de energia, como o desgaste prematuro do equipamento.

Na Figura 8.27, pode-se observar o comportamento da bomba em questão:

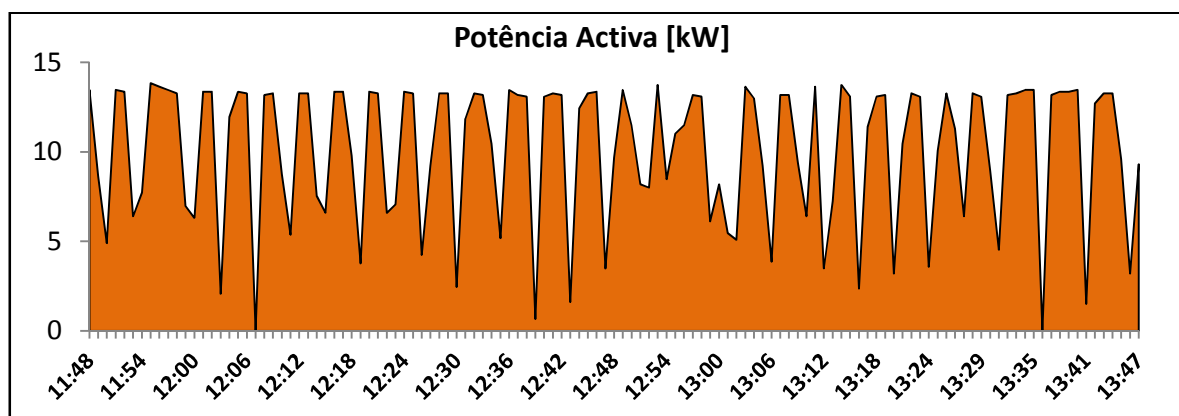


Figura 8.27 - Diagrama de carga bomba de envio Krones

Propõe-se que seja instalado um variador de velocidade na bomba de modo a adequar a sua capacidade à da sua correspondente na torre.

A Figura 8.28 ilustra o diagrama de *Ishikawa* referente aos desperdícios encontrados nos sistemas de bombagem. Estão referenciadas todas as das situações já descritas, bem como de outras encontradas, mas de menor relevância.

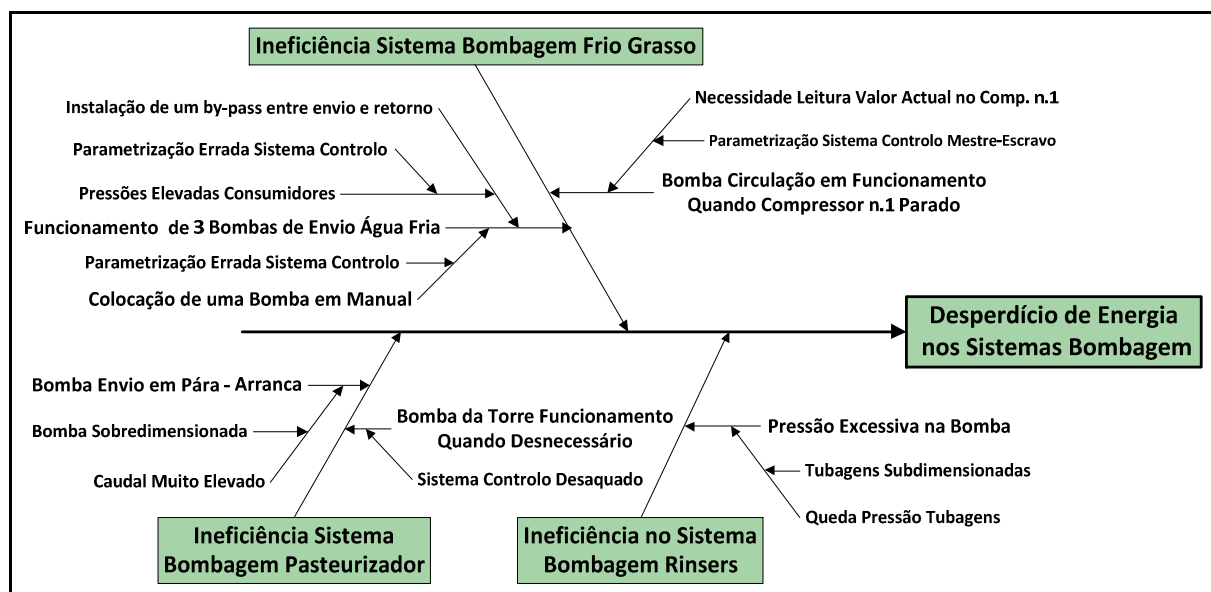


Figura 8.28 - Diagrama de Ishikawa desperdícios dos sistemas de bombagem

8.2.5. Fornos de Embalamento

Os fornos de embalamento são equipamentos que agrupam e embalam os produtos. Estes equipamentos recorrem ao efeito termoretrátil do plástico para criarem uma embalagem estável. Por esse motivo, possuem fornos aquecidos através de resistências eléctricas, o que faz destes equipamentos grandes consumidores de energia eléctrica.

De modo a ser possível efectuar uma avaliação mais assertiva destes equipamentos, recorreu-se a uma ferramenta informática disponibilizada pelo DOE, o *Process Heating Assessment and Survey Tool* (PHAST). Esta aplicação permite, através da inserção das mais variadas características do forno, contabilizar e segregar os seus consumos. Permite ainda a simulação de alterações e a sua comparação com o estado inicial, (U.S. Department of Energy, 2007).

Desta forma foram introduzidas as várias características dos fornos:

- Tamanho;
- Temperaturas nas várias superfícies;
- Aberturas para o exterior;
- Materiais e quantidades horárias aquecidas da esteira de transporte;
- Temperaturas de entrada e saída da esteira de transporte;
- Materiais e quantidades horárias aquecidas de produto retractilizado;
- Temperaturas de entrada e saída do produto aquecido;

- Equipamentos auxiliares (bombas e motores);
- Consumos totais medidos.

Após a inserção de todas as características e cálculo das respectivas perdas, é possível visualizar o diagrama de *Sankey* de cada forno, onde estão patentes as várias perdas do forno, (Figura 8.29).

