



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharias

# **Ferramentas computacionais de apoio à gestão do consumo energético e emissões de processos industriais de pequenas e médias empresas no sector agroalimentar**

**Renan Oliveira Zocca**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia e Gestão Industrial**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Pedro Dinis Gaspar

Covilhã, Junho de 2017



## **Agradecimentos**

Gostaria de começar meus agradecimentos ao meu orientador, Professor Doutor Pedro Dinis Gaspar, por todo o apoio, dedicação e disponibilidade ao longo deste trabalho, mais do que um orientador, um amigo que sempre esteve ao meu lado em toda esta trajetória.

Gostaria de agradecer também ao diretor do curso e meu professor o Professor Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos que sempre disponibilizou tudo que tinha em mãos para me ajudar.

Agradeço também de forma muito especial aos meus pais que sempre me apoiaram, desde do dia em que escolhi vim a outro país estudar até nestes aos momentos finais da entrega deste trabalho.

De forma muito carinhosa gostaria de agradecer mais duas pessoas muito importantes, o Ricardo Zocca, meu irmão e amigo que esteve sempre ao meu lado quando precisei e a Nathália Pilau, minha namorada, por toda a paciência e motivação durante este período.

Aos meus grandíssimos amigos, Paulo, Carla, Rafaela, Fábio, Tamela e Felipe. Obrigado pelas suas amizades, companheirismo e incentivo que me permitiram terminar este trabalho.

Aos meus amigos de curso que tive a oportunidade de conhecer, Carolina, Sónia, Beatrice, Miguel, Mónica, André entre outros que sempre estiveram ao meu lado e tornaram estes dois anos muito especiais.

A todos os meus professores que fizeram parte da minha carreira e a Universidade da Beira Interior que me proporcionaram todos os conhecimentos necessários para concluir este trabalho.

Muito obrigado!



## Resumo

Numa sociedade cada vez mais competitiva, e com uma conjuntura económica não favorável, é necessário que as pequenas e médias empresas (PMEs) se atualizem e possam com isso aumentar a sua eficiência.

As empresas têm apostado cada vez mais em ferramentas computacionais para dar o suporte necessário para criação de cenários destinados a facilitar a tomada de decisão. As PMEs representam uma fatia importante do sector agroindustrial de Portugal e criar ferramentas computacionais para apoiar este nicho de mercado é necessário para aumentar a sua competitividade.

Este trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de duas ferramentas computacionais para o auxílio de PMEs na tomada de decisão e organização. Uma das ferramentas tem como objetivo facilitar a implementação e manutenção da filosofia de gestão 5'S. Esta ferramenta fornece uma indicação gráfica da evolução a implementação na agroindústria de condições associadas à higiene, saúde e segurança no trabalho. A outra ferramenta desenvolvida destina-se a apoiar a gestão de energia e tem como objetivo comparar as características do consumo energético da empresa com a média do sector agroindustrial onde se insere. A ferramenta poderá ser usada nos sectores das carnes (matadouros ou presunto e enchidos), hortofrutícolas (centrais de frutas ou centrais de revenda), lácteos, peixes, vinho e distribuição. Os resultados fornecem uma indicação de quais as fontes de energia mais adequadas ecologicamente e/ou mais vantajosas financeiramente, por comparação do consumo específico com a média do sector.

As ferramentas desenvolvidas nesta dissertação têm enfoque no sector agroindustrial com intuito de facilitar e implementar uma nova cultura de gestão empresarial, num sector tão importante a nível nacional, mas sobre o qual existe um longo caminho a percorrer na utilização de ferramentas computacionais que se posicionem para uma efetiva melhoria do desempenho das empresas.

## Palavras-chave

Ferramentas Computacionais, PMEs, *Lean Manufacturing*, Sector Agroindustrial, Filosofia 5'S, Gestão de energia



## Abstract

In an increasingly competitive society, and with unfavorable economic conditions, it is necessary for small and medium-sized enterprises (SMEs) to update themselves and thus increase their efficiency.

Companies increasingly rely on computational tools to provide the support needed to create scenarios to help decision-making. SMEs represent a significant part of Portugal's agro-industrial sector and creating computational tools to support this niche market is necessary to increase its competitiveness.

This dissertation has as main objective the development of two computational tools to help SMEs in decision-making and organization. One of the tools facilitates the implementation and maintenance of the 5'S management philosophy. This tool provides a graphical indication of the evolution of the implementation in the agroindustry company of conditions associated with occupational safety and health. The other tool developed supports the energy management and aims to compare the characteristics of the energy consumption of a company with the average of the agro-industrial sector where it operates. The tool can be used in the sectors of meat (slaughterhouses or ham and sausages), horticultural (fruit farms or resale centers), dairy, fish, wine and distribution. The results provide an indication of which energy sources are most environmentally and/or financially more advantageous by comparing the specific consumption with the industry average.

The tools developed in this dissertation focus on the agroindustrial sector in order to facilitate and implement a new culture of business management, in a sector so important at national level, but on which there is a long way to go in the use of computational tools that position themselves for an effective improvement of the company's performance.

## Keywords

Computational Tools, SMEs, Lean Manufacturing, Agroindustrial Sector, 5'S philosophy, Energy management



---

# Índice

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	iii
Abstract .....	v
Índice .....	vii
Lista de Figuras.....	ix
Nomenclatura.....	xi
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Enquadramento .....	2
1.2. Objetivos e contribuição da dissertação .....	9
1.3. Visão geral e organização da dissertação .....	9
<b>2. Sector Agroindustrial.....</b>	<b>11</b>
2.1. Sector dos Cereais .....	11
2.2. Sector da Pecuária .....	14
2.3. Sector dos Lácteos.....	18
2.4. Sector dos Hortofrutícolas .....	20
2.5. Sector da Distribuição .....	21
2.6. Sector dos Peixes .....	22
2.7. Sector do Vinho .....	23
2.8. Indústria Agroalimentar .....	24
2.9. Trabalhos Recentes e Cenários Futuros.....	29
2.10. Nota conclusiva.....	32
<b>3. Lean Manufacturing .....</b>	<b>33</b>
3.1. História e Conceito do <i>Lean Manufacturing</i> .....	33
3.2. As técnicas e aplicação do Lean Manufacturing.....	36
3.3. Ferramentas do Lean Manufacturing .....	37
3.3.1. <i>Just-in-Time (JIT)</i> .....	38
3.3.2. <i>Kaizen</i> .....	39
3.3.3. <i>Heijunka</i> .....	39
3.3.4. <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i> .....	40
3.3.5. <i>Poka-yoke</i> .....	40
3.3.6. <i>Standardized Work (SW)</i> .....	41

3.3.7.	<i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i> .....	41
3.3.8.	<i>Value Stream Mapping (VSM)</i> .....	42
3.3.9.	<i>Kanban</i> .....	42
3.3.10.	<i>5's</i> .....	44
3.4.	Nota conclusiva .....	46
<b>4.</b>	<b>Ferramentas Computacionais</b> .....	<b>49</b>
4.1.	Ferramenta computacional de apoio Gestão 5'S.....	52
4.1.1.	Estudo de Caso - Aplicação da Ferramenta.....	55
4.2.	Ferramenta computacional de apoio gestão de energia.....	59
4.2.1.	Tabelas de Conversão de Unidades - Memória de Cálculo .....	64
4.2.2.	Estudo de Caso - Aplicação da Ferramenta.....	65
<b>5.</b>	<b>Conclusões</b> .....	<b>75</b>
5.1.	Sugestões de trabalhos futuros.....	76
	<b>Referências bibliográficas</b> .....	<b>79</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 – Centros de origem identificados por Nikolai Vavilov (Ladizinsky, 1998).....	3
Figura 2 - Cenas diárias de produção agrícola no Egito. (Note o uso de força animal para aumentar a produtividade) .....	4
Figura 3 - Evolução no aumento da produção durante a Revolução Industrial.....	5
Figura 4 - Evolução dos preços [£m] das principais mercadorias na Revolução Industrial. . .....	5
Figura 5 - Utilização das terras [km <sup>2</sup> ] na Grã Bretanha durante a Revolução Agrícola (Allen, 1994). ...	6
Figura 6 - Ferramentas Lean.....	38
Figura 7 - Envolvimento dos funcionários com o Kaizen. (Adaptado de Singh & Singh (2009)).....	39
Figura 8 - Método Poka-yoke (4lean, 2017) .....	41
Figura 9 - Diagrama de funcionamento do Kanban (Azevedo, 2015). .....	43
Figura 10 - Sistema Kanban físico (Azevedo, 2015).....	43
Figura 11 -Sistema Kanban software (Azevedo, 2015). .....	44
Figura 12 – Descrição da denominação 5's. ....	45
Figura 13 - Ferramenta de apoio à gestão organizacional - Ferramenta 5'S.....	54
Figura 14 - Ferramenta de apoio à gestão organizacional - Exemplo de Preenchimento Ferramenta 5'S. .....	56
Figura 15 - Ferramenta de apoio à gestão organizacional - Aviso do 13 <sup>o</sup> mês. ....	57
Figura 16 - Ferramenta de apoio à gestão organizacional - Gráfico dos Resultados 5'S.....	58
Figura 17 – Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Panorama do Sector.....	61
Figura 18 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Análise Energética – Individual. 62	
Figura 19 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Relatórios Gráficos.....	63
Figura 20 - Conversões de Unidades. ....	65
Figura 21 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Panorama do Setor Lactícínios. . 66	

Figura 22 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Detalhe do Panorama do Setor Lacticínios.....	67
Figura 23 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Análise dos Gastos Energéticos - LT25.....	68
Figura 24 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Detalhe Quadro Energia Elétrica / Solar.....	69
Figura 25 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Detalhe Quadro Energia Térmica.....	70
Figura 26 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Detalhe Quadro Produto Acabado / Caldeira.....	71
Figura 27 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Relatório Gráfico.....	72

## Nomenclatura

### ***Acrónimos:***

FAO	Food and Agriculture Organization;
PME	Pequenas e Médias Empresas
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change;
UBI	Universidade da Beira Interior;
UK	Reino Unido;
ODP	Ozone Depletion Potencial
PIB	Produto Interno Bruto
HCFC	Hidroclorofluorcarboneto
HFC	Hidrofluorcarboneto
HC	Hidrocarboneto
HFO	Hidrofluorolefina
HVAC	<i>Heating - Ventilating and Air-Conditioning - Refrigeration</i>
IPCC	<i>International on Climate Change</i>



## 1. Introdução

As indústrias dos sectores agroalimentares representam uma importante e significativa parte da economia e cultura do povo português. As empresas do sector agroalimentar são na maioria pequenas e médias empresas (PMEs) e grande parte destas são microempresas. (Pordata, 2007)

A dificuldade destas pequenas empresas em se modernizarem e aplicarem novas ferramentas é um dos principais entraves à inovação tecnológica. As pequenas empresas, principalmente as familiares, tem tendências a manterem a sua produção de forma tradicional e muito renitentes a mudanças.

Desenvolver o mercado local com ferramentas de fácil acesso e, nomeadamente, com ferramentas sem custos é um passo importante para estas pequenas empresas começarem a introduzir filosofias de gestão empresarial já há muito difundida nas grandes empresas. Um exemplo recorrente é a ferramenta 5'S.

O desenvolvimento de ferramentas computacionais é cada vez mais recorrente, integrando a rotina de trabalho das grandes empresas. Atualmente, é impensável a compilação de dados e a criação de cenários que procurem a melhoria do sistema produtivo sem a utilização de ferramentas computacionais que possam dar suporte nas decisões dos empresários de grandes cadeias produtoras. No entanto, esta não é a realidade da grande maioria dos pequenos empresários.

Os pequenos empresários têm dificuldades com a implementação destas ferramentas, sobretudo, pelo alto investimento inicial que acarretam. Este investimento ficaria fora da realidade destes empresários. Adicionalmente, poucas são as ferramentas previamente configuradas e adequadas aos processos produtivos e organizacionais específicos de cada empresa, apresentando assim resultados insuficientemente satisfatórios para o mercado nacional (Martins, 2012).

O desenvolvimento de ferramentas computacionais de apoio que satisfaçam essas características, torna-se necessário para dar aos gestores das empresas mais informações que apoiem a tomada de decisão.

## 1.1. Enquadramento

Historicamente o homem sempre procurou exercer o seu domínio sobre a natureza. Ao conjunto de técnicas utilizadas para cultivar plantas para a obtenção de alimentos, bebidas, fibras, energia, matéria-prima para roupas e construção, medicamentos, ferramentas ou apenas para a contemplação estética dá-se pelo nome de agricultura.

A agricultura é a ciência, a arte ou a prática de cultivar o solo, produzir culturas e / ou criar animais em diferentes níveis para comercialização ou consumo próprio (Merriam-Webster, 2016). A definição de agricultura é ampla e refere-se aos instintos mais básicos do ser humano ser capaz de produzir alimentos para satisfazer a sua fome e a sobrevivência da espécie.

A etimologia da palavra Agricultura provém do latim *agricūra* "cultivo da terra", composto por *ager* (campo, território) e *cultūra* (cultivo, crescimento), no sentido estrito de cultivo.

A história da agricultura está intimamente ligada à história humana, devido à sua importância no caminho seguido pela vida humana. O surgimento da agricultura separa o período neolítico da época imediatamente anterior, que foi o período da pedra lascada (FAO, 2006). Com o surgimento da agricultura e com o homem moldando a natureza em seu favor, começou o desenvolvimento de novas técnicas, ferramentas e, conseqüentemente, a possibilidade de pequenos povoamentos. Anteriormente, a criação desses povoamentos era impossível porque o homem tinha a natureza de caçador e coletor seguindo as presas onde elas fossem. Portanto, uma natureza itinerante e nómada que é transformada, dando início a uma nova era.

Os locais indicados na Figura 1 mostram onde foram identificadas as primeiras regiões de produção agrícola: (1) México-Guatemala, (2) Peru-Ecuador-Bolívia, (2A) Sul do Chile, (2B) Sul do Brasil, (3) Mediterrâneo, (4) Médio Oriente, (5) Etiópia, (6) Ásia Central, (7) Indo-Birmânia, (7A) Siam-Malaya-Java, (8) China e Coreia (Ladizinsky, 1998). A partir da análise desses locais, pode-se ver que estes, posteriormente, formaram a base para as grandes sociedades, demonstrando assim como a evolução da agricultura afetou e mudou a humanidade e como, em geral, moldou nossa sociedade.

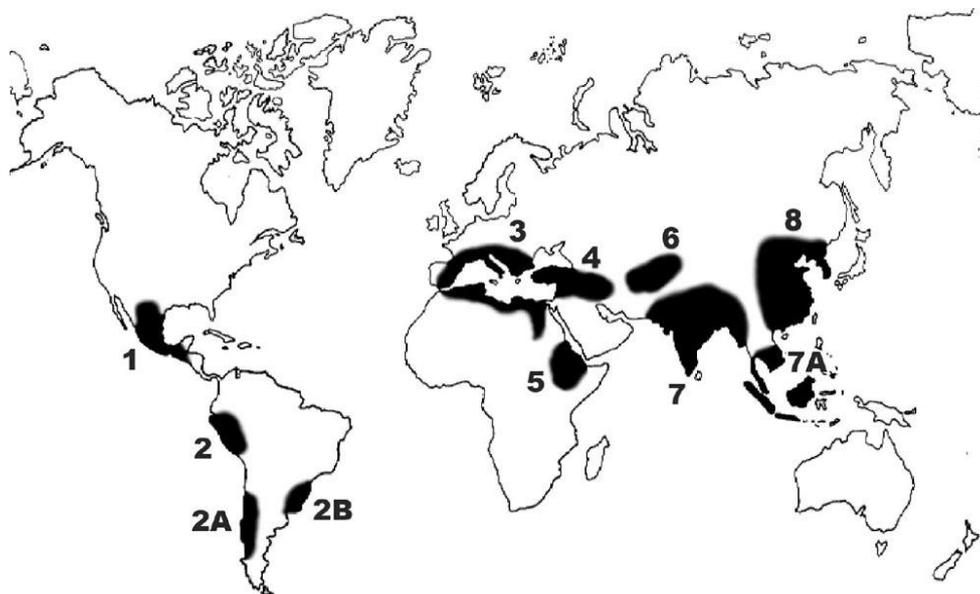


Figura 1 - Centros de origem identificados por Nikolai Vavilov (Ladizinsky, 1998).

As sociedades que criaram e dominaram as novas ferramentas tiveram uma vantagem em comparação com aquelas que não tinham essa capacidade. A produtividade consequente desse domínio é de suma importância até os dias atuais, mais do que apenas uma vantagem econômica, a produtividade era e ainda é uma vantagem estratégica.

Com a evolução das ferramentas, técnicas e com o uso crescente do poder animal na produção agrícola (ver Figura 2), foi alcançado um aumento na produtividade. Este aumento fez com que as sociedades que dominassem estas técnicas crescessem mais do que outras, tornando-se em impérios e superpotências em seu tempo.

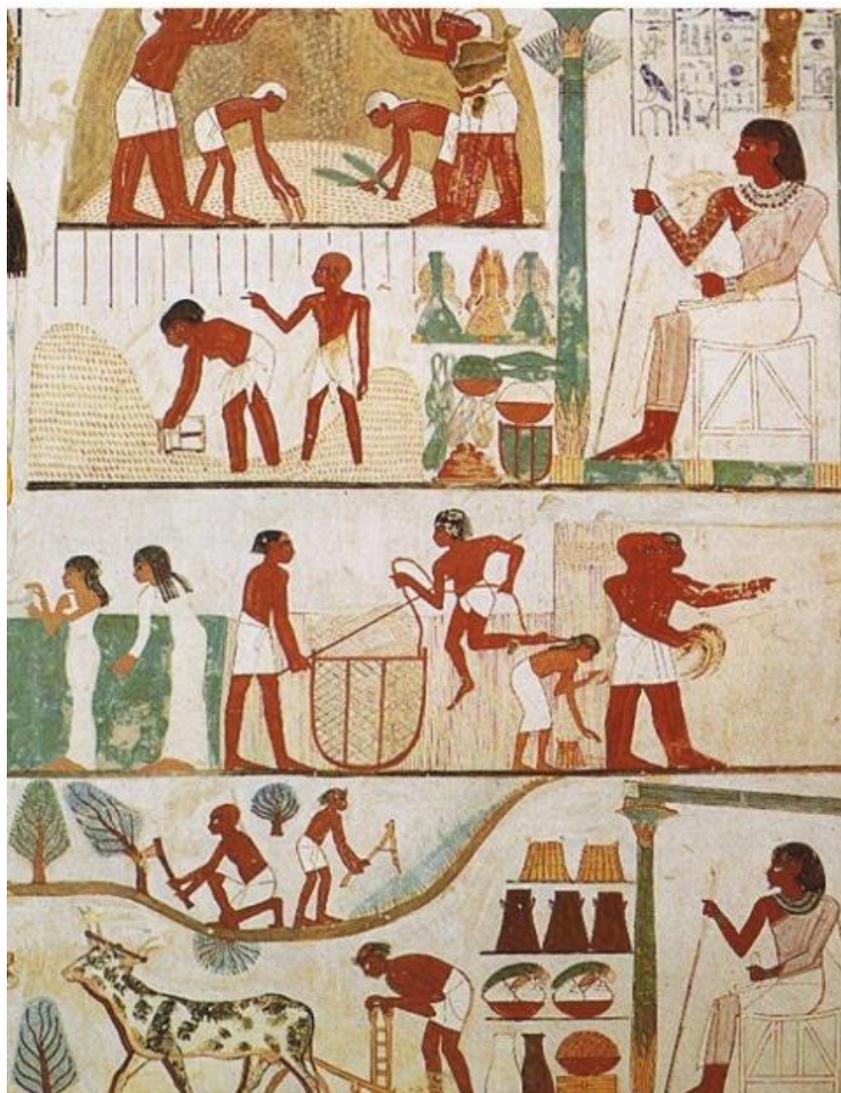


Figura 2 - Cenas diárias de produção agrícola no Egito. (Note o uso de força animal para aumentar a produtividade)

O sistema de produção agrícola sofreu uma grande evolução durante a Revolução Industrial. Aproximadamente ao mesmo tempo, a Grã-Bretanha passava por uma revolução agrícola. Esta revolução foi causada pela implementação de novas ferramentas, pelo uso de fertilizantes (uma nova tecnologia na época) e novas técnicas de plantação. O resultado foi um aumento muito significativo da produtividade no campo. A evolução das principais mercadorias (peso e preço) durante esse período pode ser observada na Figura 3 e Figura 4.