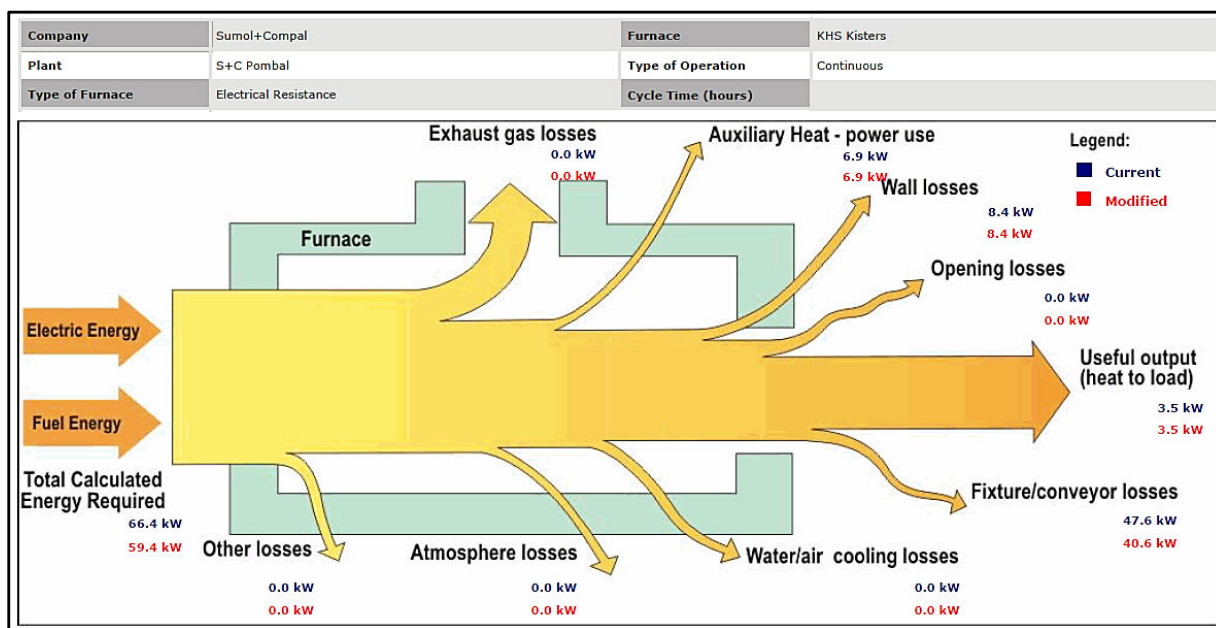


Figura 8.29 - Diagrama de *Sankey* do forno de embalagem

De notar que o diagrama apresentado é genérico e não altera a sua forma, mediante a tipologia de forno. Por isso, estão representadas perdas por gases de exaustão que, embora estejam contabilizadas com valor zero, as mesmas não poderiam existir neste tipo de forno, pois o mesmo é eléctrico e não de combustão. Do mesmo modo, a dimensão das barras não é proporcional à perda representada, uma vez que num forno normal a maioria do calor deveria ser transferido para o produto a aquecer. Neste caso, como não se pretende aquecer o produto mas sim apenas ter o efeito retrátilizante no plástico, este calor é pequeno, quando comparado com as perdas na esteira de transporte.

Ficou assim explícita a forma como é perdida cerca de 70% da energia deste forno, e também dos restantes analisados. Este facto leva a que as eventuais medidas de redução de desperdício de calor sejam prioritariamente direccionadas para o material de composição da esteira de transporte e para as suas temperaturas de entrada e saída no forno.

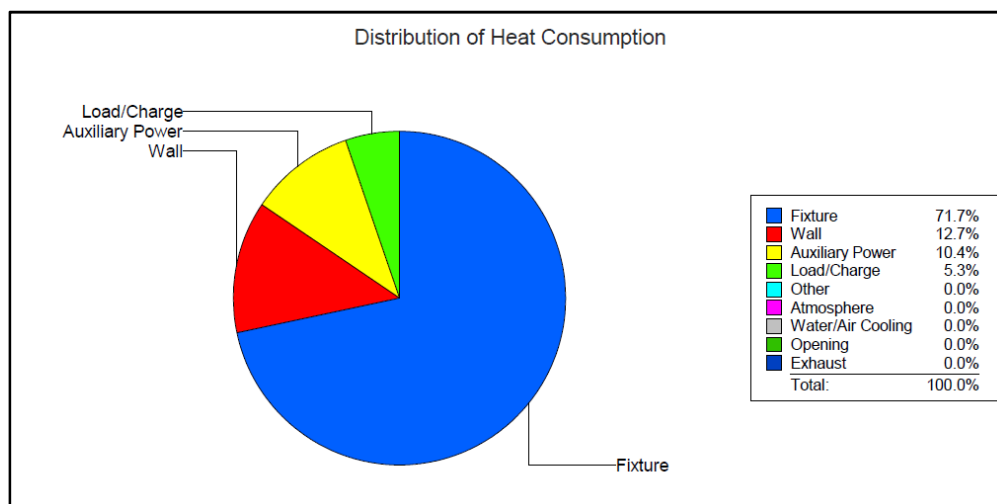


Figura 8.30 - Distribuição das perdas no forno de embalagem

Pode-se assim afirmar que estes equipamentos possuem perdas elevadíssimas, pois desperdiçam cerca de 85% da energia que lhes é fornecida, sendo que para se conseguir o efeito retrátilizante, que é a função do forno, apenas se necessita de 5% da energia e 10% para fazer mover todos os sistemas de transporte, corte e embalagem.

Na Figura 8.31, pode verificar-se a distribuição de consumo dos fornos de embalagem existentes na unidade industrial. Esta distribuição tem em conta os consumos e as suas horas de funcionamento, os quais diferem de linha para linha. Nos anexos IV e V encontram-se, respectivamente, os relatórios energéticos do forno de embalagem KHS Kisters e do conjunto total dos fornos da unidade industrial.

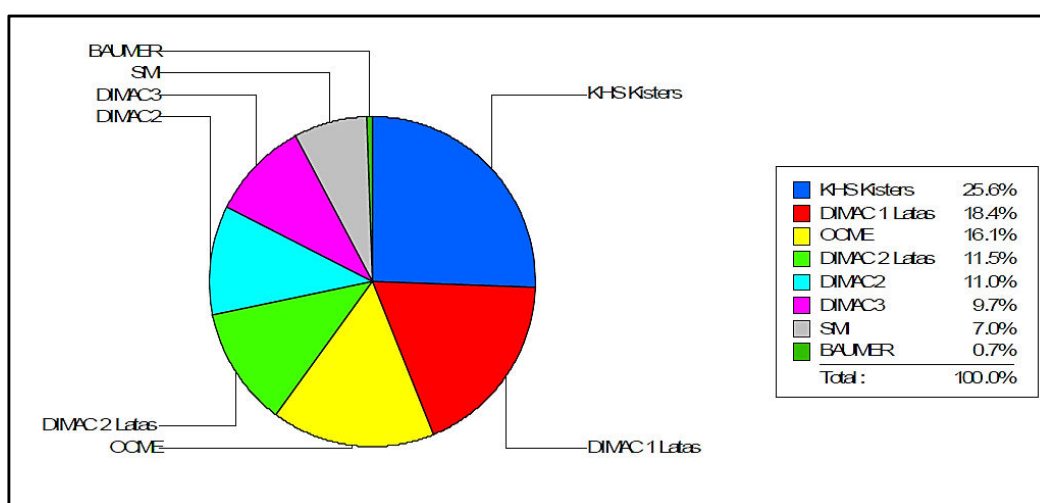


Figura 8.31 - Distribuição dos consumos em fornos de embalagem da fábrica (PHAST)

Por fim, estas ineficiências das embaladoras podem ser verificadas e identificadas as suas causas no respectivo digrama de *Ishikawa*, (Figura 8.32).

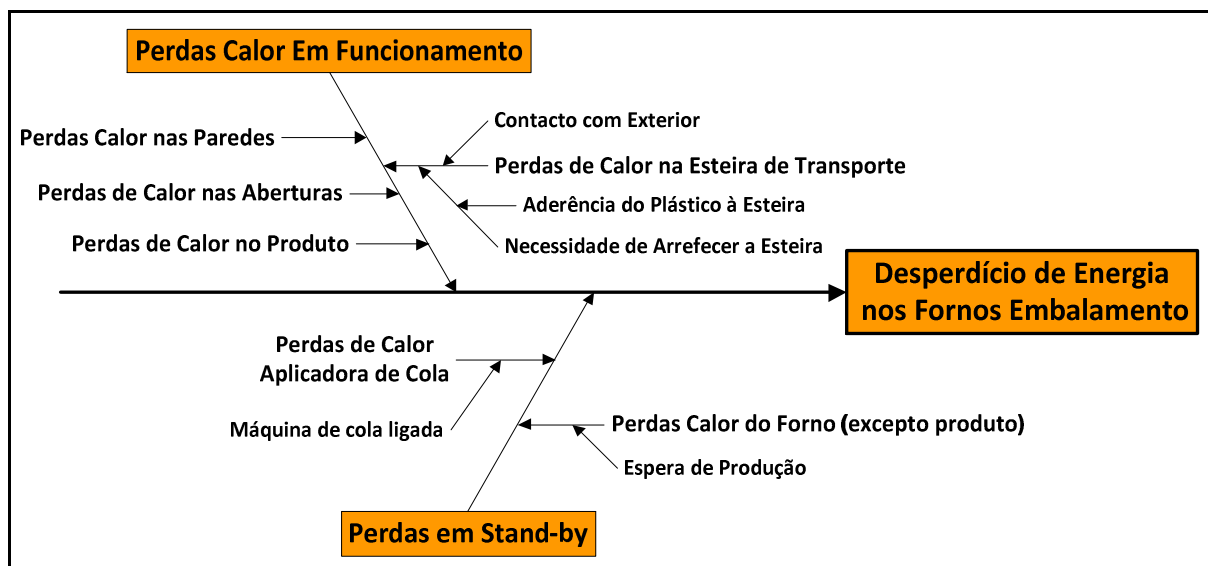


Figura 8.32 - Diagrama de *Ishikawa* desperdícios de energia fornos de embalamento

8.3. Resumo Medidas Identificadas e Executadas

Na avaliação dos diversos sistemas foram identificadas diversas medidas de redução de desperdícios energéticos, algumas das quais foram executadas de imediato e outras, que necessitavam investimento, foram avaliadas e serão sujeitas a propostas para os planos de investimento dos próximos anos. A Tabela 8.2 apresenta o resumo de todas as medidas identificadas e não executadas.

Tabela 8.2 - Medidas de eficiência identificadas e não executadas

Medidas de Eficiência Identificadas e Não Executadas				
Sistema	Medida	Poupança anual	Invest.	Payback anos
Vapor	Recuperação vapor flash através de desgaseificador	24.654 €	50.000 €	2,02
Vapor	Recuperação purgas	5.707 €	5.000 €	1,1
Vapor	Controlo automático de O2 com variador no queimador	10.494 €	10.000 €	0,95
Vapor	Isolamento de pasteurizadores	9.500 €	35.000 €	3,7
Vapor	Instalação de painéis solares térmicos para AQS	3.000 €	16.000 €	5,3
Vapor	Instalação de válvulas ON/OFF nos consumidores	2.500 €	750 €	0,3
Ar comprimido	Substituição da secagem através de ar comprimido	14.694 €	26.000 €	1,8
Ar comprimido	Instalação de secador de refrigeração	10.724 €	9.000 €	0,84
Bombagem	Instalação de variador velocidade bomba pasteurizador	N.E. ⁶	N.E.	N.E.
Frio	Instalação de sistema de gestão nos compressores frio	N.E.	N.E.	N.E.
Frio	Instalação de sistema de recuperação calor compressão	N.E.	N.E.	N.E.
Iluminação	Substituição da iluminação existente por flou. T5 ou led	-30%	N.E.	N.E.
Total		81.273 €	151.750 €	1,87

A Tabela 8.3 apresenta as medidas identificadas e realizadas neste projecto de mestrado.

Tabela 8.3 - Medidas de eficiência executadas

Medidas de Eficiência Executadas			
Sistema	Medida	Poupança anual	Invest.
Vapor	Eliminar de fugas vapor	N.E.	- €
Vapor	Seccionamento de tubagem fora de uso	N.E.	- €
Vapor	Baixar pressão de produção	N.E.	- €
Vapor	Isolamento de tubagem e válvulas depósitos e permutadores	26.837 €	19.000 €
Vapor	Medir periodicamente os níveis de O2 e CO nos gases de combustão	N.E.	- €
Ar comprimido	Colocar purga automática tanque ar comprimido	N.E.	- €
Ar comprimido	Redução da pressão (7 para 6,2 bar)	4.272 €	- €
Ar comprimido	Alteração das bandas de pressão e velocidade do compressor de 55kW	2068 €	- €
Frio	Diminuição pressão descarga e aumento pressão sucção	20.613 €	- €
Frio	Reestruturação do controlo do sistema de bombagem de frio para a fábrica	17.198 €	600 €
Bombagem	Colocação de sistema automático na bomba de envio água para o Grasso 1		
Total		70.988 €	19.600 €

⁶ Não Estimado (N.E.)

9. Conclusão

O projecto abordou, segundo a filosofia *Lean*, duas áreas responsáveis por dois dos principais custos operacionais inerentes às indústrias, a manutenção e a energia. Após a execução do projecto foi possível concluir que a filosofia *Lean* possui uma enorme aplicabilidade quer na área de manutenção quer na área da energia.

Ficaram demonstrados os desperdícios na área da manutenção e as suas consequências na operacionalidade das indústrias. A filosofia *Lean* demonstrou ser de fácil aplicação, com bons resultados e múltiplos benefícios. Este facto ficou ainda patente pela aplicação da metodologia 5S no armazém de peças-de-reserva onde ficaram evidenciadas as melhorias conseguidas, quer as endógenas quer as exógenas, tais como a motivação das pessoas, o sentido de orientação e controlo, os menores tempos de reparação das máquinas, e a melhor gestão do inventário.

Também foi possível verificar que esta filosofia permite a escolha das melhores soluções para os desperdícios identificados, focando-se no problema e não tanto nas possíveis soluções. Este facto foi notório na execução de várias medidas de eliminação de desperdícios identificadas de acordo com a especificidade da instalação.

Através da melhoria conseguida na identificação intuitiva/visual das peças-de-reserva e da informação sobre os equipamentos, concluiu-se que a introdução de tecnologias de informação na manutenção, é um caminho a aprofundar, pois ficaram evidentes as mais-valias decorrentes da existência de dados actualizados e da informação que deles deriva.

Foi também possível concluir, através da auditoria à gestão de manutenção, que o departamento de manutenção da fábrica de Pombal possui ainda uma larga margem de progressão e de melhoria nas suas actividades.

Nas duas abordagens efectuadas, da gestão da manutenção e da energia, foi verificada a existência de várias implicações correlacionadas. Adicionalmente, os avisos por anomalias e afins reforçaram a importância de se adoptar um novo tipo de gestão dos Activos Físicos, através das sinergias destes dois tipos de abordagem, atendendo a que, muitas vezes, as alterações no consumo energético estão relacionadas com o estado da manutenção dos equipamentos e, desta forma integrada potencia-se a sua gestão *Lean*.