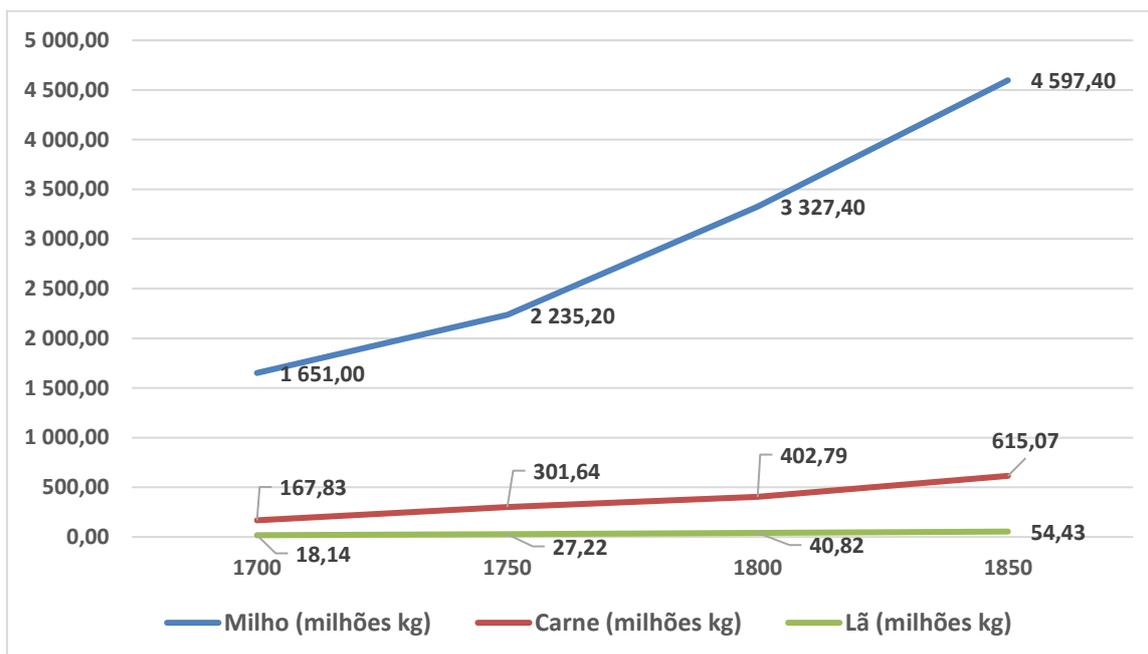


Figura 3 - Evolução no aumento da produção durante a Revolução Industrial.

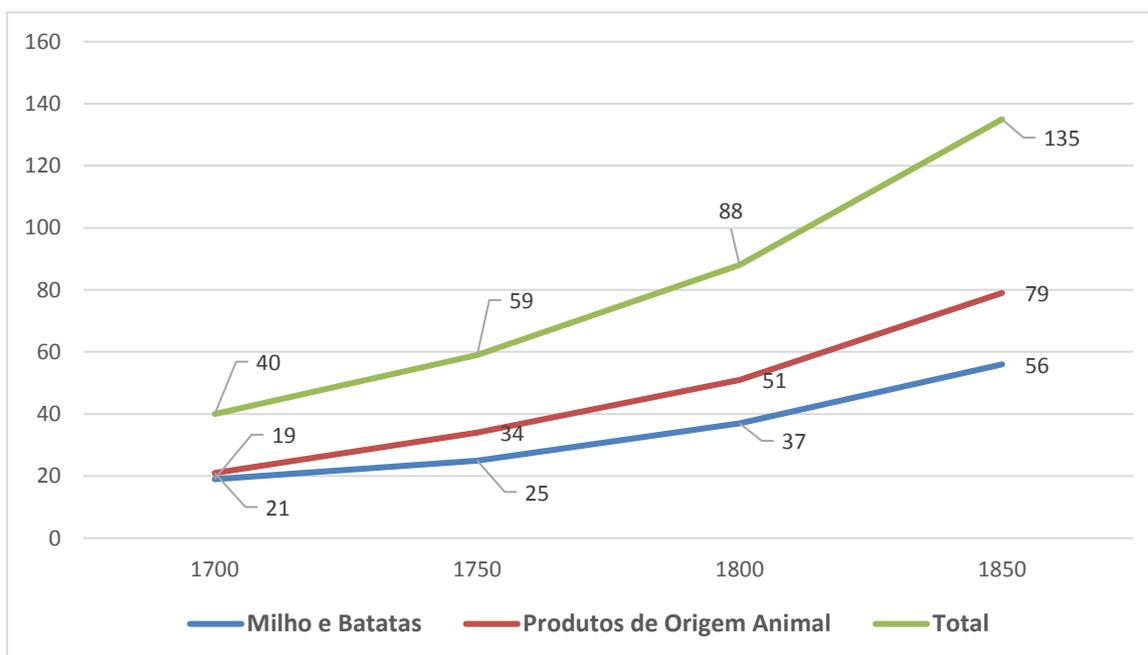


Figura 4 - Evolução dos preços [£m] das principais mercadorias na Revolução Industrial.

A Figura 3 e a Figura 4 representam a evolução das principais mercadorias (peso e preço) no Reino Unido durante a revolução agrícola. Nota: Trigo, aveia, feijão, óleos de sementes e aveia estão incluídos no milho. A carne, a lã, os produtos lácteos e os queijos (apesar do queijo ser um produto lácteo, o seu processo de fabrico é único, portanto será feita uma caracterização separada do mesmo) estão incluídos na produção animal (Allen, 1994).

A Figura 5 mostra a área de cultivo na Grã-Bretanha, durante o mesmo período acima mencionado (1700 - 1850). Nota-se que houve um aumento na produção agrícola, aproximadamente de 340%, enquanto que a área cultivada diminuiu cerca de 2%.

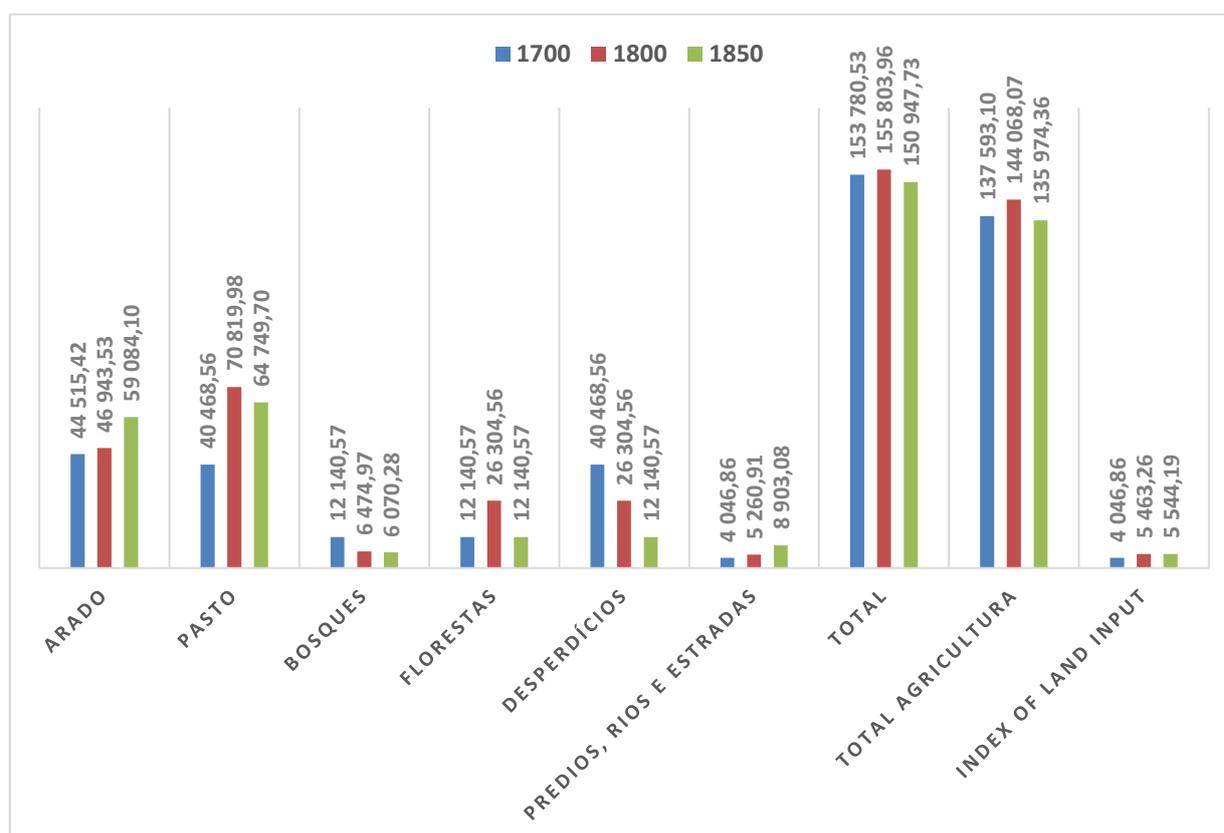


Figura 5 - Utilização das terras [km<sup>2</sup>] na Grã Bretanha durante a Revolução Agrícola (Allen, 1994).

Este aumento notável da produção mesmo com a manutenção de praticamente a mesma área de cultivo é explicado pelas várias técnicas e ferramentas criadas durante esse período. O aumento da produtividade por km<sup>2</sup> a partir da Revolução Agrícola só tendeu a aumentar.

No entanto, este aumento da produtividade teve consequências. O impacto ambiental, que antes da Revolução Agrícola era praticamente zero, passou a aumentar com o uso de fertilizantes, máquinas com queima de combustíveis fósseis, desmatamento, mineração e outras atividades. De acordo com o *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, esse tipo de atividades leva ao aumento do aquecimento global.

Essas atividades humanas resultaram em um aumento da concentração de gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) na atmosfera desde o início da Revolução Industrial, por volta de 1750 (Parry, 2007). Segundo este mesmo autor, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera aumentou de 280 partes por bilhão por volume (ppb) para um valor de 379 (ppb) desde a era da revolução pré-industrial até 2005. O mesmo se aplica à concentração de metano (CH<sub>4</sub>). Esse aumento foi ainda mais significativo, uma vez que o aumento da concentração atmosférica foi de aproximadamente 250%, de 715 ppb para 1774 ppb no mesmo período. O óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) possuía uma concentração atmosférica de aproximadamente 270 ppb antes da Revolução Industrial, e aumentou para 319 ppb até 2005.

A mudança climática dificulta e agrava a disponibilidade de água potável na superfície do planeta. Este é um problema crescente devido às alterações significativas nas temperaturas terrestre e dos oceanos, variáveis que afetam o círculo hidrológico (precipitação, infiltração, escoamento, evaporação, condensação). As mudanças nas estações das chuvas levam a que algumas regiões, que anteriormente tinham estações bem definidas de seca e chuva, possuam agora períodos irregulares, fazendo com que sua produção seja diretamente impactada pelas mudanças climáticas.

A qualidade da água superficial também diminuiu com o passar do tempo. Esta representa apenas 0,006% do volume total de água do planeta. Trata-se de uma consequência direta dos aportes crescentes de químicos no ar, do ambiente onde está localizado e dos processos bioquímicos que esses aportes transformam dentro do próprio sistema. Estes aportes são provenientes dos processos naturais e / ou atividades humanas, como a deposição atmosférica no curso do sistema aquático ou a descarga direta de poluentes nos cursos de água e as injeções químicas diretas de poluentes no sistema aquático (Anderson *et al.*, 2011)

A água que flui para as bacias hidrográficas tem uma rota mais indireta, isto é, segue por vários tipos de vegetação e solos, ou por ecossistemas. Cada um dos quais pode contribuir para extrair, adicionar ou transformar quimicamente aquela água antes de atingir um rio, riacho, bacia, etc. O oposto também pode acontecer, com esta água alterando quimicamente a região que banha. O trajeto que esta água toma no fluxo hidrológico, juntamente com o curso natural das bacias hidrográficas e suas transformações que ocorrem ao longo dessa rota é que determinarão as suas características químicas e físicas ao entrar no sistema de água de superfície. As mudanças no sistema hidrológico da região não são apenas locais, mas podem e provavelmente serão mais amplas, uma vez que as mudanças químicas na água seguem seu curso natural.

Na agricultura, um dos principais poluidores dos sistemas aquíferos são os pesticidas. Segundo Wauchope (1978), no uso de pesticidas estima-se que as perdas nas plantações são de cerca de 0,5% ou menos, relativo à quantidade inicialmente aplicada. Este valor é constante a menos que uma precipitação severa ocorra entre uma ou duas semanas após a aplicação. As exceções estão relacionadas com a aplicação de inseticidas organoclorados, uma vez que os sistemas aquíferos podem absorver cerca de 1%, independentemente do padrão climático, devido à sua longa persistência nos campos de produção. As formulações químicas de herbicidas em pó solúveis aplicadas à superfície do solo podem ser perdidas até 5%, dependendo do tempo e da inclinação do terreno, devido à facilidade de remoção do pó.

O comportamento e o destino das perdas dos pesticidas são geralmente desconhecidos e é necessário estudá-los. Informações sobre os fatores acerca do tempo e a distância que este pesticida pode afetar a capacidade de um determinado ecossistema devem ser determinadas. A capacidade do ecossistema local para recuperar de uma concentração transitória de pesticidas e sua capacidade de dissipação no ecossistema aquático local também deve ser estudada. Somente assim se poderá escolher o pesticida que causará o menor impacto ambiental e o que melhor se adequará ao ecossistema em que ele está sendo aplicado.

O setor da agroindústria é muito suscetível às alterações do ecossistema em que está implementado. Os estudos de como minimizar os impactos ambientais são de suma importância já que o setor da agroindústria é, e sempre será, um setor estratégico, estando diretamente ligado à sobrevivência da raça humana. Apesar da riqueza dos produtos agrícolas ter diminuído ao longo da última década (hoje o setor representa cerca de 4% do PIB mundial), cifra-se no valor exorbitante de aproximadamente 3125 bilhões de dólares por ano (World Bank Data, 2015).

## **1.2. Objetivos e contribuição da dissertação**

Este trabalho tem como objetivo apoiar a produtividade e competitividade das PMEs do setor agroindustrial quanto à gestão organizacional e eficiência energética, pelo desenvolvimento de duas ferramentas computacionais de apoio à tomada de decisão. Uma destas ferramentas visa influenciar nestas organizações um pensamento sistemático dos seus procedimentos. A outra ferramenta destina-se à análise de fontes de produção de energia e traçar cenários de substituição de fontes energéticas, tanto por análise de custo como de emissões de gases com efeito de estufa.

No sentido de escalar a utilização destas ferramentas nas empresas agroindustriais, foram desenvolvidas em formato de folhas de cálculo do Excel, visto este software ser de uso bastante comum. Funcionam como ferramentas computacionais que tem o objetivo de auxiliar os gestores de empresas a tomar decisões quanto a limpeza e organização da empresa (aplicando o conceito dos 5'S), e a introdução de uma ideia de economia de energia, bem como do aumento de eficiência e pegada ecológica.

Estas ferramentas podem auxiliar na introdução de um pensamento sistemático de melhoria continua por meio de pontuações e comparações com os valores representativos da média nacional obtidos no decorrer do projeto InovEnergy - Eficiência Energética no Sector Agro-Industrial (01/SIAC/2011, Ref.: 18642).

## **1.3. Visão geral e organização da dissertação**

A organização geral da tese decorre do geral para o específico, de modo a facilitar a compreensão dos diversos assuntos expostos dividindo-se em cinco capítulos conforme o assunto abordado. Este capítulo, Capítulo 1 - Introdução, apresenta um esboço do tema que rege o desenvolvimento da dissertação, isto é, um enquadramento aos termos relacionados com eficiência e sustentabilidade em âmbito industrial e de como também estes fatores derivam de uma adequada gestão organizacional. O capítulo conta ainda com a descrição dos objetivos pretendidos e a estrutura da dissertação.

O capítulo 2 - Sector Agroindustrial, apresenta uma revisão bibliográfica dos oito setores agroindustriais: cereais; pecuária (carnes); lácteos; hortofrutícolas; distribuição; peixe e vinho, abordados na ferramenta de apoio computacional, em Portugal e no Mundo.

O capítulo 3 - *Lean Manufacturing*, é apresentado um estado da arte da filosofia *Lean* e a suas principais ferramentas de apoio para a sua aplicação.

O capítulo 4 - Ferramentas de Apoio Computacional, expõe as duas ferramentas de apoio computacional, o seu funcionamento e seus objetivos. Um estudo de caso e a discussão dos resultados obtidos são explanados neste capítulo.

Por fim, no capítulo 5 - Conclusão, é apresentada uma avaliação dos resultados obtidos e a importância do uso das ferramentas computacionais.

## 2. Sector Agroindustrial

O impacto que o setor agrícola tem no nosso planeta vai muito além do desmatamento para plantação. Este procedimento tem consequências sobre milhares de animais e plantas, reduzindo o número de árvores (sendo esta uma das condições diretamente ligadas ao aquecimento global), saturação de terra devido aos efeitos da plantação contínua da mesma cultura na terra, particularmente sobre as perdas de nutrientes específicos e a poluição química com o uso de agroquímicos (Jardim *et al*, 2009). Assim, equilibrar o aumento da produtividade com o custo ambiental é uma discussão atual, caracterizando os diversos setores produtivos da agricultura e agroindústria, uma vez que cada cultura tem as suas próprias características, que são muito diferentes umas das outras. Portanto, é necessário estudar as características intrínsecas de cada setor produtivo.

Assim, estudar cada campo de produção agrícola separadamente é inevitável, principalmente devido ao enorme processo de produção e às diferenças de cadeia de produtos. Desta forma, a próxima seção descreve separadamente os principais setores agrícolas e agroindustriais.

### 2.1. Sector dos Cereais

A produção de cereais responde por grande parte da produção agrícola mundial. De acordo com a FAO, a produção mundial de cereais atingiu 2571 milhões de toneladas em 2016, o que representa aproximadamente 16,7% mais que a produção obtida em 2015, embora abaixo da meta de 3,0 mil milhões de toneladas prevista para 2050 (Alexandratos & Bruinsma, 2003).

Os cereais (milho, arroz e trigo) normalmente são fonte primária de obtenção das calorias que um ser humano normalmente come ao longo do dia (Carvalho, 2006). Portanto, são a base alimentar para a maioria das populações ao redor do globo. O aumento da produção não pode continuar a depender de uma oferta intensiva de fatores como sejam o uso crescente de agroquímicos.

A degradação do solo e a acumulação de toxinas nos sistemas de produção de arroz é já uma realidade na Ásia e causa de preocupação devido ao abrandamento do crescimento da produtividade (Wassmann *et al.*, 2009). Assim sendo, o uso intensivo de pesticidas para garantir o aumento da produtividade, não está a trazer resultados satisfatórios, ou seja, não se converte num aumento efetivo da produtividade.

Foram desenvolvidas técnicas para assegurar um aumento da produtividade sem a introdução de novos fatores de produção ou de matérias-primas. Na China, verificou-se que a aplicação de uma variedade de arroz geneticamente diversa no mesmo arrozal e a combinação de fertilizantes orgânicos e inorgânicos reduziu significativamente a incidência de doenças fúngicas. Deste modo, os agricultores puderam diminuir a aplicação de fungicidas, que além de reduzir custos também reduziu o impacto ambiental (Pan *et al.*, 2009). Outro exemplo está relacionado com os agricultores na Zâmbia que cultivam acácia, *Faidherbia albida*, perto dos seus campos de milho. Estes usam as folhas de acácia, ricas em azoto, como um fertilizante natural e como uma cobertura vegetal protetora durante a estação de chuvas. Estes agricultores conseguiram triplicar os rendimentos com esta técnica relativamente simples e barata (Garrity *et al.*, 2010).

Existem ainda mais técnicas e sistemas de produção que visam maximizar a produção agrícola, combinando um bom desempenho energético e baixos custos ambientais. Estas oportunidades, como indicado nos próximos subcapítulos, não são exclusivas do sector dos cereais.

Os agricultores chineses recebem incentivos governamentais para investir em plantações de produção limpa, isto é, sem impactos ambientais ou pelo menos com impactos mitigados. A falta de conhecimento sobre esses incentivos é o maior problema para a adesão. No estudo apresentado por Luo *et al.* (2014), apenas 21 agricultores dos 259 agricultores entrevistados utilizaram os incentivos. 174 agricultores afirmaram não conhecer o programa de incentivo e 64 agricultores apontam para a falta de conhecimentos técnicos.

As mudanças climáticas afetam a produção de cereais de diversas formas, como longos períodos de seca ou chuva, invernos extremamente rigorosos, verões muito quentes e pragas nas lavouras. De acordo com Garrick & Liburd (2017), a mudança climática pode causar variação de eventos climáticos que por sua vez pode aumentar a concentração de CO<sub>2</sub> e as temperaturas globais. O desenvolvimento de pragas é altamente influenciado por fatores ambientais, incluindo a temperatura. Com o aumento da temperatura, torna-se mais propício o desenvolvimento de pragas, além de se verificar um aumento da sua escala geográfica de influência. Com o aumento das populações de pragas, os programas de controlo normais, focados principalmente na aplicação direta de pesticidas em sprays, tiveram que evoluir para uma maior gestão e eficiência.

A aplicação descontrolada de pesticidas pode causar vários problemas, como a alteração das propriedades químicas do solo, o que pode torná-lo menos lucrativo ou reduzir a sua capacidade de produzir como antes. A existência de programas governamentais para controlo de pragas é requerida. Estes programas devem cobrir uma esfera local de produção e contar com a cooperação de associações e cooperativas locais, da indústria privada (empresas de controlo de pragas e agroquímicas) e do público em geral que lida com o problema diariamente (Garrick & Liburd, 2017).