9.1. Trabalho Futuro

Na sequência do trabalho realizado, nomeadamente na identificação de desperdícios, impõe-se a necessidade de serem desenvolvidas novas acções por forma a continuar a eliminação ou redução daqueles desperdícios. Por consequência, propõe-se o desenvolvimento novas metodologias que permitam melhorar os procedimentos e actividades do departamento de manutenção, tal como identificado na auditoria à gestão de manutenção, por forma a ser possível implementar as melhores práticas conhecidas nesta actividade.

Propõe-se ainda a introdução da manutenção autónoma, através da melhoria e apoio de algumas práticas piloto existentes, nomeadamente na realização de intervenções preventivas de algumas linhas. Após o alargamento desta tipologia de manutenção, será possível libertar recursos do departamento de manutenção para actividades de maior valor e complexidade. Será ponderado, no futuro, após consolidação da manutenção autónoma, bem como de outras melhorias identificadas na auditoria, a implementação de TPM. Os resultados, visivelmente alcançados com a aplicação da ferramenta 5S no armazém de peças-de-reserva, serão aproveitados para encorajar a aplicação desta ferramenta nas outras áreas da manutenção, nomeadamente nas oficinas e restantes armazéns da manutenção.

Propõe-se também consolidar a execução de actividades de manutenção preditiva, na sua vertente de análise de vibrações e termografia, pois existem inúmeros sistemas mecânicos que são responsáveis por uma grande parte das falhas dos equipamentos provocando as inevitáveis intervenções não planeadas. Esta nova ênfase de manutenção permitirá ainda o acompanhamento e diagnóstico pré-manutenção dos diversos componentes dos equipamentos, evitando custos com desmontagens, montagens e substituições de materiais desnecessários, aumentando a assertividade na substituição dos componentes de desgaste. Nesta nova abordagem da manutenção será também incorporada progressivamente a análise de sintomas de desgaste, bem como de degradação da eficiência do equipamento.

Propõe-se ainda a recolha *on-line* dos dados de condição dos equipamentos, possibilitando um apoio estratégico às decisões de manutenção, incrementando a celeridade e assertividade das acções. Adicionalmente, a implementação de um sistema de identificação de peças-de-reserva, com classificação em classes de prioridade, complementa a mais-valia precedente, maximizando a disponibilidade dos equipamentos.

10. Referências Bibliográficas

- ADENE (2010). *Medidas de eficiência energética aplicáveis à indústria portuguesa: um enquadramento tecnológico sucinto*. Agência Para Energia. ISBN 978-972-8646-18-9.
- Atlas Copco (2010). *Compressed Air Manual*. 7th edition. ISBN 9789081535809
- Bicheno, J. (2008). *The Lean Toolbox for Service Systems*. England, Lean Enterprise Research Center, Cardiff Business School, PICSIE Books.
- Cabral, J. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção*. Lisboa: 6ª Edição, Lidel - Edições Técnicas Lda.
- Costa, J. A. M. (2002). *Uma Abordagem ao Diagnóstico do Estado da Manutenção em Empresas Industriais*. FEUP, Porto, Tese de Mestrado.
- DGEG (2014), *Energia em Portugal - Principais Números*. Direcção Geral de Energia e Geologia, Lisboa
- Farinha, J. M. T. (2011). *Manutenção - A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão*. Lisboa: 1ª Edição, Monitor - Projecto e Edições, Lda.
- Fitch, J. C. (2008). *Manutenção Pró-Activa pode economizar 10 vezes mais do que práticas de manutenção preditivas/preventivas convencionais*.
- International Energy Agency (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*. OECD/IEA, Paris. ISBN 978-92-64-22072-0.
- International Energy Agency (2012). *World Energy Outlook 2012*. OECD/IEA, Paris.
- International Energy Agency (2014a). *World Energy Outlook 2014*. OECD/IEA, Paris.
- Kardec, A. e Nascif, J. (2003). *Manutenção: função estratégica*. Qualitymark.
- Lazarin, D. F. (2008). *Implementação de um sistema de gerenciamento visual em um ambiente de alta diversificação e baixo volume de produtos*.
- Liker, J. (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill.
- Liker, J. e Meier, D. (2005). *The Toyota Way Fieldbook*. McGraw Hill.
- Marshall, R. (2014). *Desiccant Dryers – Ten Lessons Learned*. Compressed Air Best Practices. Issue April 2014, pp.26-29.
- Nakagawa, T. (2008). *Advanced Reliability Models and Maintenance Policies*, London: Springer-Verlag.
- Nakajima, S. (1989). *La Maintenance Productive Totale (TPM)*. Traduzido por Yoko Sim, Christine Condominas e Alain Gómez. Afnor.

- Nakajima, S. (1993). *Introduction to TPM*, Productive Press. Cambridge:MA
- Ohno, T. (1997). *O sistema toyota de produção: além da produção em larga escala*. Artes Médicas.
- Pinto, J.P. (2008). *Lean Thinking - Introdução ao Pensamento Magro*.
- Pinto, J.P. (2009). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lidel - Edições Técnicas Lda., Lisboa.
- Pinto, J.P. (2013). *Manutenção Lean*. Lidel - Edições Técnicas Lda., Lisboa. ISBN:978-972-757-877-1.
- Raposo, H. (2011). *Diagnóstico do estado da manutenção e acompanhamento de condição dos óleos dos autocarros de transporte urbano dos SMUTUC*. Projecto de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra.
- Ribeiro, H. (2007). *Total Productive Maintenance - Manutenção Produtiva Total*. Banas Report.
- Ribeiro, S. (2011). Tese de Mestrado, *Leaness na Manutenção Aeronáutica*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Roos, D., Womack, J. P., Jones, D.T. (1990). *The Machine That Changed the World*. Rawson Associates, Nova Iorque. ISBN 978-0892563500.
- Shingo, S. (1996). *Sistema de produção com stock zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas*. Trad. Lia Weber Mendes. Artes Médicas.
- Shirose, K. (2000). *TPM: new implementation program in fabrication and assembly industries*. JIPM.
- Siqueira, I.P (2009). *Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação*, 1ª Reimpressão, Qualitymark, Rio de Janeiro.
- Smith, R. e Hawkins, B. (2004). *Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share; Life cycle engineering*.
- Spirax Sarco (2007). *The Steam and Condensate Loop*, ISBN 978-0-9550691-3-0.
- U.S. Department of Energy, (2007). *Improving Process Heating System Performance: A Sourcebook for Industry, Second Edition*.
- U.S. Department of Energy, (2012). *Improving Steam System Performance: A Sourcebook for Industry, Second Edition*.
- Wilcox, M., Morton, R., Bachman, J., Brown, D. (2007). *Industrial Refrigeration Best Practices Guide* ISBN: 0-9721077-9-7
- Willmott, P. e Mccarthy, D. (2001). *TPM - A Route to World Class Performance*. Butterworth-Heinemann.

- Womack, J. e Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.
- Womack, J., e Jones, D. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. New York, NY: Simon & Schuster.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexos

Nas páginas seguintes encontram-se os anexos discriminados:

- *Scorecard* dos sistemas energéticos:
 - *Scorecard* utilizado para os sistemas de frio (Anexo I);
 - *Scorecard* sistemas de vapor (Anexo II);
 - Visualização geral dos resultados obtidos no *software* de avaliação ITP (Anexo III).
- Relatório do forno de embalamento KHS Kisters L11 (Anexo IV)
- Relatório geral dos fornos de embalamento exportado do *software PHAST* (Anexo V).

Anexo I - Scorecard utilizado para os sistemas de frio

System Assessment Questionnaire

This questionnaire covers most aspects of equipment and operations for industrial ammonia refrigeration systems found in a “typical” food processing facility. Relative weighting has been assigned to various questions as a rough approximation of their importance to overall efficiency and thus, their impact on operating costs. **Note:** The questions do not cover every possible efficiency scenario.

To assess the efficiency or efficiency potential of your refrigeration systems, you can compare the subtotals from each section of the questionnaire and also your total score to the table at the end. The first line in each section of the questionnaire refers you to relevant pages of the Best Practices Guide for more information. There’s more information on interpreting your score at the end of the self-assessment.

Section I: Suction Pressure

See *Reducing Lift*, page 46.

- 1** The saturated suction temperature on your system is about how many degrees less than the lowest air temperature or liquid temperature served? The scores acknowledge that closer temperature approaches are practical for liquid loads than for air loads. Base your answer on the single lowest-temperature load in your system.

For air loads:	For liquid loads:	Points
20°F or more	10°F or more	0
15°F to 20°F	7.5°F to 10°F	1
12°F to 15°F	6°F to 7.5°F	2
10° to 12°F	5°F to 6°F	3
10°F or less	5°F or less	4

Score

- 2** The controls for our system allow space temperatures to pull down below the required temperature by more than 2°F.

	Points
Yes	0
No	1

Score

- 3** Which of the following descriptions best describes your system:

	Points
We maintain our suction pressure below its design suction level to be conservative and run all evaporator fans at full speed.....	0
We maintain our suction pressure at its design suction pressure and run all fan evaporator fans at full speed	1
We allow our suction pressure to float above the design suction pressure while running all evaporator fans	2
We operate at the highest allowable suction pressure that still allows some fan cycling or fan-speed reduction.....	3

Score

- 4** A small but colder load on our refrigeration system determines the suction pressure we run, while a larger load on the same system could handle a higher suction pressure. (An example is an ice cream room on the same suction as a main freezer.)

	Points
Yes	0
No	1

Score

- 5 We have expanded our system. After the expansion, we see noticeably more pressure drop in our suction lines; or, sometimes we have trouble maintaining temperature in zones far from the compressor room.

	Points
Yes	0
No	1

Score

Points for Section 1: Suction Pressure

10 points possible

Section Score

Section 2: Discharge Pressure⁴

See *Reducing Lift*, page 46.

- 6 In Spring or Fall weather, our refrigeration system allows condensing pressures to float as low as:

	Points
150 psig or higher	0
130 psig	2
110 psig	4
90 psig or lower	6

Score

- 7 Our peak summer condensing pressure is about:

	Points
above 180 psig	0
170–180 psig	1
160–170 psig	2
150–160 psig	3
below 150 psig	4

Score

- 8 We have direct expansion (DX) evaporators or other DX loads in our system.

	Points
Yes	0
No	1

Score

- 9 Our high-stage or single-stage compressors are forced to unload (current-limit) in the summer to avoid overloading the motors because of high condensing pressures.

	Points
Sometimes	0
Never	2

Score

Points for Section 2: Discharge Pressure

13 points possible

Section Score

Section 3: Evaporator Part-Load Control

See *Improving Evaporator Part-Load Performance*, page 55.

10 Which of these statements best describes your evaporator fan control strategy?

	Points
We run evaporator fans at full speed at all times except defrost.	0
We manually shut off some evaporator fans during low load periods.	2
Our control system cycles evaporator fans to maintain space temperature.	4
Our control system uses two-speed or VFDs to maintain space temperatures.	6
Our control system includes VFDs and employs "group control" such that all zones in the same room to operate at the same speed provided that space temperatures are reasonably uniform.	8

Score

Points for Section 3: Evaporator Part-Load Control

8 points possible

Section Score

Section 4: Compressor Control and Sequencing

See *Improving Compressor Part-Load Performance*, page 59.

11 Which of these statements best describes your compressor sequencing?

	Points
We run our compressors manually, and do not usually have an opportunity to confirm that they are fully loaded.	0
We start and stop our compressors manually. Operating compressors remain fully loaded, but these compressors sometimes pull the suction pressure well below the required level.	2
We run our compressors manually, but are diligent about turning off unloaded machines most of the time.	4
We use a control system to sequence compressors in fixed order.	6
We use a control system that automatically mixes and matches compressor capacity and efficiency to best match the load.	8

Score

12 Which of the following best describes the typical unloading of our compressors?**Points**

- It is common to have two or more screw compressors operating at less than 100% capacity on the same suction system. 0
- All operating compressors remain fully loaded, but operate at lower than necessary suction pressures. 2
- Our control system fully loads our "base-load" compressors with one screw compressor acting as "trim" compressor by unloading the slide valve to maintain suction pressure at set point. 4
- Our control system fully loads our "base-load" compressors with either a reciprocating compressor or VFD-driven screw compressor acting as the "trim" compressor. 6

Score**Points for Section 4: Compressor Control and Sequencing****14 points possible****Section Score****Section 5: Condenser Control and Sequencing**See *Improving Condenser Part-Load Performance*, page 62.**13** Which of the following best describes our condenser sequencing?**Points**

- Our system cycles fans for condensing pressure control. Each condenser fan stage has a distinct "cycle on" set point and "cycle off" set point. The set points for successive stages are staggered such that all condenser fans are not on-line until the system pressure is above the minimum allowable discharge pressure. 0
- Our system cycles fans for condensing pressure control. There is a single set point for all condenser fan stages. When the pressure climbs above the set point, another fan stage is brought on-line. 1
- Our condenser fans are controlled with two-speed fans or VFDs. There is a single set point for all condenser fan stages. The system ramps one VFD to full speed, prior to bringing the next VFD-driven fan on-line. 2
- Our condenser fans are controlled with two-speed fans or VFDs. There is a single set point for all condenser fan stages. We ramp all fans at the same speed. 3

Score**14** We operate our condenser fans first and our pumps second.**Points**

- Yes 0
- No 2

Score

- 15** We run our system dry for several months each winter, which often includes a month or more when the weather is above freezing.

	Points
Yes	0
No	2

Score

Points for Section 5: Condenser Control and Sequencing

7 points possible

Section Score

Section 6: Equipment and System-Design Choices

See *Upgrading Equipment* on page 65.

- 16** When we have purchased evaporators or condensers in the past, we have compared and selected units based upon fan (and pump) horsepower per ton of capacity.

	Points
No	0
Yes	3

Score

- 17** Our screw compressors are cooled with liquid injection.

	Points
Yes	0
No	3

Score

- 18** Our system has no suction systems below -10°F saturated suction temperature that are not either single-stage economized or two-stage.

	Points
True	0
False	3

Score

- 19** Our system has no suction systems below -30°F saturated suction temperature that are not served with a two-stage system.

	Points
True	0
False	3

Score

- 20** We have refrigeration computer-control system.