O uso indiscriminado de pesticidas pode ser uma espada de dois gumes, porque pode levar a um ciclo de uso crescente de pesticidas, causando um maior impacto ambiental. Além disso, um aumento na quantidade empregada de pesticidas poderá causar menor produção agrícola devido à modificação das características do solo e, portanto, requerer uma maior quantidade de fertilizantes. A soma de uma maior aplicação de pesticidas e fertilizantes pode ter impactos negativos relevantes sobre o meio ambiente, causando mais emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para o aumento da temperatura global, que em última instância, finalmente, promoverá uma maior incidência de pragas. Por conseguinte, o aumento das temperaturas devido às alterações climáticas irá afetar fortemente o crescimento económico em todo o mundo, não só os agricultores, mas também todo o tipo de negócio. Esta é uma situação ainda por legislar em muitas partes do globo, porém, em Portugal, encontra-se em vigor o Plano de Ação Nacional (PAN) para o Uso Sustentável dos Produtos Fitofarmacêuticos, onde se estabeleceram as metas, medidas e calendários, para reduzir o risco e os efeitos da utilização de produtos fitofarmacêuticos (PF), para a saúde humana e o ambiente. Visa ainda fomentar a utilização de estratégias de proteção que dependam menos da utilização dos pesticidas, como a proteção e produção integrada e agricultura biológica. Este plano é decorrente da Diretiva Quadro do Uso Sustentável dos pesticidas (Diretiva n.º 2009/128/CE do PE e do Conselho de 21 de out.) que estabelece um quadro de ação a nível comunitário para uma utilização sustentável dos pesticidas, transposta a nível nacional pela Lei n.º 26/2013, de 11 de abril (DGAV, 2013). Apesar de Portugal não apresentar um índice de utilização de pesticidas acima dos valores médios da União Europeia que sejam refletidos em fortes índices de contaminação química de solos ou de cursos de água, há alguns sistemas de agricultura nos quais o uso de químicos é elevado, como por exemplo na viticultura; nas áreas de milho de regadio, nas quais a combinação entre o calor e a humidade faz aumentar o perigo de fungos e de bactérias e a necessidade do combate químico; ou na ausência de invernos rigorosos, que permitem a desinfeção dos solos. Assim, é importante lembrar que há momentos do ano em que a coincidência de períodos de calor com altos índices de humidade torna o recurso aos fitofármacos inevitável. Todavia, a redução do número de produtos disponíveis no mercado pode trazer problemas para as culturas em Portugal, já que na

Europa há condições climáticas distintas, os problemas fitossanitários são muitas vezes específicos.

## **2.2. Sector da Pecuária**

Outro grande setor da agropecuária é o setor pecuário para atividades relacionadas à pecuária ou agricultura animal. A palavra gado tem uma origem latina. *Pecus* significa "cabeça de gado" e tem a mesma raiz latina de *pecunia* (moeda, dinheiro). Na Roma antiga, os animais criados para abate também eram usados como um valor monetário armazenado.

Atualmente, o sector pecuário abrange vários tipos de produtos, desde alimentos a vestuário, embora os setores com maior destaque sejam os setores da carne (bovino, suíno, ovino, caprino, avícola). Os setores secundários são couro, lã e seda, o uso de energia animal para realizar trabalho e até mesmo adubo seco como fertilizante e preparação de alimentos. Assim, o âmbito e o campo de ação da pecuária são gigantescos, aumentando a dificuldade de avaliar os custos ambientais gerais ou a sua pegada ecológica. Como cada sistema de produção tem as suas particularidades, assim como em outros setores da agricultura, o estudo da pegada ecológica deve ser feito caso a caso.

Embora seja sabido que as sociedades ocidentais comem muito mais carne do que o necessário, a preferência dos consumidores em todo o mundo quanto ao uso de carne na sua dieta continua a aumentar. A produção global de carne deverá atingir em 2050, 470 milhões de toneladas, mais do que o dobro dos 229 milhões de toneladas verificados em 1999/2001 (Nigel *et al.*, 2010).

Atualmente, as indústrias de produtos de carne desempenham um papel importante em muitas economias globais e, em muitos países, é a indústria com maior peso económico nas indústrias de alimentos. Os tipos de carne mais produzidos e consumidos, tanto a nível internacional como nacional (Portugal), são carnes de suíno, de aves e de bovino. De acordo com Silva *et al.* (2016), a carne de porco (15,8 kg/ano), seguida de aves (13,6 kg/ano) e, finalmente, de carne de bovino (9,8 kg/ano), são as mais consumidas mundialmente.

A quantidade de água potável destinada ao consumo de animais: vacas, porcos, ovelhas e galinhas na agricultura intensiva foi calculada respetivamente em 103, 17, 9 e 1,3 a 1,8 litros por dia. São necessários cerca de 8, 4 e 1 kg de cereais para produzir 1 kg de carne bovina, suína e de aves,

respetivamente (FAO, 2006). Por sua vez, a produção de aves é a que acarreta maior eficiência energética, apesar de continuar a ser a mais exigente na produção de cereais por kg.

Por outro lado, o gado ruminante tem um fator ambiental mais agravante em relação aos outros tipos de gado que é a fermentação entérica. A fermentação entérica é o processo digestivo que ocorre no rúmen de bovinos, ovinos e caprinos (Primavesi *et al.*, 2004). O resultado deste processo biológico é o gás metano, grande potenciador do efeito estufa. De acordo com Thorpe (2009), o processo digestivo é responsável por aproximadamente 600 Tg de metano anualmente na atmosfera. Este valor representa, de modo insatisfatório, uma grande fatia do total, aproximadamente 55% a 70% de todo o gás metano emitido anualmente na atmosfera.

Globalmente, a procura mundial por carne está a aumentar, mas a taxas diferentes em cada região. A produção mundial de carne bovina, suína e avícola em 2012 foi de 63,3, 109,1 e 105,6 milhões de toneladas, respetivamente (FAOSTAT, 2016). Na Europa e nos Estados Unidos da América (EUA), os maiores produtores de carne do século 20, o consumo cresce lentamente. Por outro lado, nas economias em rápido crescimento da Ásia, como China e Índia, um aumento de 80% no setor de carne é esperado em 2022 (HBF-FEE, 2014).

O aumento da produção de alimentos, especialmente no que diz respeito às fontes crescentes de alimentos altamente proteicos para atender à procura futura da população, tem certos desafios a enfrentar (Singh-Ackbarali & Maharaj, 2017):

- Não há terra suficiente para a expansão do gado.
- Se a pesca oceânica predatória continuar, esta atividade pode esgotar os recursos para futuras populações.
- O elevado custo dos alimentos dos animais coloca em debate se esse alimento deve ser usado para animais em vez de ser usado para alimentar as populações famintas espalhadas pelo globo.
- Maior competição pelos recursos hídricos.
- O processo de produção de diferentes tipos de carne é idêntico, exceto para aves. O processo de produção do último produto tem etapas diferentes.

O processo de produção de carne é composto de dois processos fundamentais: abate e processamento. O processo de preparação de carne crua e produtos cárneos (do abate ao armazenamento e conservação em frio) requer vários recursos externos, como água, energia térmica e elétrica. O armazenamento e/ou transporte de carne ou seus derivados envolvem também o consumo de grandes quantidades de energia. O armazenamento em frio é utilizado para assegurar a manutenção das propriedades organoléticas. Assim, todo o processo de produção de carne e de produtos à base de carne envolve o uso de grandes quantidades de energia (Silva *et al.*, 2016).

A produção de produtos à base de carne como salsichas e presunto é principalmente industrial, embora com base em processos tradicionais. As alterações introduzidas no processo tradicional envolvem principalmente a mecanização e o uso de mecanismos de secagem e/ou de fumagem com controlo de temperatura e humidade. Esta evolução tecnológica permitiu uma produção contínua ao longo do ano, sem a influência das condições climáticas.

Os sistemas de refrigeração são indispensáveis nos processos de produção da indústria de carne, a fim de evitar alterações na composição da carne, na ação das bactérias e no desenvolvimento de microrganismos e obter a estabilização e as características organoléticas dos produtos (Savell & Mueller, 2005). O consumo de energia elétrica para sistemas de refrigeração nessas indústrias é de 60% a 90% nos matadouros (CE, 2003; Marlow & Colley, 2007) e de 40% a 50% nas indústrias de processamento de carne (Ramírez *et al.*, 2006, Alcázar- Ortega *et al.*, 2012). Os custos de eletricidade podem corresponder a dois terços dos custos totais de energia nas indústrias de processamento de carne (HTC, 2009).

O processo típico de abate de carne, com exceção das aves, compreende essencialmente as seguintes operações: receção, inspeção ante morte, abate de animais, carcaças e limpeza de miudezas, inspeção pós-morte, arrefecimento, corte, transformação e expedição. Para cada espécie animal, existe um circuito específico onde as carcaças são movidas através de túneis de arrefecimento rápido e câmaras de refrigeração ou de congelação.

O arrefecimento rápido é um dos métodos mais utilizados. Em primeiro lugar, consiste em reduzir rapidamente a temperatura inicial das carcaças pós-morte de 38-40 °C para 15-20 °C. Em seguida, a temperatura da carne deve ser mantida estável a um valor inferior a 7 °C. Para atingir esta temperatura no centro interno da carne, deve ser colocada num túnel de arrefecimento rápido ou numa câmara fria com forte circulação de ar. A temperatura e a humidade relativa do ar devem situar-se entre cerca de 1 °C a 2 °C e entre 82% e 90%, respetivamente, durante aproximadamente 4 horas para carcaças de bovinos e 2 horas para carcaças de suínos e ovinos.

A seguir, as carcaças devem ser colocadas dentro de câmaras frigoríficas com baixa circulação de ar. No caso de congelamento da carne, os valores de temperatura e humidade relativa do ar devem ser de -28 °C a -40 °C e de 85% a 95%, respetivamente (Bowater, 2001).

Existe uma grande diversidade de salsichas tradicionais, produzidas com diferentes matérias-primas e ingredientes, mas todas têm um processo de produção semelhante. O processo de fabricação de salsichas é composto de várias operações. As operações de corte, mistura e enchimento são realizadas em salas climatizadas com temperatura máxima do ar de 12 °C. Durante a operação de maturação, a mistura de carnes com condimentos é mantida em câmaras frigoríficas, com temperaturas do ar entre 1 °C e 6 °C e uma humidade relativa do ar de 80% a 85%, de 24 a 48 horas. O processo de secagem de salsichas é realizado por atmosfera controlada ou através de secagem de fumo. O tempo de operação varia de acordo com as dimensões das salsichas. Tipicamente, entre 5 a 15 dias para produtos finos e 30 a 60 dias para produtos mais espessos (Arnau *et al.*, 2007). O processo de secagem com fumo requer a exposição das salsichas durante 3 a 5 dias à ação do calor e do fumo resultantes da combustão de madeiras.

O presunto é um produto obtido artificialmente em quartos frios a partir do envelhecimento das patas traseiras de porcos brancos durante aproximadamente um período de 6 meses. O processo de produção consiste num conjunto de operações com diferentes valores de temperatura, humidade relativa e circulação de ar. As principais etapas do processo de produção incluem salga, pós-salga, secagem e recheio. A salga destina-se a fornecer a quantidade adequada de sal para as pernas, mantendo os presuntos envolvidos em sal de 8 a 12 dias. Esta fase tem lugar dentro das câmaras frigoríficas com elevada humidade e baixa temperatura do ar (Arnau *et al.*, 2007). Na fase pós-salga, a difusão de sal para a parte interna da perna ocorre de 30 a 45 dias, considerando baixa temperatura e alta humidade do ar (6 °C e 85% de humidade relativa). Em seguida, a desidratação da perna ocorre lentamente durante um período de aproximadamente 45 dias. A temperatura do ar é gradualmente aumentada para 14 °C enquanto que a humidade relativa do ar é reduzida lentamente para 75%. A operação de enchimento garante as características organoléticas específicas do presunto. Requer um período mínimo de 15 dias. A temperatura do ar é gradualmente aumentada para um máximo de 26 °C e a humidade relativa do ar é mantida próxima a 75%. Depois de fabricados, os presuntos são mantidos dentro de câmaras frigoríficas para estabilização final durante um período mínimo de 15 dias.

O setor da pecuária é uma indústria que gera muito rendimento. Portanto, há um interesse mundial muito forte neste setor específico. No entanto, devido ao grande impacto ambiental deste sector, é necessário desenvolver novas estratégias e produtos para superar os seus efeitos negativos sem colocar em risco a cadeia alimentar. Por outro lado, um relatório da FAO (2013)

recomendou o uso de insetos para consumo humano e animal como fonte viável e sustentável de proteína. A entomofagia, consumo de insetos pelo Homem, é uma prática de alimentação informal e generalizada para aproximadamente 80% da população mundial. Os insetos são parte das dietas tradicionais de pelo menos 2 bilhões de pessoas (Van Huis *et al.*, 2013).

De acordo com Singh-Ackbarali (2017), o mercado em geral e os consumidores potenciais terão de ser convencidos a aceitar insetos comestíveis e produtos alimentares com ingredientes de insetos considerados saborosos, viáveis e seguros para o consumo. Mascaram a forma do inseto pode ser uma boa estratégia. Um outro exemplo é o uso de pó de inseto em barras de proteína. Incluindo ingredientes de insetos em pratos de teste em restaurantes populares também pode promover a aceitação entre a população e oferecer oportunidades para os chefs mais aventureiros para desenvolver novas receitas usando estes produtos. O aumento do mercado irá impulsionar um maior volume de negócios para as quintas de insetos, auxiliando os agricultores de insetos a superar o desafio do mercado e aumentar a expansão.

### **2.3. Sector dos Lácteos**

O setor dos lácteos é um dos subsectores com maior importância. Produtos como leite, queijo, iogurtes são consumidos em todo o mundo e são de suma importância para a base alimentar das pessoas. Além disso, alguns destes produtos têm um valor acrescentado devido aos processos antigos e artesanais utilizados na sua fabricação. O leite de vaca é o mais produzido e consumido em todo o mundo, mas também o leite de outros mamíferos é usado para o consumo, como leite de ovelha, búfalo e cabra. Os produtos lácteos são uma importante fonte de proteína e cálcio, desempenhando um papel importante no nível nutricional e gastronómico.

O consumo de produtos lácteos é significativo em áreas do mundo como a Europa e os EUA. Por sua vez, em áreas populosas de alta densidade como a China, existe um baixo consumo per capita de tais produtos (Silva *et al.*, 2016). A indústria de laticínios emprega milhares de pessoas em todo o mundo, desde a pecuária até a distribuição. Este ramo da indústria está atualmente altamente avançado em termos de tecnologia, consistindo em processos totalmente automatizados que se concentram na melhoria da segurança alimentar. Antes de chegar ao consumidor, o leite é submetido a processos térmicos que garantem sua segurança alimentar, como pasteurização ou ultrapasteurização (Arroja *et al.*, 2014). O leite sofre um processo de

aquecimento seguido por um processo de arrefecimento para garantir a destruição de potenciais bactérias nocivas.

O queijo é um subproduto do leite amplamente consumido em todo o mundo. Pode ser fabricado a partir do leite de vários animais, como vaca, ovelha ou cabra. Deriva da coagulação do leite, sendo o leite separado em coalhada e soro de leite. O soro é removido e a coalhada sofre processos bacteriológicos que levam à produção de queijo. As características finais do queijo dependem do método de produção (EU, 2006). Existem centenas de tipos de queijo em todo o mundo. Mais de metade do queijo do mundo é produzida na Europa. Os três maiores produtores e consumidores europeus de queijo são a Alemanha, a França e a Itália. (Eurostat, 2016)

Durante as últimas quatro décadas, a produção de leite cresceu 64%, alcançando um valor de 790 milhões de toneladas em 2012. A produção de queijo é de cerca de 27% neste setor. Apenas na última década, a produção mundial de queijos aumentou 32%. As previsões sugerem que em 2020, a produção mundial de queijo chegará a 25 milhões de toneladas. (Mikkelsen, 2014).

No decurso das suas atividades, as empresas leiteiras utilizam energia elétrica para conduzir sistemas de arrefecimento, bombas, ventiladores, sistemas de ar comprimido e iluminação e um ou mais tipos de combustível para queimar em instalações de combustão (caldeiras) para aquecimento de água ou para produção de vapor (operações de limpeza ou processos de produção).

O aumento da população nas cidades e o aumento da qualidade alimentar e das normas de segurança tornam a cadeia de abastecimento mais exigente em energia, especialmente nos sistemas de refrigeração (Artés, 2004; Ramírez *et al.*, 2006; Gautherin *et al.*, 2007; Mcfarland *et al.*, 2007; Coulomb, 2008; Tassou *et al.*, 2010; Gaspar *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2014). Alguns autores destacam a possibilidade de avaliar o desempenho energético da indústria de alimentos, como a fabricação de queijos, usando indicadores de referência como o consumo específico de energia (Reindl, 2005; Xu & Flapper, 2010; Nunes *et al.*, 2014a, Nunes *et al.*, 2015, Nunes *et al.*, 2016).

O processo de fabricação de queijo a partir de leite cru envolve várias etapas que são semelhantes em todas as indústrias de queijos tradicionais. No entanto, existem indústrias que realizam todos os passos usando a tecnologia, enquanto outros, ainda realizam algumas das etapas do processo manualmente, em particular, a salga, pressionar e posteriormente a lavagem do queijo. Em geral, o fabrico de queijo curado tem uma duração entre 30 a 45 dias. As principais matérias-primas utilizadas no fabrico do queijo são o leite de ovelha e de cabra. Algumas

indústrias também fabricam queijo fresco (leite pasteurizado sem maturação e com uma vida útil curta) e coalhada de queijo (resultante do soro de leite aquecido a uma temperatura de 90 a 95 °C, durante 2 a 2,5 horas e depois é realizada a filtragem). A conservação destes dois produtos é realizada em câmaras de arrefecimento a uma temperatura do ar de 4 a 6 °C e humidade relativa do ar de 85 a 90%. O processo de fabricação destes últimos produtos requer mais uso de frio e calor, particularmente, o uso de sistemas de refrigeração para arrefecer e preservar o leite e os queijos.

## **2.4. Sector dos Hortofrutícolas**

Frutas e legumes (produtos hortofrutícolas) fazem parte dos produtos que compõem a agricultura. Os produtos hortofrutícolas possuem um estado metabólico ativo mesmo após a colheita, tornando-os altamente perecíveis (Fraser, 1998; Álvaro, 2001; Filho, 2008). Além de serem um dos tipos de produtos alimentares mais consumidos, os produtos hortofrutícolas também são amplamente utilizados como matérias-primas em várias indústrias alimentares (vinho, azeite, sumos e congelados). O fator motriz do aumento da produção da horticultura no mundo é o crescimento da população mundial.

As frutas fazem parte dos produtos hortofrutícolas e são estabelecidas na dieta humana devido ao seu contexto nutricional. A produção de frutas tem vindo a aumentar com o passar dos anos, acompanhando o crescimento da população mundial. A maior produção mundial de frutas considera as bananas (100 milhões de toneladas), maçãs (71 milhões de toneladas) e uvas (68 milhões de toneladas) (FAOSTAT, 2014). Por outro lado, os legumes frescos (249 milhões de toneladas), tomates (154 milhões de toneladas) e melancias (99 milhões de toneladas) são os vegetais mais produzidos no mundo (FAOSTAT, 2014). A produção de hortaliças aumentou em todo o mundo entre 2009 e 2012. Em 2009, os legumes frescos representaram 24,4% dos produtos hortofrutícolas produzidos em todo o mundo. Os maiores produtores de vegetais são os países asiáticos, particularmente a China, o Japão e a Índia (FAOSTAT, 2014). O consumo per capita varia de região para região do mundo devido aos hábitos alimentares e padrões de vida de cada país. A nível mundial e europeu, o consumo per capita mais elevado ocorre no sector dos cereais, seguido dos vegetais e das frutas (Eurostat, 2016).

A maioria dos produtos hortofrutícolas é produzida sazonalmente e são altamente perecíveis. Assim, a sua vida útil é muito curta. Além disso, a manipulação severa de produtos hortofrutícolas

promove danos mecânicos, estimula a perda de peso e aumenta a exposição aos ataques de microrganismos. A exposição de produtos hortofrutícolas a uma rápida redução de pressão, o uso de baixas humidades relativas e correntes de ar desnecessárias são prejudiciais à qualidade dos produtos (López & Rodríguez, 2000). A refrigeração com atmosfera controlada é utilizada para minimizar os efeitos acima referidos e prolongar a vida útil dos produtos hortofrutícolas (Parikh *et al.*, 1990). De acordo com Lopez & Rodríguez (2000), Marvillet (2001) e Rosset *et al.* (2002), uma rápida diminuição da temperatura dos produtos hortofrutícolas evita muitos dos problemas acima mencionados, assim como aqueles associados ao período pós-colheita. A aplicação imediata de frio permite reduzir a perda de vitaminas e açúcares, ácidos orgânicos, água, bem como a velocidade das reações bioquímicas e enzimáticas (IIF, 2008). A melhor faixa de temperatura de conservação para a maioria dos frutos é 0 a 4 °C. A temperatura ideal para a conservação dos vegetais é de 3 a 6 °C (López & Rodríguez, 2000; Alvaro, 2001).

Dada a relevância do arrefecimento rápido para remover o calor da colheita, várias tecnologias foram desenvolvidas para estas aplicações nos últimos anos, tais como câmaras de arrefecimento com evaporadores com ventilador(es) de velocidade variável, túneis de arrefecimento com água e vácuo e técnicas de imersão ou pulverização com água gelada (Marvillet, 2001; IIF, 2008).

## 2.5. Sector da Distribuição

A distribuição alimentar é um sector de actividades económica que compreende um conjunto de entidades (supermercados, mercearias, entre outros) que asseguram a função de intermediação entre os produtores e consumidores. Através de diversas transações comerciais e operações logísticas, colocam os produtos ou prestam serviços, incrementando valor. O sector de distribuição é responsável por torna mais conveniente as condições de compra pelo cliente final, tornando o produto mais acessível em condições de tempo e lugar.