	Points
False	0
True	3

Score

Points for Section 6: Equipment and System-Design Choices

15 points possible

Section Score

Section 7: Defrost Control

See *Improving System Design* on page 71.

- 21** Which of the following best describes our evaporator defrost schedule?

Points

- We initiate defrost with a time-clock. We do the same number of defrosts for the same duration throughout the year. 0
- We initiate defrost with a time-clock. We vary the interval and timing of the defrost as we see moisture loads change..... 1
- We initiate defrost based upon evaporator cooling run-time. We use the same run-time interval and duration throughout the year..... 2
- We initiate defrost based upon evaporator cooling run-time or some other means or measuring or inferring frost build-up. Defrost intervals and durations are changed manually or automatically throughout the year..... 3

Score

Points for Section 7: Defrost Control

3 points possible

Section Score

Section 8: Operation and Maintenance

See *Best Practices for O&M and Commissioning*, page 83.

- 22** Our condenser water treatment program is effective and our condensers are free of scale.

Points

- False 0
- True 2

Score

- 23** We measure the liquid ammonia temperature returning from our condenser. It is normally within 2°F of the saturation temperature corresponding to the discharge pressure.

Points

- False 0
- True 2

Score

- 24** We check, clean, and replace condenser nozzles, water distribution trays, and strainers such that the system is clog-free and our water spray coverage is complete.

Points

- False 0
- True 2

Score

- 25** We calibrate temperature sensors, pressure sensors, and slide valves at least once a year.

Points

- False 0
- True 2

Score

- 26** We routinely clean our evaporator coils and condenser tube bundles.

	Points
False	0
True	2

Score

- 27** We practice preventive maintenance on our compressors including regularly scheduled oil changes, filter changes, oil analysis, vibration analysis, and clearance checks.

	Points
False	0
True	2

Score

- 28** We routinely inspect our hot gas solenoid valves to confirm that no gas is leaking through to the suction system.

	Points
False	0
True	2

Score

- 29** Which of the following statements best describes how you manually record and track variables that have a significant energy or process impacts (examples include space or process temperatures, system pressures, compressor motor current, slide valve positions, compressor hour meter readings, etc.).

	Points
We don't formally track these variables.....	0
We manually record engine room and space temperature logs on at least a daily basis. This technique allows us to recognize problems early, but we seldom refer back to previous logs for comparison.	1
We record engine room logs on at least a daily basis. We use this for early recognition of problems and we periodically compare performance over time to identify emerging problems.....	2

Score

- 30** Which of the following best describes our use of our computer-control system for control?

	Points
We either don't have a computer-control system or we have overridden and disabled most/all of its control functions.	0
Our control system provides most/all of the control for our system, but we largely rely on the original settings.	1
We consider the control system a tool for active use. We routinely make control changes with a particular emphasis on minimizing energy use.	2

Score

- 31** Which of the following describes the use of our computer system for "trend-logging"? Trend-logging is defined as storing important system variables (space temperatures, system pressures, etc.) that can be reviewed in graphs or tables.

Points

We either do not have a control system, or we have a control system that we do not use for trend-logging.	0
We use the trend-logging capability of our computer on an occasional basis.	1
We review trend-logging on a regular basis and trend most/all of the control points that the system allows.	2

Score

Points for Section 8: Operation and Maintenance

20 points possible

Section Score

Section 9: System Commissioning

See *Best Practices for O&M and Commissioning*, page 83.

- 32** After our system was built or last expanded, we commissioned our system to assure that all major equipment was operating consistent with design specifications. This included examination of control algorithms, checking for appropriate system set points, and ensuring that all process needs and any energy goals were being met.

Points

False	0
True	5

Score

Points for Section 9: System Commissioning

5 points possible

Section Score

Section 10: Energy Management

See *Chapter 6: Tools for Implementing Best Practices*, page 91.

- 33** We track our refrigeration energy use on a macro basis (for examples, kWh versus unit of product, or kWh versus average ambient temperature) and compare plant to plant or year to year.

Points

No	0
Yes	1

Score

- 34** We have installed electrical submetering of our refrigeration system and we use it as a tool to optimize energy use and identify emerging trends.

Points

No	0
Yes	1

Score

- 35** During the course of our plant construction or last expansion, we had contractors provide bids on energy efficiency upgrades and evaluated incremental investments in energy efficiency. We selected options with low life-cycle costs that met our return on investment criteria.

Points

No	0
Yes	3

Score

Points for Section 10: Energy Management

5 points possible

Section Score

Anexo II - Scorecard sistemas de vapor

U.S. Department of Energy, ERE - ITP Tools Suite

File View Assessment Tools Help

Case Explorer

1 2 3

Sample
ITP_Sumol+Compall
ITP_Sumol+Compall13
ITP_Sumol+Compall12

ITP_Sumol+Compall12

Plant Information
Energy Sources
Production
Energy Use
Distribution
Savings Opportunities
Results

Quick Help

The information on

- You must select a category for each energy use system.

Ready

Steam Generation Equipment Score Card

Complete this score card to better characterize the condition and energy savings opportunities for your Steam Generation Equipment.

Steam Costs

1.1 Do you monitor your Fuel Cost To Generate Steam - in terms of (\$ / 1000 lbs. of steam produced)?

☒ Yes ☐ No

1.2 How often do you calculate and trend your Fuel Cost To Generate Steam?

☐ at least quarterly
☐ at least yearly
☒ less than yearly

Score Card

3

Steam/Product Benchmarks

2.1 Do you Measure your Steam/Product Benchmark - in terms of (lbs. of steam needed) / (unit of product produced)?

☐ Yes ☒ No

2.2 How often do you Measure and Trend your Steam/Product Benchmark - in terms of (lbs. of steam needed) / (unit of product produced)?

☐ at least quarterly
☐ at least yearly
☒ less than yearly

Score Card

Score Card

Score Card

Score Card

Score Card

Steam System Measurements

3.1 Do you measure and record Critical Energy Parameters for your Steam System?

☒ Steam Production Rate (to obtain total steam production)
☒ Fuel Flow Rate (to obtain total fuel consumption)
☒ Feedwater Flow Rate
☒ Makeup Water Flow Rate
☒ Blowdown Flow Rate

Save

Close

Anexo III - Visualização geral dos resultados obtidos no software de avaliação ITP

U.S. Department of Energy, EERE - ITP Tools Suite

FileViewAssessment ToolsHelp

Case Explorer

123

Sample

ITP_Sumol+Compal

ITP_Sumol+Compal12

ITP_Sumol+Compal13

ITP_Sumol+Compal14

ITP_Sumol+Compal12

Plant Information

Energy Sources

Production

Energy Use

Distribution

Savings Opportunities

Results

WelcomeITP_Sumol+Compal13ITP_Sumol+Compal12

1. Plant Info2. Energy Sources3. Production Info4. Energy Use5. Distribution6. Savings Opps7. Results

ITP_Sumol+Compal12: Savings Opportunities

Savings OpportunitiesGeneral Energy Management Questions

1 = No system assessment completed / Don't know
2 = System assessment completed but little or no implementation completed
3 = System assessment completed and substantial implementation completed

Energy Use System	1	2	3	Score Card
Compressed Air Systems	☐	☐	☐	Score Card
Fans Blowers	☐	☐	☐	
Industrial Facilities: (Lighting, HVAC, and Facility Support)	☐	☐	☐	
Materials Handling	☐	☐	☐	Score Card
Process Cooling Refrigeration	☐	☐	☐	Score Card
Process Heating	☐	☐	☐	Score Card
Pumps	☐	☐	☐	Score Card
Steam Generation Equipment	☐	☐	☐	Score Card

PrevSaveNext

Quick Help

The information on the first tab of this page characterizes the potential energy savings opportunities for the various major systems in your plant.