O setor da distribuição em Portugal tem passado por profundas mudanças, com a inclusão de novas ofertas, novos estabelecimentos e cadeias, concentração no setor e alterações nas estratégias das empresas. O sector de distribuição alimentar em Portugal tem um nível de concentração relativamente elevado. A quota de mercado conjunta dos cinco maiores grupos de distribuição alimentar é mais de 64% e está concentração tem vindo a aumentar (Ferreira, 2011).

Os dois grupos de maiores concentrações de quotas de mercado de Portugal são o Sonae Distribuições e o Jerónimo Martins. Os dois grupos controlam praticamente 40% de toda a distribuição alimentar de Portugal (Ferreira, 2011).

## 2.6. Sector dos Peixes

Os peixes são animais aquáticos que representam um importante recurso na alimentação e subsistência humana. O peixe pode ser de origem de água salgada ou água-doce.

A produção de peixe pode ser subdividida em dois tipos principais, captura e aquacultura. Cada um desses tipos possui características específicas do processo (InovEnergy, 2014).

A captura é o processo de extração do peixe em meio natural. Existem diversas formas de capturar o peixe, desde das mais artesanais, onde são utilizadas linhas de pesca, ou métodos mais desenvolvidos como em grandes navios pesqueiros que se utilizam da pesca de arrasto.

A aquacultura é o processo de produção controlada dos organismos aquáticos, entre eles, os peixes. A produção pode ser efetuada no mar ou em água-doce. A aquacultura tem como objetivo diminuir o impacto da pesca nas populações marítimas e de rios, ao mesmo tempo que garante uma produção constante e mais controlada de toda a cadeia produtiva

Segundo dados da Eurostat (2016), a captura representa mais da metade de todo o peixe consumido no mundo no ano de 2010 e aproximadamente 22% do consumo do peixe do mundo é feito na Europa.

Portugal, por sua vez, é o país que mais consome peixe *per-capita* da Europa, aproximadamente 58 kg de peixe por habitante/ano. O país fica assim colocado na frente de países tradicionais na pesca e no consumo como a Noruega e Espanha (Eurostat, 2016).

Tendo em conta que Portugal é um grande consumidor de peixe, a indústria nacional tem uma baixa capacidade de produção. Segundo a Eurostats (2016), Portugal produziu em 2010 apenas 222.565 ton de peixe, muito abaixo da Espanha que produziu 738.870 ton de peixe no mesmo período.

A indústria portuguesa do peixe é maioritariamente de captura. Das 222.565 ton apenas 8.013 foram por meio de aquacultura. A Noruega apresenta um valor de 1.008.010 para o mesmo período. A Noruega é referência mundial na produção de peixe por meio de aquacultura.

## 2.7. Sector do Vinho

Portugal é um dos principais produtores de vinhos do mundo. Segundo a *International Organisation of Vine and Wine* (2010), Portugal foi o 10º maior exportador de vinho do mundo, com os principais mercados em Angola, França e Alemanha. Portugal também se enquadra entre os principais exportadores de vinho do mundo, além de estar entre um dos principais produtores. No mesmo ano, segundo a FAOSTAT (2014), Portugal foi o 12º país que mais produziu vinho no mundo e o 6º a nível europeu.

No país existem várias zonas de produção, podendo-se destacar quatro zonas especiais (InovEnergy, 2014):

- Região Vitivinícola do Douro (135.194.900 l na campanha de 2009/2010)
- Região Vitivinícola de Lisboa (96.271.800 l na campanha de 2009/2010)
- Região Vitivinícola do Minho (86.698.500 l na campanha de 2009/2010)
- Região Vitivinícola do Alentejo (81.033.900 l na campanha de 2009/2010)

A produção de vinho em Portugal tem uma importância maior do que apenas a geração de capital. O vinho português é mundialmente reconhecido devido a sua qualidade, tendo um apelo cultural, de um produto que identifica a nação.

O vinho faz parte da cultura portuguesa. O seu consumo *per-capita* é aproximadamente 11 vezes maior que o consumo *per-capita* mundial. Um português consome 38,1 kg por habitante/ano enquanto a média mundial é de apenas 3,5 kg (Wine, 2010).

O vinho é uma bebida alcoólica milenar produzida através da fermentação total ou parcial de uvas frescas. Existem várias categorias, desde os tintos aos brancos, passando pelos espumantes e licorosos (InovEnergy, 2014).

A produção de vinho começa na colheita da uva, que pode ser manual ou mecânica. A data da colheita está relacionada com as condições climáticas e com o grau de maturação das uvas. Um dos principais pontos é o grau-de-acidez e o teor-de-açúcar das uvas. Após a sua verificação na colheita, ela é transportada para a adega onde um novo controlo da qualidade é feito. Em seguida, é feita a operação de desengace e esmagamento, com intuito de eliminar partes lenhosas e cachos, liberando a polpa e o sumo. É nesta fase que ocorre a diferenciação do processo de fabrico do vinho. No caso do vinho tinto o mosto é encaminhado para tanques de

fermentação, onde são aplicadas as leveduras para que ocorra a fermentação alcoólica, após a fermentação alcoólica é feita a fermentação maloláctica que visa minimizar a acidez do vinho. Após este processo pode ocorrer o seu repouso em barris de madeira, com objetivo de melhorar a qualidade do vinho. Ele é então encaminhado para uma cuba limpa, de forma a remover quaisquer partículas. Já o vinho branco é prensado e decantado antes da fermentação, na decantação são separadas as partes sólidas provenientes da prensagem do mosto. O mosto é transferido para as cubas que visam a fermentação, ocasionalmente, pode ser transferido para pipas de madeira. O vinho branco necessita da adição de anídrico sulfuroso para conserva-lo. Por fim tanto o vinho tinto como o vinho branco são encaminhados para serem engarrafados (InovEnergy, 2014).

## **2.8. Indústria Agroalimentar**

O principal objetivo da indústria agroalimentar é proporcionar aos consumidores e à sociedade uma gama de produtos alimentares seguros, saudáveis, nutricionalmente ricos, economicamente acessíveis e sustentáveis, mantendo simultaneamente a sua capacidade competitiva. Tipicamente, as indústrias agroalimentares são unidades de transformação, que têm características específicas, nomeadamente a utilização de recursos limitados com um elevado nível de perecíveis, pelo que a sua utilização deve ser o mais eficiente possível. Em geral, esta indústria transforma os produtos agrícolas, não só para a produção de alimentos para a humanidade, mas também para os animais, dada a sua importância indireta na cadeia alimentar humana. Devido ao seu posicionamento entre a agricultura e os mercados de produtos de consumo, a indústria agroalimentar tem características próprias, que tornam o seu desenvolvimento sensível ao comportamento das matérias-primas e à organização dos mercados. De facto, na maioria dos casos, trabalha com matérias-primas, que começam a deteriorar-se logo após a colheita. Além disso, devem ser tidas em conta as características específicas de determinados produtos, tais como produtos hortofrutícolas e produtos láteos, bem como a sua sazonalidade; a evolução dos hábitos de consumo e dos circuitos de distribuição; a crescente segmentação dos mercados; assim como a multiplicidade dos produtos comercializados. As restrições económicas impostas pela concorrência levaram as indústrias agroalimentares a desenvolverem suas próprias estratégias e ferramentas de produção. Hoje em dia, há um grande desenvolvimento de métodos especializados na fabricação de produtos alimentícios, com a conservação e processamento de matérias-primas, com aplicação generalizada de refrigeração, congelamento e desidratação (Wang, 2008).

A indústria agroalimentar faz parte do setor produtivo da manufatura. A nível europeu, é um dos maiores setores, com um peso muito significativo na economia. De facto, a indústria agroalimentar é líder no emprego na União Europeia, com 289 mil empresas e 4,25 milhões de postos de trabalho, tendo um volume de negócios de 1.089 milhões de euros (FoodDrinkEurope, 2016). O papel das pequenas e médias empresas (PME) é muito significativo, com 49,5% do volume de negócios total e 62,8% do emprego total. As exportações de produtos alimentares para países fora da União Europeia ascenderam a 98,1 mil milhões de euros, o equivalente a 17,8% das exportações mundiais (FoodDrinkEurope, 2016).

Os sistemas de refrigeração são utilizados em todo o processo de produção para preservar as características físicas e químicas dos produtos, prolongando a sua vida útil. O objetivo essencial dos sistemas de refrigeração é proporcionar condições favoráveis para a qualidade dos produtos, em termos de temperatura do ar e, se for caso disso, de humidade relativa do ar, que impeçam o desenvolvimento de microrganismos que possam deteriorar os produtos. Os sistemas de refrigeração também são usados nos processos de congelamento rápido, arrefecimento rápido e desidratação de produtos. Alguns produtos, como frutas e vegetais, carne ou leite, para uma preservação eficaz, requerem uma diminuição rápida da temperatura, sendo os sistemas de refrigeração usados para promover o arrefecimento rápido. Nos processos de produção de desidratação/hidratação pretende-se controlar a quantidade de água nos produtos alimentares, tornando-os mais estáveis à temperatura ambiente (Arnau *et al.*, 2007). Para estes processos, são necessários sistemas para controlar a temperatura e a humidade relativa do ar, geralmente utilizando unidades de tratamento de ar, tais como bombas de calor ar-ar. Tipicamente, estes sistemas são utilizados nos processos de fabrico de enchidos, presuntos e queijos. A grande diversidade de funções dos sistemas de refrigeração utilizados nas indústrias agroalimentares significa que o consumo de energia associado é fortemente dependente das suas características e condições de funcionamento. Quando apenas a temperatura do ar ambiente das câmaras frias for mantida, o consumo de energia será menor do que em casos específicos, onde é necessária uma rápida diminuição da temperatura do ar ambiente. Em sistemas para manter a temperatura do ar ambiente dentro das câmaras de refrigeração, é necessário retirar a quantidade de calor em relação às cargas térmicas geradas no mesmo, nomeadamente aquelas relacionadas com a transferência de calor nas paredes da câmara, infiltrações de ar, iluminação, máquinas e movimento de pessoas e dos próprios produtos. A partir do exposto, torna-se claro que um uso intensivo e generalizado de sistemas de refrigeração na indústria agroalimentar é essencial, o que resulta num alto consumo de energia. Portanto, a procura de maior sustentabilidade na indústria agroalimentar requer a introdução de tecnologias menos intensivas em termos energéticos e ambientalmente exigentes. De fato, o consumo de energia dos sistemas de refrigeração nas indústrias de alimentos aumentou devido ao aumento da produção de alimentos

e às exigências impostas pelos padrões de qualidade, higiene e segurança dos alimentos (Ramírez *et al.*, 2006). Devido ao alto nível de utilização, em muitos processos industriais, os sistemas de refrigeração são considerados intensivos em energia (Xu *et al.*, 2009; Xu & Flapper, 2010; Nouri, 2013). Devido às características da indústria agroalimentar, que é composta por um grande número de pequenas indústrias de processamento de alimentos, este setor também contribui para o alto consumo de eletricidade nos vários países (Ramírez *et al.*, 2006). Por exemplo, em 2008, na UE-27, a maioria (99,8%) das indústrias presentes na economia eram pequenas e médias empresas (PME) - cerca de 20,9 milhões - e mais de nove empresas em cada dez (92%) foram classificadas como microempresas empregando menos de 10 trabalhadores. Este cenário é mais relevante nos países da Europa do Sul, como Itália, Espanha e Portugal (Eurostat, 2016). Em alguns setores, o consumo de energia aumentou consideravelmente como resultado do aumento das atividades e uso de sistemas de refrigeração (Ramírez *et al.*, 2006). Estes sistemas consomem grandes quantidades de energia elétrica, contribuindo significativamente para os custos operacionais das indústrias com necessidades significativas de arrefecimento. Para estas indústrias, os sistemas de refrigeração podem representar cerca de 85% do consumo global de energia (Victoria, 2009).

No Reino Unido (U.K.), 11% da energia final foi consumida pela indústria de alimentos e alguns setores utilizaram mais de 90% da energia elétrica com sistemas de arrefecimento (Victoria, 2009). Muitos processos de transformação agroindustrial necessitam de remover a carga térmica inicial dos produtos, muitas vezes por arrefecimento rápido dos produtos. Victoria (2009) aponta que no U.K. existem cinco categorias onde é necessário retirar esta energia térmica, são eles: leite (532 GWh/ano), carne (114 GWh/ano), batata (154 GWh/ano), Peixes (6,5 GWh/ano) e frutas (5,9 GWh/ano). Utilizando as melhores tecnologias disponíveis para arrefecimento, no U.K., a economia anual de energia pode ascender a 59 GWh no arrefecimento da batata, 128 GWh no arrefecimento do leite e de 51 a 80 GWh no arrefecimento da carne. Burfoot *et al.* (2004) descobriram que 18% do consumo anual de energia do setor de alimentos refrigerados no U.K. é usado nas indústrias para manter baixas temperaturas para prevenir o crescimento de microrganismos nos alimentos. Estima-se que o consumo de energia elétrica no setor de láteos tenha sido de aproximadamente 2,9 TWh, e dessa quantidade, 26% foram consumidos exclusivamente por sistemas de resfriamento (Gautherin *et al.*, 2007). Em termos de consumo de energia elétrica, o setor de láteos ocupou a quarta posição, seguindo a grande distribuição de alimentos em 3,6 TWh, o frio em 2,45 TWh e o negócio local em 1,4 TWh. Esse consumo foi superior ao consumo de eletricidade em outras atividades alimentares, como matadouros de gado (370 GWh), charcutarias (369 GWh) e cervejarias (203 GWh) (Gautherin *et al.*, 2007). Segundo esses autores, o consumo de eletricidade para produção de leite líquido, manteiga, queijo e outros produtos lácteos correspondeu a 1 TWh, 0,18 TWh, 1,2 TWh e 0,56 TWh, respetivamente.

Em particular, o consumo de energia relacionado com o uso de sistemas de refrigeração em cada um desses setores foi de 34%, 6%, 41% e 19%, respetivamente. Os estabelecimentos do setor dos lácteos, particularmente no fabrico de queijo e de processamento de carne, são o que possuem o uso mais intensivo em energia, porque necessitam tanto de refrigeração como de aquecimento. Por exemplo, Ramírez *et al.* (2006b) salientam que, nos Países Baixos, a produção leiteira e a produção, transformação e conservação de carne representam cerca de 15% e 9% do total de energia consumida no sector alimentar, respetivamente.

A quantidade e o tipo de energia utilizada variam muito dependendo do tipo de produtos fabricados. Para as indústrias lácteas australianas, para a fabricação de queijos, o uso de energia elétrica e térmica é da ordem de 27% e 73% da energia total, respetivamente, enquanto no fabrico de leite para consumo humano esses valores estão em torno de 66% e 34%, respetivamente (Prasad, 2004). As indústrias que produzem principalmente leite para consumo e queijos utilizam energia para aquecimento, pasteurização do leite, refrigeração, iluminação, ar comprimido, ar condicionado, equipamento de bombeamento e processamento e operações auxiliares. As indústrias que fabricam produtos lácteos concentrados em certos tipos de queijo em pó requerem energia térmica adicional para realizar operações de agitação, separação, concentração, evaporação e secagem (Nunes *et al.*, 2015).

Tendo em conta o elevado consumo de energia, os estabelecimentos de processamento alimentar devem analisar e assegurar as corretas condições de funcionamento através da implementação de medidas e ações que promovam uma boa utilização da energia. A eficiência energética pode oferecer uma gama de poupanças em vários domínios, como a redução dos custos de energia, a redução dos custos de manutenção e a confiança no sistema, melhorando a segurança, aumentando a produtividade, melhorando a capacidade de refrigeração e a capacidade do equipamento e diminuindo as emissões de gases do efeito de estufa (Victoria, 2009). O valor da poupança de energia nos sistemas de arrefecimento está relacionado com o número e o tipo de medidas aplicadas e a qualidade da tecnologia utilizada. Uma simples melhoria nas práticas operacionais ou uma boa construção da instalação com um mínimo de despesas pode muitas vezes levar a uma redução do consumo de energia em até 15% ou mais, enquanto usando as melhores técnicas dos elementos do sistema de arrefecimento pode levar a um potencial redução de consumo de energia entre 15 e 40% (Manske, 2001; Guilpart, 2007; Victoria, 2009). Segundo Victoria (2009), a melhoria da eficiência energética nos sistemas existentes pode ser alcançada através de um plano de ação que envolve as seguintes etapas:

- i) análise da capacidade de arrefecimento necessária,

- ii) análise da qualidade do isolamento térmico utilizado,
- iii) avaliação da distribuição do refrigerante no sistema,
- iv) avaliação dos sistemas de controlo de sistemas e processos de rejeição de calor;
- v) otimização da manutenção e sua gestão e, finalmente,
- vi) avaliação da melhora do sistema após a intervenção.

Houve melhorias significativas na tecnologia de refrigeração e no setor de refrigeração, mas algumas das soluções são difíceis de implementar por pequenos e médios estabelecimentos porque são muito dispendiosas. Nos sistemas de refrigeração e ar condicionado, o compressor é o maior consumidor de eletricidade e, na maioria dos casos, consome cerca de 70% da eletricidade total (Landymore, 2012).

Um dos procedimentos de combate ao consumo de eletricidade é encurtar o seu tempo de operação. No setor de lácteos, um conjunto de medidas de eficiência energética podem ser implementadas tanto em termos das instalações de refrigeração quanto nos processos de produção e fabricação (Gautherin *et al.*, 2007). Estas medidas incluem a redução da temperatura de condensação, o aumento da temperatura de evaporação, a utilização de variadores de velocidade, o controlo avançado das instalações de refrigeração, o redimensionamento dos pasteurizadores, a avaliação da poupança de energia, e a estimativa do número de equipamentos utilizados e consumo de energia associado.

Os ganhos de energia estimados em relação aos valores iniciais de consumo estão entre 10 e 20%. Segundo Mirade (2012), ao ser feita a análise do consumo de energia na indústria de queijos, é possível destacar quatro grandes áreas de consumo, sendo estas duas correspondentes ao consumo de eletricidade e duas correspondentes à energia térmica. As bombas, ventiladores, motores de transporte, sistemas de iluminação (35%), sistemas de refrigeração e equipamentos de armazenamento de leite (20%), são os principais consumidores de eletricidade nas indústrias leiteiras. A energia térmica é consumida por sistemas de aquecimento, evaporadores e secadores (40%) e equipamentos utilizados no processo de limpeza diária (5%).

Em geral, pode-se obter uma grande economia de energia na indústria de alimentos, se forem implementados sistemas de gestão eficientes e políticas de monitorização do consumo de energia (Fritzson & Berntsson, 2006; Muller *et al.*, 2007; AlQdah, 2010); otimização das tarefas

de manutenção (IIR, 1982, Giegel & Collett, 1989, James & James, 2010); melhoria dos sistemas atuais, tal como o uso de motores elétricos de alta eficiência (EC, 2006, Worrell, 2009) ou com a implementação de sistemas de velocidade variável nos motores (Abdelaziz *et al.*, 2011); e finalmente, pelo desenvolvimento de novas tecnologias de conservação de alimentos com um potencial de impacto ambiental muito baixo, juntamente com a redução dos resíduos alimentares (Lung *et al.*, 2006; Tassou, 2010; James & James, 2011).

## 2.9. Trabalhos Recentes e Cenários Futuros

O objetivo da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO*) para os próximos anos centrar-se-á no consumo sustentável e na produção sustentável (FAO, 2006). De acordo com a FAO (2006), é vital garantir produção de alimentos e consumo suficientes, acessíveis e nutritivos, mantendo os recursos naturais e os ecossistemas de que estes fazem parte. As cadeias de produção agrícola desempenham um papel central em todas as sociedades e são fundamentais para garantir o desenvolvimento sustentável.

Os sistemas alimentares sustentáveis são pontos-chave para abordar a segurança alimentar, o alívio da pobreza e uma nutrição adequada. Desempenham um papel importante na construção de uma sociedade capaz de recuperar o equilíbrio entre os custos ambientais e de produção agropecuária.

No entanto, o nosso sistema de produção agrícola vive sob forte pressão para responder à procura crescente, à variabilidade do clima e às mudanças no solo, principalmente devido à própria interferência humana. Algumas projeções destacam que há necessidade de desenvolver vários sistemas alimentares sustentáveis nas áreas:

- i) Procura - Estima-se que em 2050 a população mundial será de 9 mil milhões de pessoas. Hoje, é cerca de 7,2 mil milhões;
- ii) Resíduos - Hoje, desperdiça-se cerca de 30% da produção total de alimentos;
- iii) Fome - 12,9% da população dos países em desenvolvimento sofre de fome crónica;

- iv) Obesidade - Cerca de 30% dos adultos do mundo sofrem de obesidade;
- v) Preços - As pessoas nas zonas mais pobres gastam 50-80% dos seus rendimentos em alimentos, o que os torna extremamente vulneráveis à subida dos preços;
- vi) Mudança climática - A produção agrícola é um recurso natural, por isso é extremamente vulnerável às mudanças climáticas no planeta;
- vii) Sistema Produtivo Mundial - A própria produção agrícola é uma das principais causas dos impactos ambientais. Estima-se que 70% das águas, grande parte do desmatamento e perda de biodiversidade foi causada pela produção agrícola.