- You must select a category for each energy use system.

Ready

Anexo IV - Relatório do forno de embalagem KHS Kisters L11 PHAST

Initiation Date : 07-08-2014

Input Data

Plant General Information

Company Name	Sumol+Compal		
Plant Name	S+C Pombal		
Plant Description			
Final Product	Beverages		
Contact Name	Miguel Silva		
Phone	() - ()	E-Mail	miguel.silva@sumolcompal.pt

Fuel (Energy Source) Information

Name of Fuel-Energy	Heating Value Units	Heating Value	Cost Unit	Cost (EUR per Unit)
Electricity	kJ/kWh	3,600	/kWh	0.105
Natural Gas	kJ/m ³	38,000	/GJ	8.00

Initiation Date : 07-08-2014

Input Data

Company	Sumol+Compal	Furnace	KHS Kisters
Plant	S+C Pombal	Type of Operation	Continuous
Type of Furnace	Electrical Resistance	Cycle Time (hours)	

Furnace Information					
Furnace Description	Operating Hour Information				
Retractilizador Linha Latas F11	Weeks/ Year	Days/ Week	Shifts/ Day	Hours/ Shift	Hours/Year
					4,000
	Auxiliary Equipment Information				
	Total Nos.	Total Connected HP (all equipment)	% of Cycle Time	% Loading	
Compressors	0	0	0	0	
Vacuum Pumps	1	2	100	100	
Pumps	0	0	0	0	
Fans / Blowers	4	4	100	100	
Other Motors	4	4	100	100	

Heat Zone Information					
Zone Name	Latas				
Electric Heating					
Type of Electricity	Electricity				
kW Rating for All Sections	80.00	% of Rated Capacity Used	80.00	% Loading Factor	100.00
Estimated Value (kW)	0.00		Measured Value (kW)*		64.00
Comments / Notes					
None					

Print Date : 11/12/2014

PHAST v3.0

Page 2 of 6

Initiation Date : 07-08-2014

Input Data

Company	Sumol+Compal	Furnace	KHS Kisters
Plant	S+C Pombal	Type of Operation	Continuous
Type of Furnace	Electrical Resistance	Cycle Time (hours)	

Description	Current Condition	Modified Condition	Description	Current Condition	Modified Condition
Load/Charge Material (No of Component: 2)					
Component Name	Latas		Liquid in the Load as Discharged (%)	0	0
Select Type	Solid		Vapor Discharge Temp. (Celsius)	0	0
Material of the Load	Carbon Steel		Weight Reacted (%)	0	0
Weight of the Load - Rate (kg/hr)	25920	25920	Heat of Reaction (kJ/kg)	0	0
Initial Temp. (Celsius)	41.5	41.5	Type of Reaction	Endothermic	Endothermic
Final Temp. (Celsius)	42	42	Weight of Material Melted (%)	0	0
Select Liquid	Water	Water	Additional Heat Required (kJ/hr)	0	0
Liquid in the Load as Charged (%)	0	0	Heat Required (kW)	2.3	2.3

Component Name	Filme Envolvente		Liquid in the Load as Discharged (%)	0	0
Select Type	Solid		Vapor Discharge Temp. (Celsius)	0	0
Material of the Load	Polietileno		Weight Reacted (%)	0	0
Weight of the Load - Rate (kg/hr)	95	95	Heat of Reaction (kJ/kg)	0	0
Initial Temp. (Celsius)	30	30	Type of Reaction	Endothermic	Endothermic
Final Temp. (Celsius)	110	110	Weight of Material Melted (%)	0	0
Select Liquid	Water	Water	Additional Heat Required (kJ/hr)	0	0
Liquid in the Load as Charged (%)	0	0	Heat Required (kW)	1.2	1.2

Fixture, Trays, Conveyor etc. (No of Component: 1)					
Component Name	Esteira Transporte Forno		Initial Temp. (Celsius)	55	65
Select Type	Stainless Steel - 300 series		Final Temp. (Celsius)	105	105
Fixture Weight (kg/hr)	7800	7800	Correction Factor	0.75	0.8
			Heat Required (kW)	47.6	40.6

Wall Losses (No of Component: 2)					
Component Name	Paredes Laterais Forno		Ambient Temp. (Celsius)	25	25
Surface Area (m^2)	18	18	Correction Factor	1	1
Average Surface Temp. (Celsius)	45	45	Heat Required (kW)	4.7	4.7
Component Name	Cobertura Forno		Ambient Temp. (Celsius)	25	25
Surface Area (m^2)	9	9	Correction Factor	1	1
Average Surface Temp. (Celsius)	55	55	Heat Required (kW)	3.7	3.7

Print Date : 11/12/2014

PHAST v3.0

Page 3 of 6

Initiation Date : 07-08-2014

Input Data

Company	Sumol+Compal	Furnace	KHS Kisters
Plant	S+C Pombal	Type of Operation	Continuous
Type of Furnace	Electrical Resistance	Cycle Time (hours)	
Layer 4	Please Select Material	Layer 4	Please Select Material
Thickness (cm)	0	Thickness (cm)	0
Sides		Ends	
Opening ?	No	Opening ?	No
Area (m^2)	0	Area (m^2)	0
No. of Layer	3	No. of Layer	3
Layer 1	Carbon steel (0-260C)	Layer 1	Carbon steel (0-260C)
Thickness (cm)	0.4	Thickness (cm)	0.4
Layer 2	Rock (mineral) wool (0-650C)	Layer 2	Rock (mineral) wool (0-650C)
Thickness (cm)	0.9	Thickness (cm)	0.9
Layer 3	Carbon steel (0-260C)	Layer 3	Carbon steel (0-260C)
Thickness (cm)	0.4	Thickness (cm)	0.4
Layer 4	Please Select Material	Layer 4	Please Select Material
Thickness (cm)	0	Thickness (cm)	0

Print Date : 11/12/2014

PHAST v3.0

Page 5 of 6

Initiation Date : 07-08-2014

Input Data

Company	Sumol+Compal	Furnace	KHS Kisters
Plant	S+C Pombal	Type of Operation	Continuous
Type of Furnace	Electrical Resistance	Cycle Time (hours)	
Comments / Notes			
Section Name : Load/Charge Material			
31.6 g / 50 paks/hr = 94,9 = aprox. 95 kg			
Section Name : Fixture, Trays, Conveyor etc.			
Considerado: Peso esteira 65 kg ; 2 voltas por min; 60 min			
Section Name : Atmosphere Losses			
None			
Section Name : Water or Air Cooling Losses			
None			
Section Name : Wall Losses			
Parede Laterais: 6x1,5			
Section Name : Opening Losses			
None			
Section Name : Auxiliary Power - Heat Use			
None			
Section Name : Energy Input-Exhaust Gas Loss			
None			
Section Name : Heat Storage			
None			

Print Date : 11/12/2014

PHAST v3.0

Page 6 of 6

Initiation Date : 07-08-2014

Input Data

Company	Sumol+Compal		Furnace	KHS Kisters	
Plant	S+C Pombal		Type of Operation	Continuous	
Type of Furnace	Electrical Resistance		Cycle Time (hours)		
Auxiliary Power - Heat Use (No of Component: 3)					
Component Name	Ventiladores		Average Current (Amperes)	3	0
Type of Equipment	Fan / Blower		Type of Equipment	0.85	0.85
Motor Current Phase(s)	3	3	Operating Time (%)	100	100
Supply Voltage (Volts)	400	0	Power Used (kW)	1.8	0

Component Name	Motores		Average Current (Amperes)	8	0
Type of Equipment	Other Motors		Type of Equipment	0.85	0.85
Motor Current Phase(s)	3	3	Operating Time (%)	100	100
Supply Voltage (Volts)	400	0	Power Used (kW)	4.7	0

Component Name	Bomba Vacuo		Average Current (Amperes)	0.6	0
Type of Equipment	Vacuum Pump		Type of Equipment	0.85	0.85
Motor Current Phase(s)	3	3	Operating Time (%)	100	100
Supply Voltage (Volts)	400	0	Power Used (kW)	0.4	0

Energy Input-Exhaust Gas Loss					
Total Heat Input for Burners - User Defined (kJ/hr)	0	0	Available Heat (%)	100	100
Excess Air - User Defined (%)	0	0	Available Heat - User Defined (%)	100	100
Burner Combustion Air Temp. (Celsius)	0	0	Fuel Heat Delivered to the Oven/Furnace (kW)	0	0
Exhaust Gas Temp. (Celsius)	0	0	Other Losses (kJ/hr)	0	0
Electrical Power Input - Measured (kW)	64	0			

Heat Storage					
Furnace Shape	Rectangular		Furnace Temp. (Celsius)	180	180
Width / Diameter (m)	1.5		Ambient Temp. (Celsius)	25	25
Height (m)	1.5		Starting Wall Temp. (Celsius)	25	25
Length (m)	6		Correction Factor	1	1
Total Furnace Wall Heat Storage (kJ)	112323	0	Total Furnace Wall Heat Storage (kWh)	33	0
Top			Bottom		
Opening ?	No		Opening ?	Yes	
Area (m^2)	0		Area (m^2)	9	
No. of Layer	3		No. of Layer	1	
Layer 1	Carbon steel (0-260C)		Layer 1	Carbon steel (0-260C)	
Thickness (cm)	0.4		Thickness (cm)	4	
Layer 2	Rock (mineral) wool (0-650C)		Layer 2	Please Select Material	
Thickness (cm)	0.7		Thickness (cm)	0	
Layer 3	Carbon steel (0-260C)		Layer 3	Please Select Material	
Thickness (cm)	0.4		Thickness (cm)	0	

Print Date : 11/12/2014

PHAST v3.0

Page 4 of 6

Anexo V - Relatório geral dos fornos de embalagem exportado do software PHAST

Initiation Date : 07-08-2014

Plant Summary

Company Name	Sumol+ Compal		
Plant Name	S+ C Pombal		
Address	Pombal	European Union	
Contact Information	Miguel Silva E-Mail miguel.silva@sumolcompal.pt	Phone () - () Fax () - ()	
Currency	European Union - EUR - Euro	Conversion Rate Used (Equivalent to USD)	1.3310

Summary of Energy Sources Used

Energy Name	Heating Value	Heating Value Units	Cost (EUR per Unit)	Cost Units
Electricity	3,600	kj/kWh	0.105	/kWh
Natural Gas	38,000	kj/m ³	8.00	/GJ

Print Date : 10/15/2014

PHAST v3.0

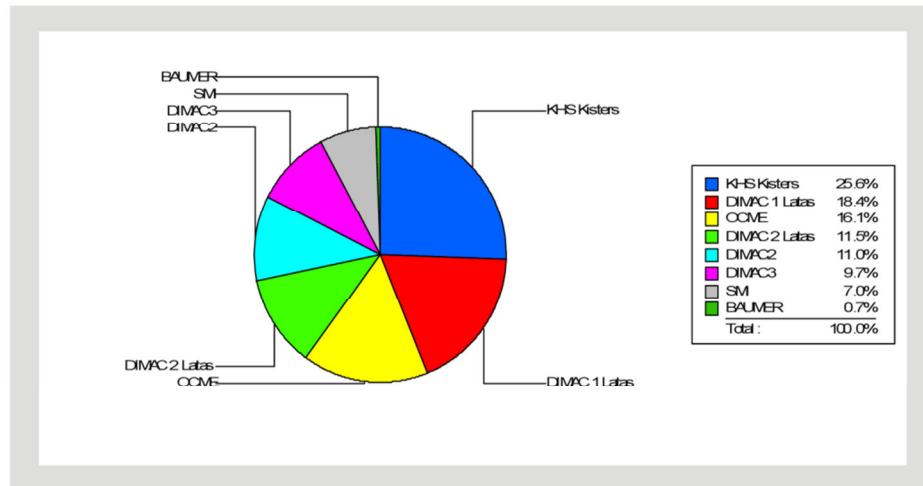
Page 1 of 5

Initiation Date : 07-08-2014

Plant Summary

Company Name	Sumol+ Compal
Plant Name	S+C Pombal

Process Heating Equipment - Energy Cost Distribution



Print Date : 10/15/2014

PHAST v3.0

Page 2 of 5

Initiation Date : 07-08-2014

Plant Summary

Company Name	Sumol+ Compal
Plant Name	S+C Pombal

Process Heating Equipment-Energy Used and Cost Distribution

Heating Equipment	Type of Furnace	Type of Operation	Operating hours / year	Electric Energy Use (Thousand kWh/Year)	Annual Cost (EUR/Year)	Fuel Energy Use (Million Btu/Year)	Annual Cost (EUR/Year)	Annual Total Cost (EUR/Year)	Annual Cost (USD/Year)	% of Total Cost
KHS Kisters	Electrical Resistance	Continuous	4,000	296	31,080	0	0	31,080	41,367	25.59
DIMAC 1 Latas	Electrical Resistance	Continuous	4,000	213	22,344	0	0	22,344	29,740	18.40
OCME	Electrical Resistance	Continuous	2,500	187	19,583	0	0	19,583	26,064	16.13
DIMAC 2 Latas	Electrical Resistance	Continuous	2,500	133	13,965	0	0	13,965	18,587	11.50
DIMAC2	Electrical Resistance	Continuous	3,000	127	13,318	0	0	13,318	17,727	10.97
DIMAC3	Electrical Resistance	Continuous	2,500	113	11,839	0	0	11,839	15,757	9.75
SMI	Electrical Resistance	Continuous	2,500	81	8,479	0	0	8,479	11,285	6.98
BAUMER	Electrical Resistance	Continuous	200	8	823	0	0	823	1,096	0.68
Total				1,156	121,430	0	0	121,430	161,624	100.00

Print Date : 10/15/2014

PHAST v3.0

Page 3 of 5