Descobrir procedimentos de produzir alimentos sem acrescentar mais insumos, não aumentando a área de produção agrícola por meio do desmatamento, reduzindo o desperdício na produção, aproximando o campo das cidades, evitando o transporte de resíduos e reduzindo as emissões com o transporte, são os desafios que devem ser superados nos próximos anos. Uma das estratégias está relacionada com a promoção do conceito de Cidades Sustentáveis. Segundo Peter (2012), a implementação de uma resiliência alimentar com o impulso da produção e consumo locais, incentivando as atividades de produção agrícola nas cidades e seus arredores, pode contribuir para mitigar os efeitos das mudanças climáticas globais.

Os efeitos de um grande impacto ambiental global podem tornar vulnerável o fornecimento de alimentos às cidades. O incentivo ao uso e produção local de produtos orgânicos, são medidas que reduzem a pegada de carbono nos alimentos e no transporte. Com a compra de produtos locais, prevê-se a redução das emissões de gases causadores do efeito estufa devido à queima de combustíveis fósseis para o transporte e desperdícios causado por choques mecânicos no transporte de alimentos e na armazenagem, principalmente de produtos hortofrutícolas, por serem produtos mais sensíveis.

Outra faceta que pode contribuir para reduzir o impacto ambiental causado pelos sistemas alimentares está relacionada com a necessidade do sistema de refrigeração para manter as características organolépticas dos produtos alimentares. Todos os fluidos de refrigeração utilizados em aplicações de refrigeração têm um impacto negativo no ambiente.

A tecnologia baseada no ciclo termodinâmico da compressão do vapor é amplamente utilizada como o sistema de refrigeração industrial, comercial e doméstico. É uma tecnologia com méritos comprovados e aceite por todos os setores que requerem baixas temperaturas. Continua a ser

uma tecnologia em constante evolução, pelo aperfeiçoamento tecnológico dos vários componentes do sistema (compressor, evaporador, válvulas de expansão e condensador) e seus acessórios. Estes avanços incluem a aplicação de novos materiais isolantes, novos fluidos refrigerantes com maior capacidade de troca de calor e reduzido impacto ambiental, soluções tecnológicas e projetos inovadores e o controlo, regulação e comando preciso do sistema de refrigeração. Este último avanço tecnológico pode estar na adoção de uma multiplicidade de sensores para monitoração direta ou indireta de inúmeros parâmetros, atuadores com regulação de operação e o uso de sistemas microcontrolados com algoritmos que podem utilizar técnicas de controlo inteligente. No entanto, dependendo da especificidade do processo industrial, é necessário desenvolver ainda mais o sistema de refrigeração e seus componentes, considerando soluções inovadoras ao nível dos componentes do sistema e do controlo, regulação e comando que permitam que os produtos alimentícios mantenham as suas características nutricionais e organolépticas para o consumo humano.

Em primeiro lugar, os hidroclorofluorcarboneto (HCFC) foram eliminados devido ao seu elevado *Ozone Depletion Potential* (ODP). Os hidrofluorcarbonetos (HFC) substituíram originalmente os HCFC. No entanto, os HFCs também se constituem como um contributo significativo para o aquecimento global. Assim, países como a UE e os EUA começaram a eliminar gradualmente a sua utilização de forma independente. Em outubro de 2015, o Acordo de Kigali, assinado por mais de 170 países, visa combater as mudanças climáticas ao erradicar o uso mundial de HFCs. Se a aplicação deste acordo for bem-sucedida, resultará na redução do equivalente a 70 mil milhões de toneladas de dióxido de carbono entre 2020 e 2050. Assim, este acordo marca um marco significativo no desenvolvimento da indústria global de refrigeração (HVAC/R - *Heating, Ventilation, Air Conditioning and Refrigeration*), já que este tipo de refrigerante é usado extensivamente. Num futuro próximo, os fabricantes de equipamentos de refrigeração devem começar a desenvolver equipamentos para onde o uso de HFCs seja já proibido.

A fim de eliminar o uso de HFCs, têm sido desenvolvida extensa investigação sobre o uso de hidrocarbonetos (HCs) e hidrofluorolefinas (HFOs) foram realizados tanto pela academia como pela indústria. Alguns tipos específicos destes refrigerantes vão crescer em importância como alternativas reais para o estado da arte. Deve-se ressaltar que, enquanto alguns equipamentos de refrigeração mais recentes podem ser adaptados para usar refrigerantes alternativos, os mais antigos têm que ser substituídos porque o acondicionamento não é rentável. Embora seja importante ressaltar que os investimentos de curto prazo necessários à substituição de equipamentos de refrigeração mais antigos podem ser diluídos durante os anos de operação, devido ao aumento da eficiência e redução dos custos de operação e manutenção (Nunes *et al*, 2014).

## **2.10. Nota conclusiva**

Este capítulo teve como objetivo abordar os sectores de produção da agroindústria e demonstrar as principais características de cada sector tanto em Portugal quanto no mundo.

Uma das características em comum a praticamente todos os sectores da agroindústria é o frio industrial. O frio industrial é onde as indústrias despendem a maior parte da energia elétrica e é de extrema importância para manter as características necessárias para a venda e manutenção dos produtos finais.

A necessidade de caldeiras para aquecimento de água também é praticamente inerente a todos os sectores da agroindústria. Este aquecimento pode ser um processo de produção ou apenas para manter o ambiente mais agradável no inverno. Nestas caldeiras em geral são utilizados combustíveis fósseis (gás natural, gás propano, gasóleo, etc..) ou de origem vegetal (lenha, pallets, etc..).

O próximo capítulo abordará o tema de Gestão Empresarial, nomeadamente a filosofia Lean e suas ferramentas de aplicação.

### 3. Lean Manufacturing

O *lean manufacturing* é o padrão a ser seguido por todas as empresas. Segundo Gouveia (2015), é uma das filosofias com maior impacto na eficiência produtiva, tendo como principal objetivo eliminar os desperdícios através de um processo de melhoria contínua. Este processo por si só origina um aumento do valor acrescentado do produto final, através da minimização dos custos industriais.

*Lean manufacturing* é uma filosofia que busca acrescentar um valor final no produto através da eliminação dos desperdícios, ocasionando um aumento da produtividade e eficiência.

Os desperdícios são todas e qualquer atividade que consuma recursos (físicos e/ou tempo) que não acrescente valor ao produto final. Desde modo, esperasse que haja um aumento da qualidade do produto final e a redução do seu custo de fabrico, tornando a empresa mais competitiva (Ohno, 1988; Shahin *et al.*, 2010; Henrique, 2015).

#### 3.1. História e Conceito do *Lean Manufacturing*

O *lean manufacturing* surge do TPS (*Toyota Production System*) e foi desenvolvido ao longo de várias décadas pela empresa japonesa Toyota. O TPS surgiu por volta dos anos 50 na fábrica da Toyota, num período de reconstrução do Japão após a Segunda Grande Guerra. Houve nos anos 50, uma mudança de paradigma a nível dos métodos de produção. Diferente dos Estados Unidos da América (EUA) que se baseavam na produção em massa, o Japão se encontrava numa situação de crise (Suzaki, 2010).

Os EUA baseavam a sua produção no Fordismo, sistema de produção em massa idealizado por Henry Ford (1863 -1947), onde se fazia uso de muito capital e muita mão-de-obra, o que era o oposto no Japão pós-guerra. O Japão encontrava-se completamente destruído pela guerra, principalmente pelo lançamento das bombas atómicas em Hiroshima e Nagasaki. Devido a esta

nova realidade, encontrava-se com falta de investidores e, conseqüentemente, fluxos de capital para investir e alavancar a indústria (Suzaki, 2010; Henrique, 2015; Figueiredo, 2016).

O governo dos EUA desempenhou um papel crucial na reconstrução do Japão, não apenas no comércio, mas também com consultores, em particular dois que tornaram impulsionadores da nova cultura industrial do Japão, Dr. Joseph Juran e Dr. W. Edwards Deming (Juran, 2004).

A filosofia de Juran (2004), conhecida como JMS (*Juran Management System*), é focada na qualidade e tem como principal característica designar o produto para o consumidor, ou seja, o produto ter as características que o consumidor procura. É, portanto, a capacidade de satisfazer o consumidor.

O outro consultor americano, Dr. W. Edwards Deming, trabalhava de forma independente e defendia que uma organização com bons princípios de gestão deveria ter menos custos e mais qualidade, evitando o retrabalho e os defeitos de fabrico. “*No one knows the cost of a defective product - don't tell me you do. You know the cost of replacing it, but not the cost of a dissatisfied customer.*” - (Deming, 1982:20). Compreender a composição do custo devido a um defeito de um produto fabricado segundo Deming é impossível, pois não existe a possibilidade de medir a insatisfação do cliente para com o produto.

Assim sendo, os engenheiros Eiji Toyoda e Taichii Ohno (1988), da Toyota, depois de entenderem que o tipo de produção usado pelo mundo não servia para o Japão pós-guerra, criaram o TPS (*Toyota Production System*).

O TPS começa a ser implementado em 1948 nas fabricas da Toyota com técnicas e pensamentos revolucionários, dando principal atenção à capacidade do sistema de produção em conseguir responder rapidamente às variações do mercado através da flexibilidade operacional, de colaboradores motivados e qualificados e da redução de todos os desperdícios, em particular os “*setup time*” (tempos de preparação). Aumentar o envolvimento por parte dos colaboradores fazia parte da filosofia desta gestão, fazendo com que os operadores passassem a saber a carga de trabalhos pendentes, fator fundamental para que sintam pressão, responsabilidade e motivação. Nesta filosofia surge o *empowerment* dos trabalhadores, que é o aumento da responsabilidade dos operadores através da confiança plena das suas capacidades, fazendo com o que o retrabalho e retificação dos produtos sejam evitados, reduzindo assim custos (Ohno, 1988; Womack, 1991; Figueiredo, 2016).

A TPM foi evoluindo notavelmente ao longo do tempo desde a sua criação com as tecnologias. Esta evolução no processo, ferramentas e metodologia deram a origem do *Lean Manufacturing*, uma vez que os resultados iam sendo cada vez mais animadores. Na década de 90, o termo *Lean* ficou conhecido mundialmente devido ao livro *The Machie that Changed the World* (Womack et al., 1990). Este livro, fez com o que o *Lean* se tornasse o fenómeno e paradigma a ser procurado pela indústria. Em *Lean Thinking* (Womack et al., 1996), são apresentados os cinco princípios fundamentais do *Lean* e primórdios para a implantação da filosofia em qualquer organização que busca minimizar os desperdícios e implantar este novo sistema de gestão empresarial.

Os cinco princípios fundamentais são (Womack, 1996):

- Valor
  - Consiste em especificar e identificar o que cria ou não cria valor para o cliente final, na perspetiva do cliente. Este princípio é válido para o produto e/ou serviço, pois são essas características que fazem a diferença no momento da decisão de compra ou contratação por parte do cliente;
- Cadeia de Valor
  - Consiste em identificar e definir todas as etapas do processo pelas quais o produto e/ou serviço têm de passar para serem concluído de forma a satisfazer o cliente conforme a sua encomenda;
- Fluxo
  - Consiste em eliminar procedimentos e/ou etapas que não acrescentem valor para o cliente final. O objetivo é tornar o processo produtivo mais fluído possível;
- Sistema *Pull* (Puxar)
  - Consiste na produção de apenas o que é estritamente necessário para o atendimento das necessidades do cliente, isto é, pedido pelo cliente (*just-in-time*), evitando-se assim a acumulação de stocks;
- Perfeição
  - Consiste na busca pela qualidade e a eliminação de todos os desperdícios possíveis, sendo que para isto é necessário um envolvimento de todos os colaboradores do sistema da cadeia produtiva.

Segundo Pinto (2009), foram adicionados mais dois novos princípios da filosofia *Lean*:

- *Stakeholders*
  - Consiste em conhecer para quem se produz, afim de torna o produto final mais personalizados
- Inovação Contínua

- Consiste em criar procedimentos de criação de novos produtos e/ou serviços, havendo uma constante inovação na gama de produtos e serviços oferecidos e novos procedimentos internos de produção de modo que se crie valor ao produto final.

### 3.2. As técnicas e aplicação do Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão, e, portanto, deve ser entendida de uma forma mais abrangente do que apenas a implementação de ferramentas, mas sim como uma metodologia que tem como base o envolvimento de todos os recursos humanos desde da gestão de topo ao operário da linha produtiva.

O aspeto da relação e compromisso da gestão de topo, é tão ou mais relevante do que a correta aplicação das diferentes ferramentas. Entender o *Lean Manufacturing* como um ambiente de negócio, onde se procura identificar e minimizar, ou no limite, eliminar os desperdícios de forma contínua, produzir sem defeitos afim de evitar retrabalho, deve ser tarefa de todos os trabalhadores da empresa, portanto deve existir a colaboração de todos no processo de implementação.

O conceito *Lean* e sua aplicação evoluíram ao longo de 40 anos na Toyota, é, portanto, de conhecimento geral, que a implementação de uma nova filosofia de gestão numa empresa é muito demorada e difícil. Para o correto funcionamento do sistema *Lean* deve existir o envolvimento de todos os níveis hierárquicos dos trabalhadores e este é um dos maiores problemas para implementação do sistema.

Como exemplo da dificuldade em implementar a filosofia *Lean*, o estudo de Chen Meng (2010) do início dos anos 80, descreve como a *First Automobile Works (FAW)*, uma grande empresa do setor automóvel da China, enviou um grupo de colaboradores por um período de seis meses para a Toyota do Japão, afim de aprender as técnicas e posteriormente levar esse sistema de volta para a China. Foram obtidos ótimos resultados na redução dos diferentes tipos de desperdícios, iniciando assim o processo de implementação do LM nas empresas. No entanto, poucas empresas conseguiram implementar os princípios e as metodologias aprendidas na Toyota, e a grande maioria, incluído a FAW, não obtiveram sucessos (Henrique, 2015).

Nota-se que as empresas têm uma grande dificuldade em implementar a filosofia LM. As principais dificuldades que se observa na implementação da filosofia LM são: (Pinto,2009; Shahin 2010; Henrique, 2015)

- Falta de colaboradores qualificados;
- Falta de visão a longo prazo;
- Rápida implementação das ferramentas sem que haja absorção da filosofia por parte dos colaboradores;
- Falta de alinhamento estratégico com a aplicação do LM;
- Falta de formação por parte da Gestão de Topo aos colaboradores passando a ideia que LM é constituída apenas de ferramentas;
- Falta de resultados imediatos pode conduzir a que se opte pela desistência da implementação;
- Custos;
- Falta de um estudo para entender as reais necessidades da empresa.

Com o intuito de facilitar a implementação do *Lean*, existe diversas ferramentas que normalmente trazem um benefício inicial ao serem utilizadas, de forma conjunta ou individual, no entanto é importante frisar que essas ferramentas apresentam uma melhoria localizada e não aplicação de todo o conceito.

### 3.3. Ferramentas do Lean Manufacturing

No âmbito da filosofia Lean, existem diversas ferramentas e estas estão direcionadas para a eliminação de desperdícios e visam melhorar o ambiente produtivo das organizações, maximizando o valor acrescentado através da eliminação dos desperdícios: tempos de espera; excesso de produção; stocks; excesso de transportes e movimentações dos bens no processo produtivo; processo inadequado; defeitos nos produtos finais; trabalho desnecessário. O número de ferramentas a que o Lean Manufacturing recorre é vasto, variando segundo os autores. Ainda assim, é possível identificar um conjunto que se considera o mais representativo e usado na implementação desta abordagem organizacional (ver Figura 6).



Figura 6 - Ferramentas Lean.

### 3.3.1. *Just-in-Time* (JIT)

O sistema produtivo *Just-in-Time* veio da necessidade de redução de custos com stock, incertezas de vendas e desperdícios. A tradução de *Just-in-Time* é “Na hora certa” que pode ser considerado como apenas executar no momento certo.

Esta filosofia tem como objetivo reduzir os stocks intermédios e finais, produzindo exatamente a quantidade correta, em local adequado, afim de melhorar o fluxo de produção e reduzir o espaço físico necessário (Gouveia, 2015).

Esta ferramenta exige uma alta eficiência nas linhas de produção e gestores com uma grande capacidade de planeamento da produção e gestão das matérias-primas.

Para o funcionamento pleno da filosofia JIT são necessárias duas outras ferramentas essenciais do *Lean Manufacturing*: *Kaizen* e *Heijunka* (Ohno, 1988).

### 3.3.2. Kaizen

*Kaizen* é uma palavra de origem japonesa que significa melhoria contínua. Esta ferramenta tem como objetivo a busca constante por melhoria, sendo esta no sistema de produção e/ou na administração, partindo do princípio que nunca um produto ou um procedimento não pode ser melhorado.

Como na filosofia LM é importante o envolvimento de todos os colaboradores da empresa para sustentar o Kaizen, desde da Gestão de Topo aos operários das linhas de trabalho. Na Figura 7 é apresentado o envolvimento requerido aos funcionários ao seguir o Kaizen.

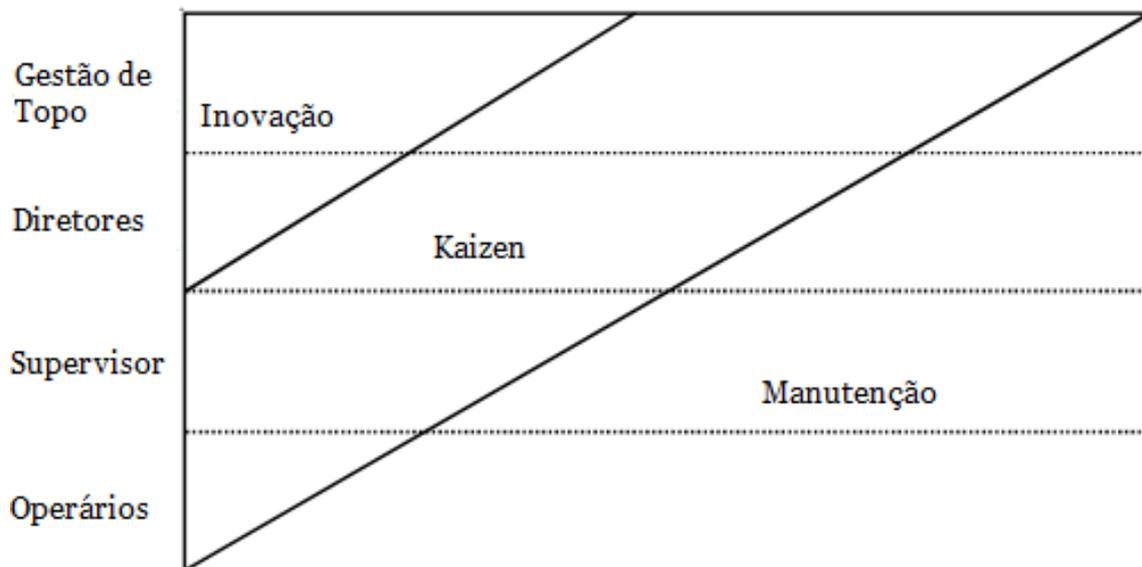


Figura 7 - Envolvimento dos funcionários com o Kaizen (Adaptado de Singh & Singh (2009)).

### 3.3.3. Heijunka

*Heijunka* é uma palavra de origem japonesa que significa nivelamento. O método *Heijunka* consiste no nivelamento da produção alternando vários produtos, isto permite que se produza na ordem em que os produtos são necessários, minimizando o stock intermédio e o risco de sobreprodução (Suzaki, 2010).

Esta metodologia tem como foco o planeamento da produção orientada segundo as necessidades dos clientes, portanto a sequência de produção é produzida em lotes pequenos e de acordo com as necessidades.

Importante frisar a necessidade de uma flexibilização grande nos processos produtivos, ou seja, as linhas de produção têm que estar capacitadas para absorver os tempos de *setup* das máquinas. O objetivo é reduzir os prazos de entrega e stocks intermédios (Gouveia, 2015).

#### **3.3.4. Total Productive Maintenance (TPM)**

Conhecida em português como Manutenção Produtiva Total, é uma ferramenta que tem como objetivo reduzir custos, eliminar desperdícios e garantir a qualidade dos produtos e/ou serviços. A diferenciação do TPM está na proatividade da manutenção, ou seja, uma manutenção preventiva para que não existam paragens não programadas e/ou avarias não detetadas.

Como as outras ferramentas do LM, o envolvimento por parte de toda a cadeia produtiva, ou seja, da Gestão de Topo ao operário da máquina, é essencial para o funcionamento da mesma.

#### **3.3.5. Poka-yoke**

Esta ferramenta do LM tem como objetivo identificar e prevenir erros ou, caso ocorram, fazer com que estes sejam facilmente detetados por meio de métodos objetivos tal que possam ser corrigidos de imediato. Na Figura 8 é apresentado um exemplo do método Poka-yoke.

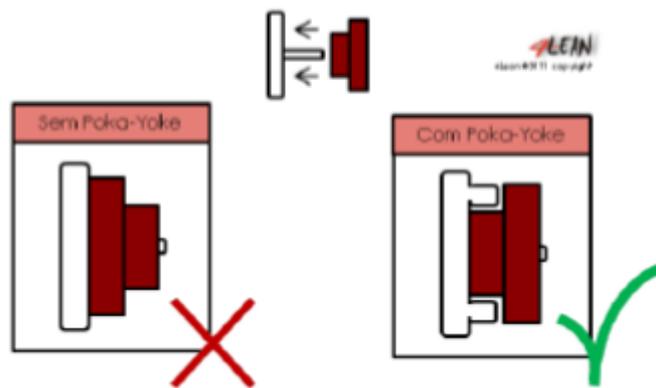


Figura 8 - Método Poka-yoke (4lean, 2017)

### 3.3.6. Standardized Work (SW)

“Where there is no standard, there can be no kaizen” esta frase dita por Taiichi Ohno pode ser traduzida como “Onde não existe padrão, não poderá existir kaizen”, refere-se ao facto que a padronização é de suma importância para todo o processo do LM. Destina-se a uniformizar a produção de modo que qualquer operador possa desempenhar a atividade com a mesma precisão e qualidade (Emiliani, 2008). Engloba o desenvolvimento de procedimentos documentados e sempre aplicar o conceito de melhoria contínua no procedimento, identificar as suas possíveis falhas e implementar o kaizen afim de encontrar sempre a melhor solução.

### 3.3.7. Single Minute Exchange of Die (SMED)

A metodologia SMED baseia-se na diminuição dos tempos de *setup* das máquinas. Esta metodologia é fundamental para um funcionamento eficiente do *Heijunka*. O tempo gastos nos *setups* é considerado desperdício, pois o mesmo não acrescenta nem um valor para o cliente, somente aumenta o custo de produção.

O objetivo é reconhecer todas as fases do processo e identificar quais são as tarefas que se podem executar antes do equipamento ou máquina parar. Desta forma, a preparação adiantada vai fazer com que o tempo de paragem seja diminuído (Figueiredo, 2016).

### 3.3.8. Value Stream Mapping (VSM)

*Value Stream Mapping* pode ser traduzido como Mapa de Fluxo de Valor é uma ferramenta que tem como objetivo organizar visualmente o fluxo de produção e identificar quais são os procedimentos e etapas que criam um valor ao produto.

Esta ferramenta tem como principal objetivo identificar os desperdícios na produção e facilitar a identificação visual de todo o processo produtivo (Gouveia, 2015).

### 3.3.9. Kanban

*Kanban* pode ser traduzido como “cartão” e é uma das ferramentas que dão suporte ao JIT desenvolvida na Toyota. Esta ferramenta constitui-se em promover um fluxo ordenado de todos os processos da cadeia de abastecimento, produção e distribuição. A ideia é que o abastecimento ocorra de forma automática sem recorrer a planejamento de previsões ou ao pedir montante material apenas quando este é necessário.

O *kanban* surgiu como solução para a tendência que as empresas tinham para produzir mais que o necessário, portanto, Ohno (1988) desenvolveu uma forma de reduzir os desperdícios, produzindo apenas o que o cliente queria e nas quantidades necessárias para atender a procura.

Para Ling (2007), o sistema *kanban* verifica-se entre dois pontos da cadeia logística, onde a matéria-prima é transportadas em caixas, acompanhadas do respetivo *kanban* (“cartão”) e, sempre que o material é consumido a jusante, o *kanban* dá origem a uma ordem de reaprovisionamento que é enviada a montante. Na Figura 9 é apresentado um diagrama genérico de funcionamento do Kanban.

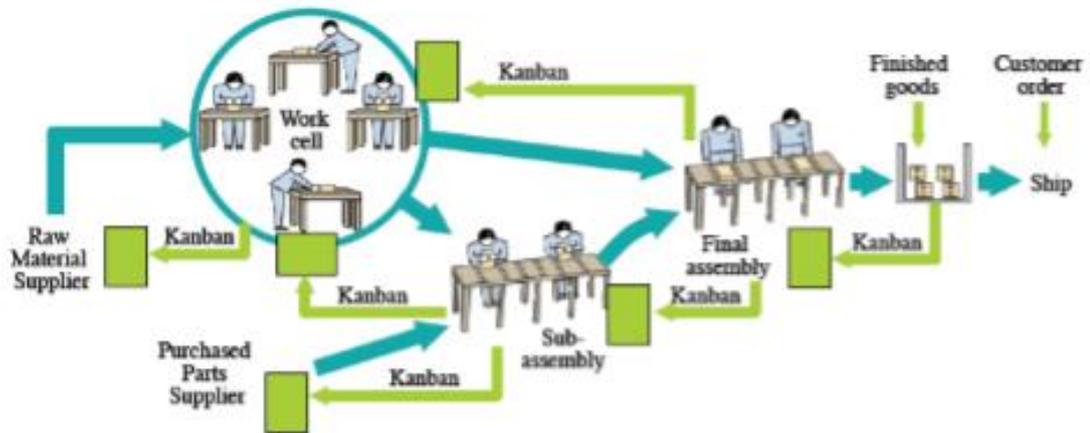


Figura 9 - Diagrama de funcionamento do Kanban (Azevedo, 2015).

O *kanban* pode ser físico ou gerido por meio de um sistema, mas o sistema de funcionamento será o mesmo. Na Figura 10 é apresentado um exemplo de um *Kanban* físico e na Figura 11 é apresentado um sistema.



Figura 10 - Sistema Kanban físico (Azevedo, 2015).

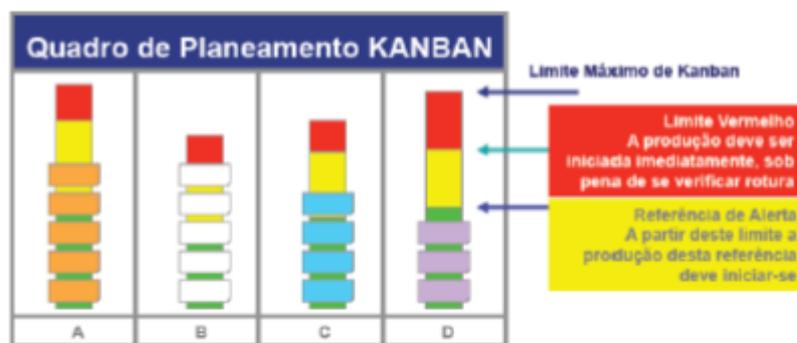


Figura 11 -Sistema Kanban software (Azevedo, 2015).

Os *kanban* são colocados dentro dos espaços com as cores (verde, amarelo e vermelho). Quando são colocados nos espaços verdes significa que está tudo em ordem. Quando são colocados no amarelo, significa que se deve começar a produzir e, caso chegue ao vermelho, a produção deve ser iniciada de imediato.

### 3.3.10. 5's

O 5's é uma ferramenta do LM que tem como objetivo a organização do local de trabalho e a padronização dos processos de trabalhos de maneira a torná-los mais eficientes. É um processo puramente educacional que visa construir uma base sólida de qualidade total envolvendo toda a empresa, através de práticas dirigidas para mudança de comportamento, atitudes e valores das pessoas (Eurisko, 2011a).

O 5's surgiu no Japão no sistema TPS em meados de 1950 e foi concebido para ser o primeiro passo para resolução de problemas. O seu nome corresponde às iniciais de cinco palavras japonesas expostas na Figura 12.

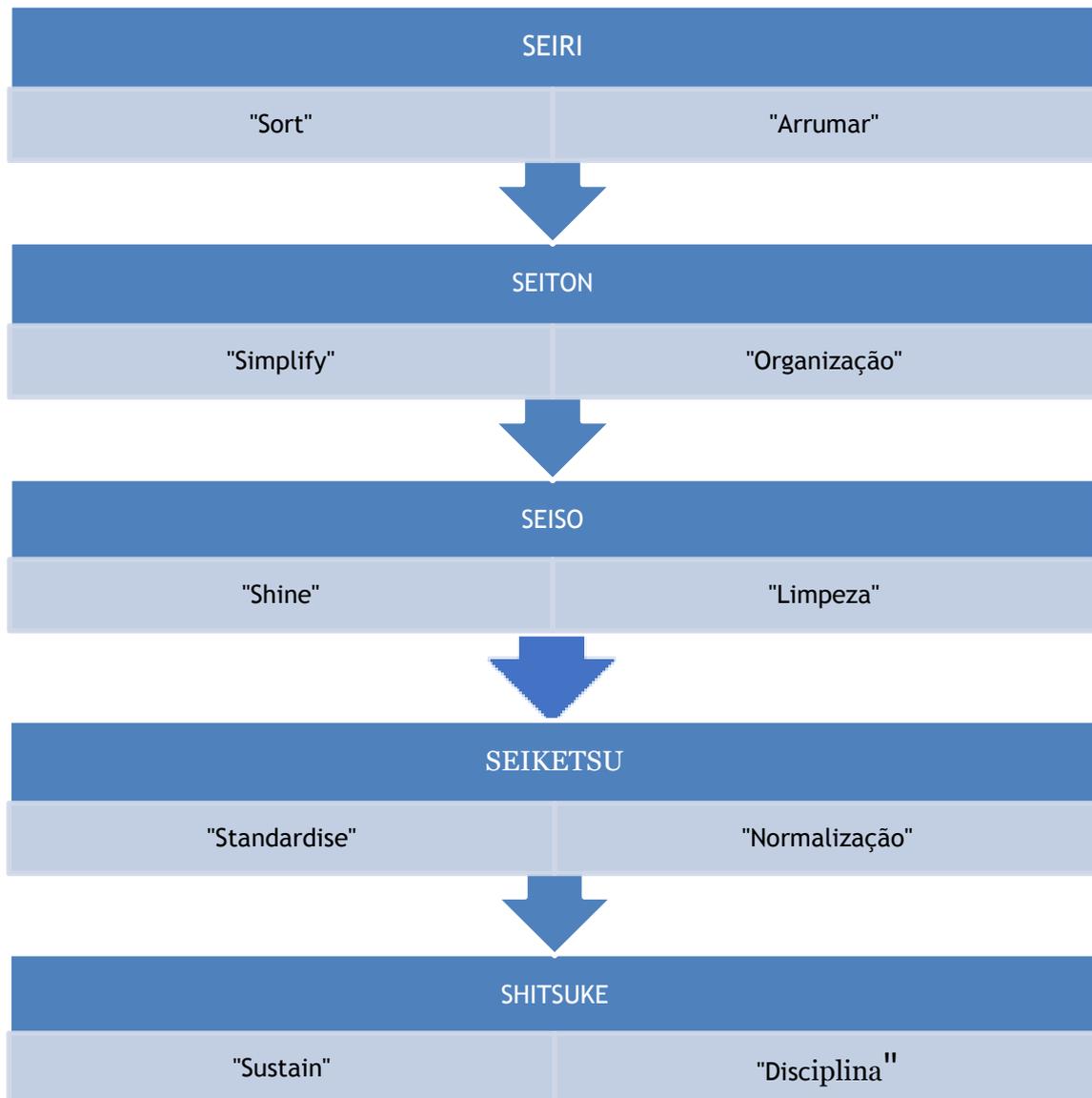


Figura 12 - Descrição da denominação 5's.

Segundo Hirano (1995) os cinco passos são:

- *Seiri*
  - Separar todo o material existente no espaço de trabalho: proceder uma triagem, retirar todas as ferramentas que operador não precisa para realizar a tarefa.
- *Seiton*

- Arrumar e organizar o espaço de trabalho: sendo para isso se definidos lugares para cada coisa, de maneira a que os trabalhadores saibam exatamente onde está cada ferramenta, e saibam onde a colocar após o uso.
- *Seiso*
  - Limpar o posto de trabalho: uma vez feita a organização do posto de trabalho, tem que garantir que o mesmo não fique sujo. Para isso são criados métodos de limpeza onde se deve garantir um ambiente de trabalho limpo e organizado, sem materiais desnecessários, de forma a evitar confusão e perda de tempo na produção.
- *Seiketsu*
  - Após os três passos iniciais é feita a normalização e uniformização dos postos de trabalho, ou seja, garantir que todos percebam e sigam o padrão. Nesta fase é importante que os operadores perceberem os benefícios da organização, e como esta é a chave para garantir o sucesso.
- *Shitsuke*
  - Disciplinar todos os colaboradores a manter os procedimentos criados anteriormente. Somente com a união e motivação de todos é possível cumprir constantemente com todas as regras. É importante frisar o envolvimento da Gestão de Topo em todos os passos, demonstrando capacidade de gerir pelo exemplo.

### 3.4. Nota conclusiva

Este capítulo descreveu a história do *Lean Manufacturing* e abordou os principais pontos da filosofia e suas principais ferramentas de aplicação, sendo estas:

- *Just-in-Time* - o que é necessário, quando necessário e na quantidade certa;
- *Kaizen* - Melhoria contínua;
- *Heijunka* - Produção nivelada;
- *Total Productive Maintenance* - Manutenção produtiva total;
- *Poka-Yoke* - Sistema ou método de aprovação de erro;
- *Standardized Work* - Procedimentos de trabalho;
- *Single Minute Exchange of Die* - Diminuição nos tempos de *setups*;
- *Value Streaming Mapping* - Mapa de fluxo e valores;
- *Kanban* - Sinal Visual;

- 5'S - Melhoria no ambiente de trabalho.

O próximo capítulo irá descrever as ferramentas computacionais desenvolvidas baseadas na filosofia *Lean*, nomeadamente o 5'S e o Kaizen.



## 4. Ferramentas Computacionais

O homem sempre foi dependente dos recursos que a natureza lhe proporcionava. A crescente procura de matéria-prima, associada a transformações económicas e sociais que têm ocorrido em ritmos cada vez mais acelerados, tem conduzido a um aumento do sistema produtivo e por consequência um aumento de matéria-prima. Inerente a este crescimento sobressaiu quase sempre a ideia que a natureza sempre conseguiria acompanhar este crescimento e atender a esta procura cada vez maior de matéria-prima, ou seja, que a natureza era uma fonte inesgotável de energia e matéria-prima e que poderia absolver as múltiplas formas de poluição que surgiram com o crescimento das atividades produtivas (Martins, 2009).

Atualmente a ideia de um crescimento e um desenvolvimento sustentável, onde se procura o equilibra entre a preservação de recursos e a melhoria contínua das condições de vida do homem, sendo esta desde o mercado de trabalho com melhores condições de trabalhos, ao cotidiano com uma melhor qualidade do ar, barulho e menos stress. Estas ações cada vez mais tomam um peso maior junto da sociedade em geral e em particular junto das organizações empresariais, que vêm nesta abordagem uma oportunidade de se destacar no mercado. Por esse facto, o planeamento e a gestão ambiental tornam-se cada vez mais essenciais.

Encontrar estratégias para que as gestões atuais das empresas passam incluir mais medidas que visam a melhoria do desempenho, sendo este ambiental e/ou de gestão dos processos, é mais do que uma diferenciação no mercado, mas sim a única forma de sobreviver a um mercado cada vez mais competitivo.

Cada vez mais o mercado globalizado exige a utilização de recursos computacionais para o tratamento de dados, sejam eles qualitativos ou quantitativos. O mercado corporativo exige agilidade e precisão no tratamento de dados e informações. A capacidade de processamento de dados, precisão nas análises é limitada quando esta tarefa cabe ao ser humano, pois este além das situações acima citadas, este está sujeito a fadiga e falta de concentração devido ao excesso de trabalho. Pelo contrário, os computadores modernos possuem excelente

precisão e são muito mais rápidos que os seres humanos no processamento de grandes volumes de informação e criação de cenários. (Aguiar *et al.*, 2006)

Segundo Rizzoli & Young (1999) existem os seguintes tipos de utilizadores:

- O “Cientista Ambiental”
  - Este utilizador tem como objetivo desenvolver e testar experiências e modelos.
- O “Gestor Ambiental”
  - Este utilizador normalmente necessita de modelos prontos a utilizar e que estão normalmente integrados a ferramentas de apoio a decisão.

Com o desenvolvimento das interfaces gráficas, a programação visual ganhou um maior peso. Emergiram então novas ferramentas que conjugavam a programação visual com as capacidades de modelação. Neste tipo de sistemas, os modelos informáticos são desenhados visualmente através da ligação de blocos de processamentos. Este tipo de ferramenta é a que mais se ajusta ao segundo tipo de utilizador (Rizzoli & Young, 1999).

Assim sendo, foi inevitável o desenvolvimento de ferramentas computacionais direcionados à resolução dos mais variados problemas e criação de cenários afim de encontrar a melhor solução nos mais variados campos de atuação, como por exemplo: económico, administrativo, engenharias, industriais, ambientais, entre outros.

Segundo Xavier *et al.* (2006), as primeiras ferramentas informáticas aplicadas à monitorização e gestão ambiental focaram principalmente o tratamento de águas residuais e o destino dos resíduos. Hoje em dia, a utilização destes sistemas tem tendência a tornar cada vez mais abrangente a gestão ambiental de organizações de diferentes segmentos produtivos.

A contribuição para a otimização dos mais variados processos ocorreu de forma muito significativa. Um dos recursos comumente utilizados no tratamento de dados é a folha de cálculo eletrónica *Excel* da *Microsoft* (Aguiar *et al.*, 2006).

A grande capacidade de análise de dados, além de, uma interface simples e conhecida faz do *Excel* uma excelente ferramenta de apoio à decisão. Atualmente há uma tendência, para além de uma programação visual (interface), dos sistemas desenvolvidos integrarem modelos, base de dados e outros mecanismos de suporte à decisão e gestão ambiental (Martins, 2009).

Os problemas que se colocam à Gestão Ambiental, são na sua maioria, problemas com elevado grau de complexidade e incertezas. Portanto, facilitar o uso das ferramentas computacionais para o segundo tipo de utilizador é fundamental.

A utilização de modelos matemáticos tornou-se mais recorrente na simulação de cenários reais ou virtuais que têm como objetivo avaliar o agravamento ou a melhoria do desempenho ambiental, devidos a uma determinada decisão com implicações no processo produtivo (Xavier *et al.*, 2006).

Criar ferramentas computacionais que vão de encontro as necessidades dos Gestores das indústrias portuguesas é grande desafio. As grandes empresas dispõem de verbas para investimento em programas de gestão de energia e gestão organizacional, mas esta não é a realidade portuguesa à medida que a dimensão da empresa diminui.

A indústria portuguesa é constituída praticamente por pequenas e médias empresas (PME). Segundo Pordata (2017), 99,9% das indústrias portuguesas são PME e estas representaram em 2015 um valor de 201.761,5 milhões de euros em negócios. Em 2015, totalizou o emprego a cerca de 2.897.135 pessoas, de um total de 10.358.100, proporcionando emprego a cerca de 27,97% da população portuguesa (Pordata, 2017). Grande parte dessas indústrias é incluída no setor agroalimentar. A indústria agroalimentar é o setor industrial que mais contribui para a economia portuguesa (14 mil milhões de euros), representando o dobro do volume do segundo setor industrial, o metalúrgico. É também a indústria que mais investe em Portugal e o segundo setor industrial que gera mais emprego (cerca de 16%). Este setor é crucial para a estratégia de crescimento do País, com contribuição direta para o aumento das exportações. Este setor tem a capacidade de assegurar a autossuficiência alimentar e continua a ser um dos maiores potenciais de crescimento dos níveis de produção e do volume de negócios em comparação com os seus homólogos europeus (Deloitte, 2012).

O sector agroalimentar é um setor estratégico e milenar. Fornecer ferramentas computacionais para este setor é vital para aumento de produtividade e eficiência. Atualmente, a indústria agroalimentar representa aproximadamente 20% da indústria de transformação portuguesa (Pordata, 2017). Após a adesão de Portugal à União Europeia, a construção do mercado único em 1993 obrigou a indústria agroalimentar a um esforço de harmonização das regras de manuseamento, fabrico e apresentação, nomeadamente as regras de rotulagem, higiene, segurança e aditivos. As relações entre a indústria e a produção e entre a indústria e as universidades têm impulsionado o desenvolvimento de uma indústria internacional mais competitiva.

## 4.1. Ferramenta computacional de apoio Gestão 5'S

A ferramenta 5'S é um recurso aplicável a qualquer empresa, pois não está condicionado a grandes investimentos iniciais, mas sim a mudanças habituais dos profissionais na rotina da empresa. O conjunto de etapas do programa 5'S inicia-se com a seleção de tudo o que não é útil à empresa e do material que está ocioso dentro da empresa, passando para o material aproveitável, organizando-o de maneira padronizada e nos moldes da empresa.

A gestão de topo deve fortalecer os pontos que farão com que as pessoas interajam no processo, como por exemplo: enfatizar os aspectos individuais para fortalecimento do grupo; dar segurança a todos (ninguém perde, todos ganham); mostrar que nada é inatingível e tudo pode ser melhorado (Kaisen); despertar a sensação de utilidade em todos (todos são importantes); entre outros valores. *“Consciência por si só não basta. Para mudar, o homem precisa da vontade”* (Gomes et al., 1998).

A implementação do 5'S traz benefícios logo na implementação como: a libertação de espaços físicos, a diminuição de acidentes, a diminuição de custos de manutenção, a reutilização de recursos, a melhoria visual do ambiente de trabalho, entre outros. O verdadeiro desafio consiste em manter esta estratégia, procurando sempre aumentar a fasquia: *“A organização gera eficiência”* (Campos et al., 2005).

O 5'S traz melhoria da estrutura da empresa, sendo que, para tal, o método de abordagem adequado é a execução antes da teorização. Assim, os colaboradores notarão os benefícios da abordagem e incorporarão a filosofia do 5'S até o nível de uma “crença”. Deste modo, os resultados obtidos serão extremamente satisfatórios, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos (Habu et al., 1992).

A ferramenta 5'S desenvolvida nesta dissertação para análise de boas práticas ao nível de segurança e saúde no trabalho no setor agroalimentar apresenta duas folhas de cálculo, sendo uma “Ferramenta” e a outra “Gráfico”. Foi desenvolvida com o objetivo de facilitar a manutenção e implementação da filosofia 5'S por meio de 22 perguntas, onde o utilizador deverá responder entre “Sim / Não / NA (Não Aplicável)”. A ferramenta apresentará uma pontuação de 0 a 20. Esta escolha da pontuação serve para facilitar a interpretação do utilizador. A data é gerada automaticamente quando o utilizador carregar o botão “Gráfico”.

A interação do utilizador será apenas folha de cálculo “Ferramenta” exposta na Figura 13, onde o mesmo deverá preencher as células com os valores correspondentes. Note-se que ao preencher duas células na mesma linha, esta ficará vermelha indicando que há um erro. A falta de preenchimento da célula será providenciada por indicação de cor amarela.

A folha de cálculo “Ferramenta” ainda apresenta uma célula chamada “Medição”, que é de preenchimento automático. A Ferramenta 5’S foi desenvolvida para 1 ano, ou seja, o utilizador deverá fazer a verificação a cada mês. Ao fim de 1 ano, ou 12 medições, o utilizador deverá apagar as folhas de cálculo utilizando o botão “Apagar”. Note-se que a pressão do botão “Apagar” apagará todos os dados dos meses anteriores, pelo que só deve ser utilizado ao fim das medições.

Os cálculos estão ocultos, mas não protegidos, a intenção da Ferramenta 5’S é ser adaptada a realidade do Gestor, pelo que a folha se encontra totalmente desprotegida e sem senha. É recomendável a proteção das células antes da distribuição aos colaboradores, pois caso exista uma modificação nas fórmulas de cálculo, pode ocasionar falhas no bom do funcionamento da ferramenta.

Para a utilização da ferramenta, o utilizador deverá habilitar os recursos das Macros. Caso este recurso não seja habilitado, a Ferramenta não executará o gráfico.

As 22 perguntas contida na ferramenta tiveram como fonte o relatório da Prevenir, Manual de Boas Práticas da Indústria da Alimentação e das Bebidas - Segurança e Saúde no Trabalho , 2011b).



## Ferramenta 5'S

Esta ferramenta tem como objetivo desenvolver o planeamento sistemático, permitindo de imediato maior produtividade, segurança, clima organizacional e motivação dos funcionários, com consequente melhoria da competitividade

Local:		Sim	Não	N/A
<small>Nota: Introduza X como escolha.</small>				
1	Estado geral do pavimento, paredes e janelas é aceitável?			
2	Estado de limpeza de pavimentos, paredes e tetos é aceitável?			
3	Existe facilidade de circulação na área?			
4	Os locais de passagem estão definidos?			
5	O layout / implementação é adequado?			
6	O mobiliário está adequado às tarefas desempenhada?			
7	Os equipamentos/mobiliários estão ergonomicamente bem colocados?			
8	Os meios auxiliares (carros de transportes, caixas de armazenamento intermédios, etc...) estão adequados?			
9	O estado de limpeza/atratividade/aspecto geral do mobiliário, equipamentos e meio auxiliares é bom?			
10	Não existem materiais ou equipamentos/ ferramentas desnecessários?			
11	Para a localização dos materiais é observada a frequência da sua utilização?			
12	Existem ajudas visuais (localização e identificação clara) que facilitem a procura/consulta? Estão atualizadas?			
13	Estão identificados os utilizadores dos diferentes materiais, equipamentos, ferramentas ou objeto?			
14	A organização nas capas dos arquivos, gavetas, computadores, armários, etc., facilita a utilização pelo próprio e por outros utilizadores?			
15	Existem standards definidos (cores, símbolos, etc.) para identificação ou segregação dos materiais?			
16	As organização dos fios elétricos, telefone, tomadas, tubagens, etc., é boa?			
17	São conhecidas as causas da sujidade e desorganização?			
18	A segregação de resíduos é efetuada?			
19	Os contentores de resíduos estão limpos e sinalizados?			
20	Nível de ruído, vibrações, iluminação, odores, derrames, etc., é aceitável?			
21	Existem sistemas de prevenção e atuação em caso de emergência? Estão atualizados e verificados?			
22	Os sistemas de atuação em caso de emergência estão acessíveis e identificados?			

Responsável:

Observações:

Data:  
15/06/2017

**Medição**  
1

Figura 13 - Ferramenta de apoio à gestão organizacional - Ferramenta 5'S.

No próximo subcapítulo será apresentado um estudo de caso da ferramenta que conterà dados de uma empresa fictícia, para fácil entendimento da ferramenta.

#### 4.1.1. Estudo de Caso - Aplicação da Ferramenta

A ferramenta de Apoio à Gestão 5'S foi elaborada com o objetivo de avaliar e implementar o pensamento do 5'S em empresas e foi desenvolvida de maneira que haja uma simplificação no processo de implementação com a introdução de pensamento de limpeza e de organização dos arquivos e ferramentas da empresa.

A ferramenta possui 22 perguntas às quais o utilizador deverá assinalar com um X após um "check up" na empresa. Recomenda-se a impressão do documento e o arquivo da folha de cálculo "Ferramenta", pois esta será alterada e não possuirá uma base de dados com o mês anterior.

A Figura 14 apresenta uma folha de cálculo preenchida. Note-se que após a 12ª medição, a "Ferramenta" não irá fazer mais medições, portanto será necessário apagar todos os dados e recomeçar. Pode-se observar na Figura 15 que a própria ferramenta apresentará um quadro informativo avisando o utilizador quanto à necessidade de apagar a folha de cálculo. Aconselha-se a gravar o documento com um nome indicativo do ano, e depois voltar a gravar esse mesmo documento, já com as células limpas, com a denominação relativa ao ano seguinte. Note-se que a célula "Medição" é de funcionamento automático, portanto o utilizador não deve introduzir um número manualmente.

Quando o utilizador seleciona a impressão da folha de cálculo com a resposta às questões realizadas é de salientar que os botões não serão impressos.

A Figura 16 apresenta o gráfico após um ano de utilização do utilizador. Este gráfico fornece de forma visual a evolução da pontuação obtida pelo utilizador na execução das 22 questões que compõem a ferramenta. Os resultados são gerados automaticamente, consoante os dados introduzidos na folha de cálculo "Ferramenta". O "Gráfico" diferente da folha de cálculo Ferramenta apresenta um banco de dados de todos os valores anteriores.



## Ferramenta 5'S

Esta ferramenta tem como objetivo desenvolver o planeamento sistemático, permitindo de imediato maior produtividade, segurança, clima organizacional e motivação dos funcionários, com consequente melhoria da competitividade

Local:		Sim	Não	N/A
<small>Nota: Introduza X como escolha.</small>				
1	Estado geral do pavimento, paredes e janelas é aceitável?	X		
2	Estado de limpeza de pavimentos, paredes e tetos é aceitável?	X		
3	Existe facilidade de circulação na área?	X		
4	Os locais de passagem estão definidos?	X		
5	O layout / implementação é adequado?	X		
6	O mobiliário está adequado às tarefas desempenhada?	X		
7	Os equipamentos/mobiliários estão ergonomicamente bem colocados?	X		
8	Os meios auxiliares (carros de transportes, caixas de armazenamento intermédios, etc...) estão adequados?	X		
9	O estado de limpeza/atratividade/aspecto geral do mobiliário, equipamentos e meio auxiliares é bom?	X		
10	Não existem materiais ou equipamentos/ ferramentas desnecessários?	X		
11	Para a localização dos materiais é observada a frequência da sua utilização?	X		
12	Existem ajudas visuais (localização e identificação clara) que facilitem a procura/consulta? Estão atualizadas?	X		
13	Estão identificados os utilizadores dos diferentes materiais, equipamentos, ferramentas ou objeto?	X		
14	A organização nas capas dos arquivos, gavetas, computadores, armários, etc., facilita a utilização pelo próprio e por outros utilizadores?	X		
15	Existem standards definidos (cores, símbolos, etc.) para identificação ou segregação dos materiais?	X		
16	As organização dos fios elétricos, telefone, tomadas, tubagens, etc., é boa?	X		
17	São conhecidas as causas da sujidade e desorganização?	X		
18	A segregação de resíduos é efetuada?	X		
19	Os contentores de resíduos estão limpos e sinalizados?	X		
20	Nível de ruído, vibrações, iluminação, odores, derrames, etc., é aceitável?	X		
21	Existem sistemas de prevenção e atuação em caso de emergência? Estão atualizados e verificados?	X		
22	Os sistemas de atuação em caso de emergência estão acessíveis e identificados?	X		
Responsável:				
Observações:		Data: 15/06/2018		
<input type="button" value="Gráfico"/> <input type="button" value="Apagar"/>		<b>Medição</b> 13		

Figura 14 - Ferramenta de apoio à gestão organizacional - Exemplo de Preenchimento Ferramenta 5'S.

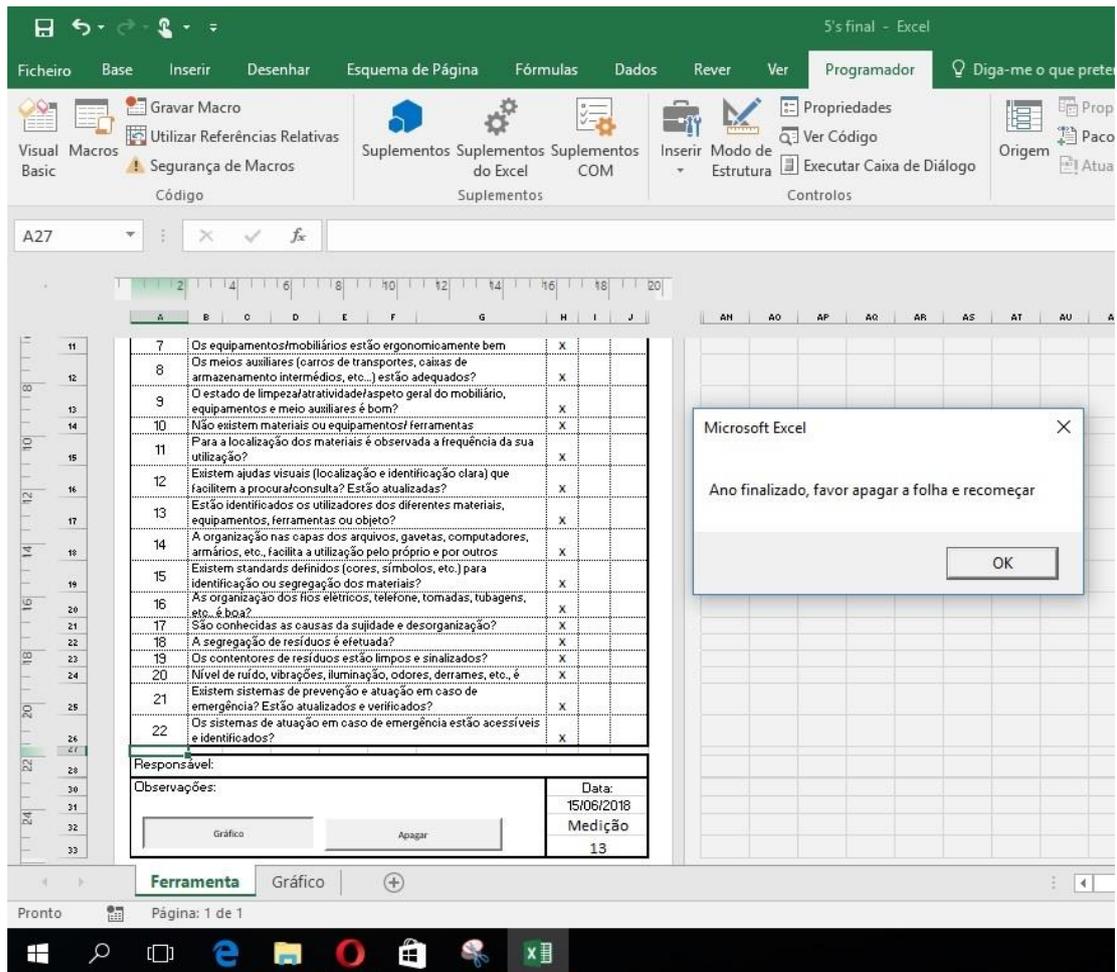


Figura 15 - Ferramenta de apoio à gestão organizacional - Aviso do 13º mês.

A folha de cálculo “Gráfico” exposta na Figura 16 foi elaborada com a intenção de facilitar a interpretação dos dados pelo utilizador, como por exemplo neste caso:

- Evolução nos resultados obtido desde da sua primeira utilização.
- Houve uma rápida evolução nos primeiros 6 meses, podendo interpretar que as questões mais fáceis foram resolvidas primeiro.
- Em nenhum mês houve um decréscimo na pontuação, podendo-se concluir que houve a envolvimento da empresa no processo de melhoria contínua.
- No mês de março de 2018, a empresa chegou à pontuação máxima e conseguiu manter-se neste patamar nos dois meses seguintes.

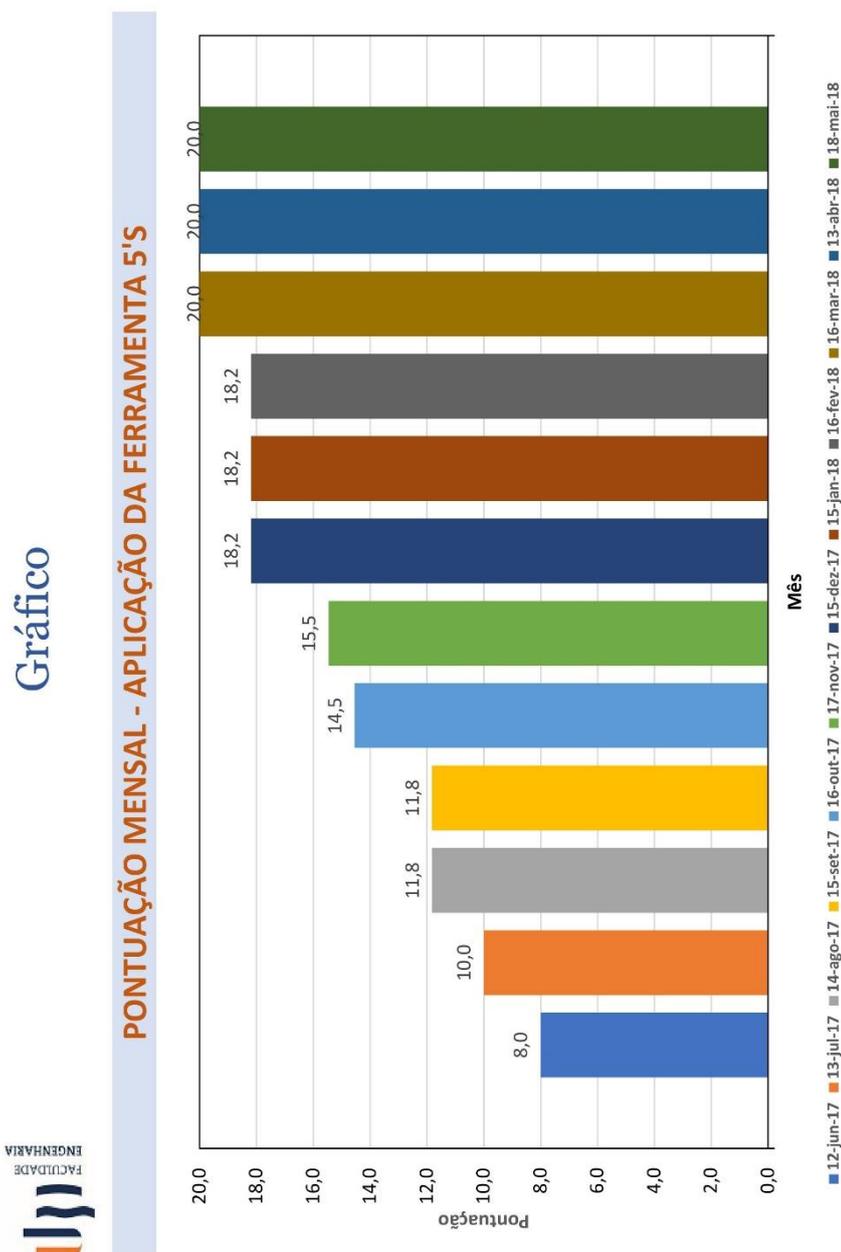


Figura 16 - Ferramenta de apoio à gestão organizacional - Gráfico dos Resultados 5'S.

A intenção da ferramenta não é só implementar o espírito crítico do Gestor, mas sim manter-se com a pontuação máxima. A pontuação é uma excelente forma de incentivo aos colaboradores afim de se esforçarem para conseguir continuamente uma evolução nas pontuações, podendo ser utilizada até para avaliação do desempenho.

## 4.2. Ferramenta computacional de apoio gestão de energia

A eficiência energética é fundamental para assegurar o desenvolvimento económico e social de um país. O setor industrial é um dos setores com maior dependência de energia e um dos que mais consome. Segundo a DGEG (2015), a indústria em Portugal é responsável por 31% do consumo total de energia, sendo apenas ultrapassada pelos transportes com 37%. Desde modo, é importante o desenvolvimento e aplicações de tecnologia que visem controlar o consumo de energia e as respetivas emissões de gases.

A gestão de energia é caracterizada por abordar um vasto conjunto de boas práticas, que inclui a utilização de ferramentas de apoio, que visam, facilitar a vida do Gestor através de monitorização mensal dos consumos. Segundo a Agência para a Energia Portuguesa (ADENE), para que os esforços de poupança de energia sejam bem-sucedidos, são necessários desenvolvimentos tecnológicos suscetíveis de serem levados à prática, bem como medidas políticas que regulamentem o consumo energético e as emissões de gases com efeito de estufa e que estimulem em simultâneo a competitividade económica global das empresas Portuguesas (ADENE, 2010).

Para se alcançar um qualquer objetivo em termos de eficiência energética, é fundamental o desenvolvimento de ferramentas que facilitem a contabilização dos consumos e a sua correlação com a produção. Estas devem apoiar a tomada de decisões e permitir que estas se convertam em medidas de progresso na poupança de energia, reduzindo o consumo de energia, o que poderá originar um aumento da competitividade entre as indústrias.

Segundo Martins (2012), existe a falta de ferramentas de apoio que cumpram o objetivo de auxiliar o gestor a reduzir os consumos energéticos, sem comprometer a produção da empresa e que se ajustem à realidade e às necessidades da indústria Portuguesa. Existem vários programas de apoio à gestão de energia que contabiliza os consumos energéticos, contudo, a maior parte deles restringem-se apenas a instalações habitacionais. O fato de 99,9% (PORDATA, 2017) das indústrias portuguesas serem PME, dificulta a implementação de um sistema de gestão de energia. A realidade da indústria portuguesa é um caso especial de estudo.

A ferramenta de apoio à gestão energética das indústrias agroalimentares desenvolvida nesta dissertação, tem como objetivo implementar uma nova ideia nos gestores de pequenas empresas, a eficiência energética. A ferramenta trará três informações essenciais para estudar e avaliar o panorama dos setores e da empresa no setor.

Os setores abordados no estudo são:

1. Carnes - Matadouros
2. Carnes - Presunto e Enchidos
3. Distribuição
4. Hortofrutícolas - Centrais de Frutas
5. Hortofrutícolas - Centrais de Revenda
6. Lactínios
7. Peixes
8. Vinhos

A base de dados foi disponibilizada pelo InovEnergy - Eficiência Energética no Sector Agro-Industrial (01/SIAC/2011, Ref.: 18642). Os dados foram tratados e formatados de modo a facilitar a interpretação das mesmas. O programa foi focado nas PME's, portanto apresenta uma gama variada de tamanho das indústrias. Como o foco da ferramenta são os Gestores das PME's, a ferramenta foi operacionalizada afim de facilitar a interpretação dos dados e a introdução das características da empresa.

A Ferramenta foi desenvolvida em 3 folhas A4 com orientação horizontal, onde o utilizador deverá interagir apenas na primeira e na segunda, sendo a terceira folha apenas de relatórios.

- Panorama do Sector
  - A folha de cálculo exposta na Figura 17 apresenta um panorama do consumo energético do setor selecionado: o consumo total de energia elétrica e de energia térmica. Esta folha ainda apresenta dois gráficos com os resumos dos dados, possibilitando ao utilizador a interpretação de uma forma visual, a relação das emissões dióxido de carbono com o tipo e a quantidade de energia utilizada.
- Análise Energética - Individual
  - Nesta folha de cálculo (ver Figura 18) o utilizador irá inserir os dados da empresa e atualizar os preços por unidades. Esta folha é o “core” da ferramenta. É nesta folha que os cenários previsionais são montados.
- Relatório Gráfico
  - Nesta folha de cálculo (ver Figura 19) é apresentado o relatório gráfico de acordo com os dados inseridos na folha anterior. É importante frisar que a atualização dos gráficos é automática.



## Panorama do Sector

Está folha de Excel tem como objetivo demonstrar o panorama de consumo de energia do sector. Deve-se inserir o sector desejado e clicar no botão executar. Esta folha apenas apresentará o resumo energético e emissões do sector a ser estudado

Lactitínios

Unidade	Energia		Gás Natural		Lenha		Gás Propano		Gasóleo		Nafta	
	Toe	kWh/lano	Toe	GWh/lano	Toe	GWh/lano	Toe	GWh/lano	Toe	GWh/lano	Toe	GWh/lano
<b>Total</b>	233,228	2 712 506,000	35,451	2,713	0,000	0,000	248,362	64,941	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Média das Indústrias</b>	8,330	96 875,214	35,451	96,875	0,000	0,000	17,740	8,118	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Representação do Setor</b>	40%		6%		0%		43%		11%		0%	
<b>Emissão de kgCO<sub>2</sub></b>	276 520,135		87 894,114		0,000		826 318,935		208 241,748		0,000	
<b>Representação no Setor</b>	20%		6%		0%		59%		15%		0%	

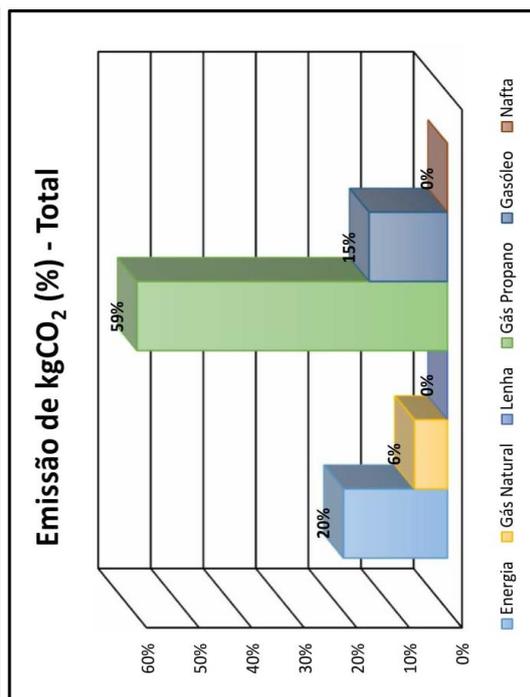
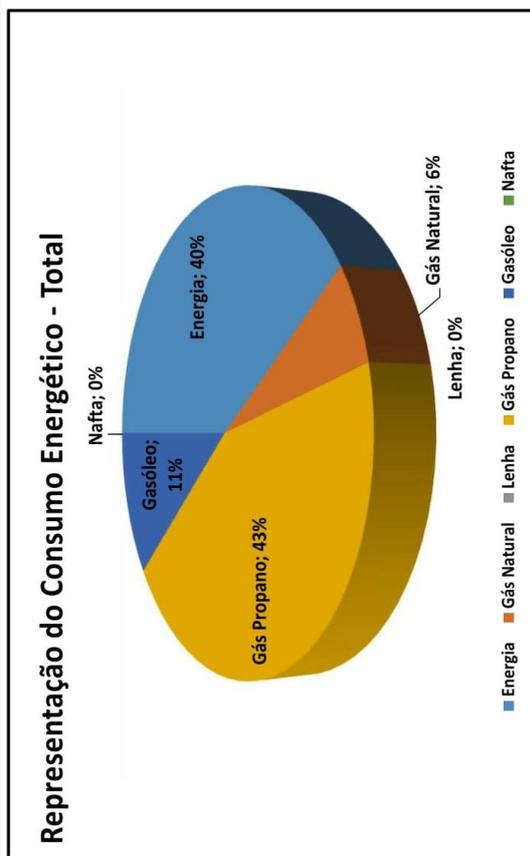


Figura 17 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Panorama do Sector.



### Análise dos Gastos Energéticos - Individual

Esta folha tem como objetivo analisar os gastos energéticos da empresa de modo individual e propor alternativas mais eficientes do uso da energia. O utilizador deverá entrar com os dados nas células **laranja** (dados) e **verde** (€). Nota-se que as células **azuis** são de resultados

Tipo	Quantidade	Preço
Energia kWh	0,00 kWh/ano	0,10 €
Solar	0,00 Wp	2,00 €

Solar		
Entrada	Quantidade	Saída
Porcentagem Investimento (€)	0,00 kWh/ano	0,00%
Watt Pico		0,00 €
Necessário		0,00

Tipo	Quant. Mensal	Unid	Preço por Unid
Gás Natural		m <sup>3</sup>	0,90 €
Lenha		kg	0,15 €
Gás Propano		kg	2,16 €
Gasóleo		l	1,35 €
Nafta		kg	0,33 €

Quantidade de Produto Acabado Mensal	
Sector Seleccionado	Lacticínios
Unidade	l
Quantidade Produto Acabado Mensal	

Troca da Caldeira	
Caldeira de 0 para	0,00 kWh diário
Orçamento para troca da caldeira	
Amortização anual do custo da caldeira	- €
Tempo em anos da amortização	0,00 anos

Melhor Cenário - Fatores	
0 - €	0,00 kgCO <sub>2</sub>
Economia 0,0%	0,0% + eficiente

Solar - Recuperação € em anos	
Recuperação em Anos	0,00
Amortização Anual	0,00 €

Fatores	
Fatores para €	
Fatores para kgCO <sub>2</sub>	

3 ultimas conta de energia elétrica	
	kWh
	kWh
	kWh

Legenda	
Entrada de Dados (utilizador)	
Valor em € (utilizador)	
Resultados	

Observações:

Figura 18 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Análise Energética - Individual.



### Relatórios Gráficos

Esta folha tem como objetivo comparar a eficiência energética da indústria apresentada e a média do sector. Esta folha de cálculo apresenta gráficos de emissão de kgCO<sub>2</sub> e previsão de gasto no primeiro ano e nos restantes anos.

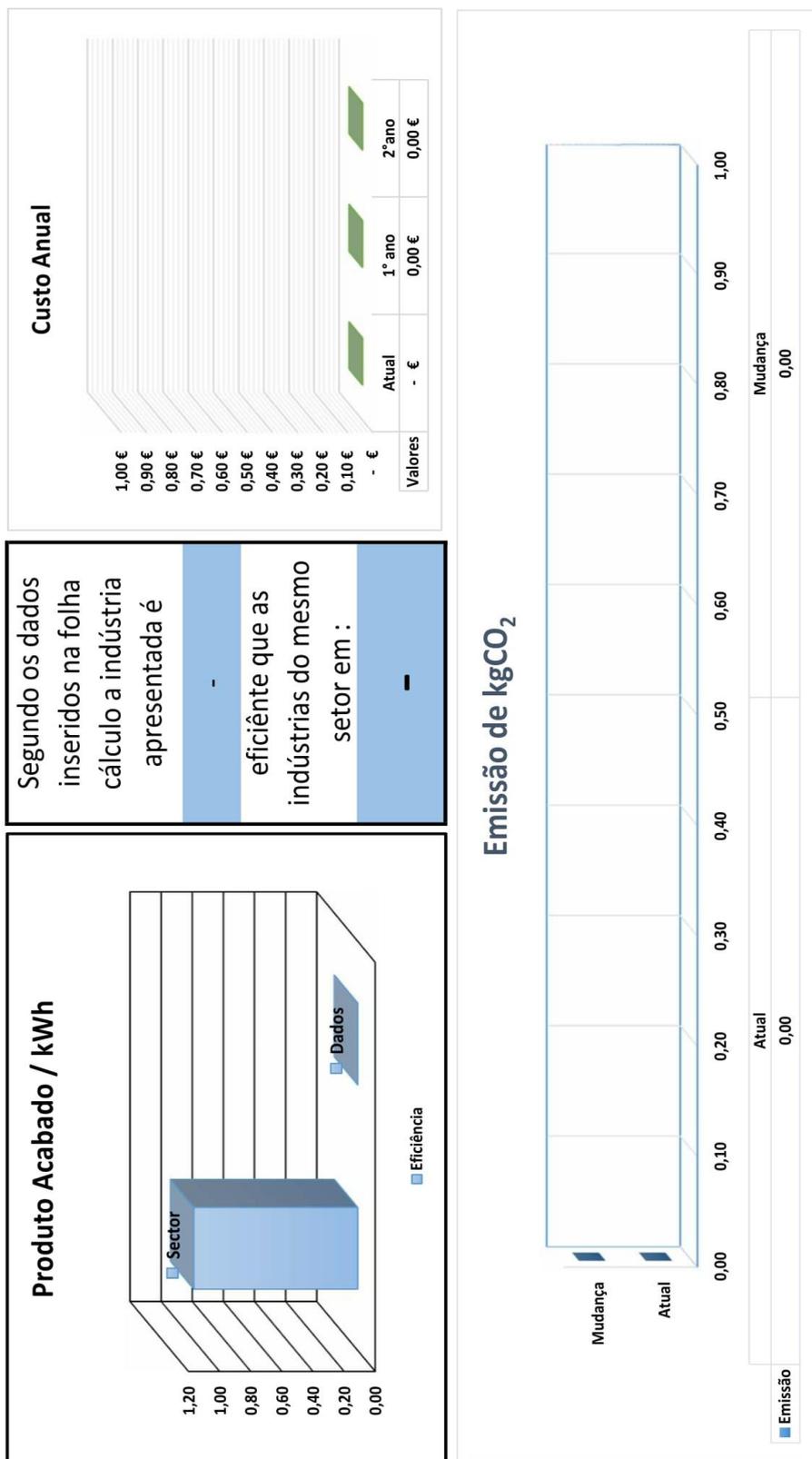


Figura 19 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Relatórios Gráficos.

Assim como na ferramenta 5'S, será apresentado no próximo capítulo a aplicação de um caso de estudo para facilitar o entendimento e visualização da ferramenta.

A Ferramenta computacional de apoio à gestão de energia apresenta no total três folhas de cálculos, sendo a primeira “Banco de Dados”, a segunda “Indústria” e a terceira “Dados”.

A Folha de cálculo designada de “Banco de Dados”, apresenta todos os dados detalhados acerca das 282 empresas agroindustriais que foram alvo de estudo no projeto InovEnergy. Afim de proteger as operações nas folhas de cálculo, estes dados estarão ocultos, mas não protegidos. Assim como na ferramenta 5'S, recomenda-se proteger a folha de cálculo antes de sua utilização, já que qualquer alteração pode alterar o resultado final.

A folha de cálculo denominada “Dados” contém as conversões e os rendimentos para as unidades estudadas. No próximo subcapítulo será apresentada memória formulação teórica dos cálculos e as fontes bibliográficas dos dados. Assim como na folha de cálculo “Banco de Dados”, a folha de cálculo “Dados” encontra-se oculta, por motivo de proteção.

A interação do utilizador será apenas na Folha de Cálculo “Indústria”, na qual também existirão partes ocultas. A intenção consiste na proteção da folha de cálculo e evitar que haja alguma alteração nos resultados obtidos. Esta folha apresenta um botão de seleção e outro de execução. Note-se que para o correto funcionamento da folha de cálculo, esta deverá ser habilitada para macros.

#### **4.2.1. Tabelas de Conversão de Unidades - Memória de Cálculo**

Um dos principais desafios na execução da folha de cálculo são os diferentes tipos de energia térmica, utilizando unidades completamente diferentes entre si, como por exemplo o Gás Natural, normalmente comercializado em m<sup>3</sup>, o Gás Propano em kg e o Gasóleo em l. Para comparar duas diferentes fontes de energia é necessário que elas estejam na mesma unidade, portanto foi utilizado o megajoule (MJ) como unidade de energia para cálculo. A escolha de utilização dos tipos de energia na sua unidade comercial deve-se à necessidade de promover uma maior facilidade do utilizador na atualização dos preços. A atualização dos preços pelo utilizador é de extrema importância, pois só assim se pode obter um cenário condizente com a realidade. Por forma a facilitar a interpretação dos dados foi criada a Figura 20 que contém o resumo de todas as conversões de unidades e suas referências bibliográficas.

Tabela de Energia					
Fonte	Quantidade	Unidade	TOE	MJ	Emissão kgCO <sub>2</sub>
Energia Elétrica (EDP)	1	kwh	-	-	0,1013 (EDP, 2017)
Gás Natural	1	m <sup>3</sup>	0,00093132 conversão	39 (Mandil, 2005)	2,13 (IPCC, 2006)
Lenha	1	kg	0,000234979 conversão	9,84 (Mandil, 2005)	1,13 (IPCC, 2006)
Gás Propano	1	kg	0,00110636 conversão	46,33 (Mandil, 2005)	2,88 (IPCC, 2006)
Gasóleo	1	l	0,001035914 conversão	43,38 (Mandil, 2005)	2,96 (IPCC, 2006)
Nafta	1	kg	0,001082719 conversão	45,34 (Mandil, 2005)	3,29 (IPCC, 2006)

Tabela de Conversão de Unidades				
	para	MJ	toe	kwh
de		multiplique por		
	MJ	1	$2,388 \times 10^{-5}$	0,27778
	toe	41868	1	11630
	kwh	3,6	$8,598 \times 10^{-5}$	1

Figura 20 - Conversões de Unidades.

#### 4.2.2. Estudo de Caso - Aplicação da Ferramenta

A ferramenta computacional de apoio à gestão do consumo energético foi elaborada no intuito de facilitar a implementação da Gestão da Energia e analisar o desempenho energético da indústria analisada face a concorrência local (Portugal). O intuito desta ferramenta, para além de facilitar a implementação da gestão de energia pelo Gestor da empresa, reside na implementação de uma nova filosofia de economia, eficiência e emissão de kgCO<sub>2</sub> equivalente. Pode-se afirmar que não é comum empresas do tipo PME possuírem algum tipo de controlo na gestão de energia e de emissão de gases do efeito estufa. Com o intuito de facilitar a compreensão da ferramenta será estudada uma das indústrias do setor dos laticínios de Portugal, nomeadamente a empresa LT25 (referência interna) da base de dados do projeto InovEnergy (01/SIAC/2011, Ref.: 18642).

##### 4.2.2.1. Panorama do Setor - Folha 1

O Panorama do Setor selecionado é o resumo do total da energia elétrica do setor, o total da energia térmica despendida pelo setor e a sua contribuição nas emissões de kgCO<sub>2</sub> levando em consideração apenas as energias consumidas. Primeiramente, o utilizador deverá selecionar o setor desejado na caixa de seleção e carregar o botão “Executar” conforme Figura 21.



## Panorama do Setor

Lactícínios

Esta folha de Excel tem como objetivo demonstrar o panorama de consumo de energia do setor. Deve-se inserir o setor desejado e clicar no botão executar. Esta folha apenas apresentará o resumo energético e emissões do setor a ser estudado

Unidade	Energia		Gás Natural		Lenha		Gás Propano		Gasóleo		Nafta	
	Toe	kWh/ano	Toe	GWh/ano	Toe	GWh/ano	Toe	GWh/ano	Toe	GWh/ano	Toe	GWh/ano
<b>Total</b>	233,228	2 712 508,000	35,451	2,713	0,000	0,000	248,362	64,941	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Média das Indústrias</b>	8,330	96 875,214	35,451	96,875	0,000	0,000	17,740	8,118	0,000	0,000	0,000	0,000
<b>Representação do Setor</b>	40%		6%		0%		43%		11%		0%	

<b>Emissão de kgCO<sub>2</sub></b>	276 520,135	90 207,117	0,000	838 627,739	225 838,176	0,000
<b>Representação no Setor</b>	19%	6%	0%	59%	16%	0%

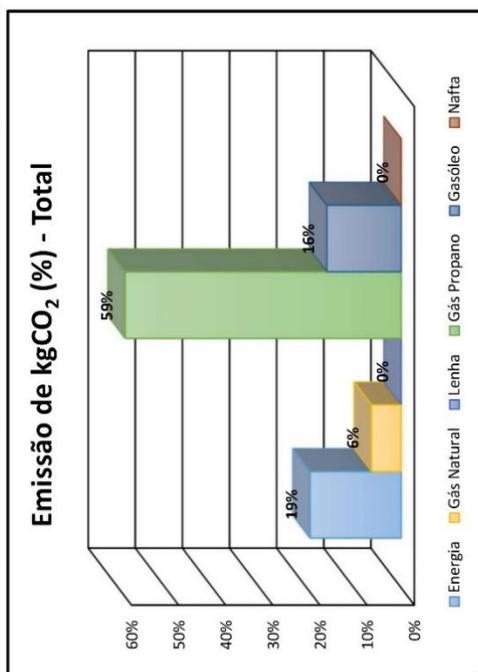
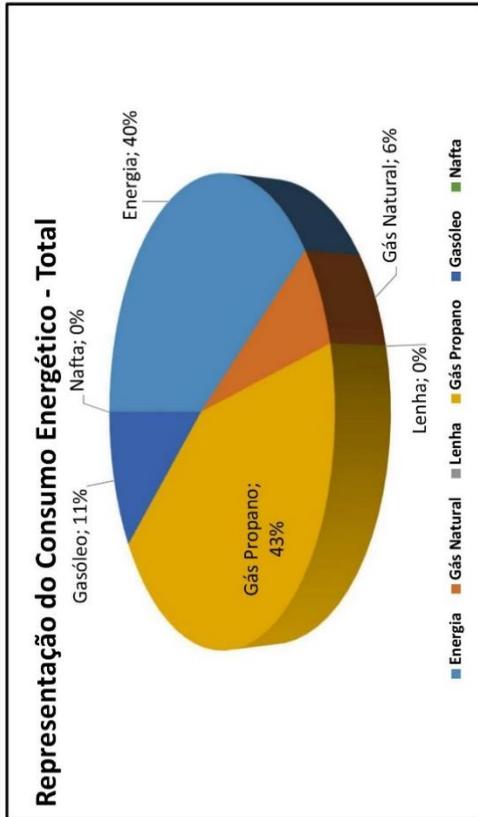


Figura 21 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Panorama do Setor Lactícínios.

Com este resumo pode-se concluir que a maior parte das emissões de dióxido de carbono é ocasionada pelas energias térmicas (ver Figura 22). No caso do setor de laticínios, a fonte de energia térmica mais relevante é o Gás Propano. O consumo de gás propano é apenas superior em 15,134 toe ao consumo de eletricidade, ou seja, no setor de laticínios, o consumo de energia proveniente do gás propano é apenas 3% superior ao consumo de energia elétrica. Todavia, as emissões de gases com efeito de estufa são praticamente 3 vezes maior do que as originárias do consumo de energia elétrica. Em valor absoluto, corresponde a 562107,604 kgCO<sub>2</sub> lançados na atmosfera apenas com o consumo energético.

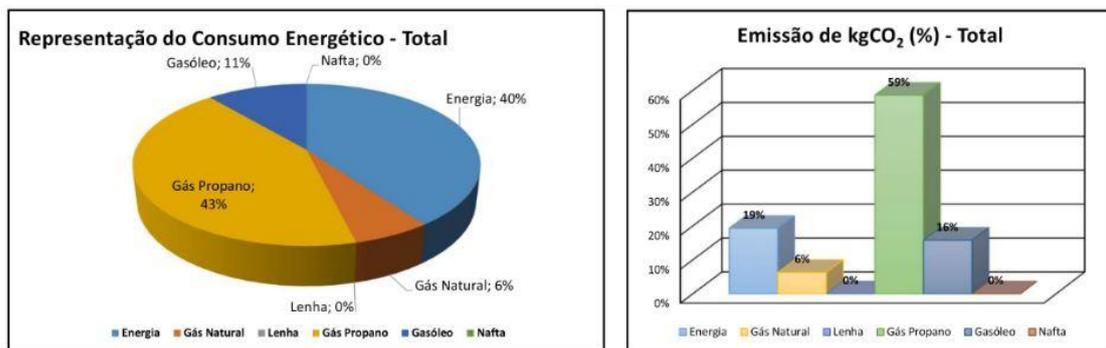


Figura 22 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Detalhe do Panorama do Setor Laticínios.

Conhecer as principais fontes energéticas do setor é uma vantagem estratégica, pois assim o gestor pode procurar fontes de energias alternativas, como por exemplo mais baratas e/ou renováveis, fazendo com que o seu produto final fique mais barato que o dos seus concorrentes tornando-o assim um produto mais competitivo no mercado, ou utilizando energias mais limpas, vendendo um produto que cause menos impacto no ambiente, sendo assim um produto mais limpo face aos concorrentes.

#### 4.2.2.2. Análise dos Gastos Energéticos Individuais - Folha 2

Esta folha de cálculo, diferentemente da folha de cálculo 1, tem como objetivo analisar a indústria e estudá-la individualmente. A indústria estudada será a LT25 do projeto InovEnergy. Conforme apresentado na Figura 23, existe uma indicação prestada na ferramenta relativa à indicação das células nas quais é necessário proceder à introdução de dados e outras de visualização de resultados. Note-se que os valores apresentados em euros [€] na Figura 23 são fictícios.

**Análise dos Gastos Energéticos - Individual**

Esta folha tem como objetivo analisar os gastos energéticos da empresa de modo individual e propor alternativas mais eficientes do uso da energia. O utilizador deverá entrar com os dados nas células **laranja** (dados) e **verde** (€). Nota-se que as células **azuis** são de resultados

Tipo	Quantidade	Preço
Energia kWh	432 258,00 kWh/ano	0,10 €
Solar	129 677,40 kWh	2,00 €

Solar		
Entrada	Quantidade	Saída
Porcentagem	30,00%	30,00%
Investimento (€)	129 677,40 kWh/ano	165 194,14 €
<b>Watt Pico</b>		
Necessário		82 597,07

3 últimas conta de energia elétrica		
	36 021,50 kWh	
	36 021,50 kWh	
	36 021,50 kWh	

Solar - Recuperação € em anos	
Recuperação em Anos	19,62
Amortização Anual	8 419,95 €

Fatores	
Fatores para €	1,0
Fatores para kgCO <sub>2</sub>	1,0

Melhor Cenário - Fatores		
Gás Natural	427 695,75 €	1039728,37 kgCO <sub>2</sub>
Economia	50,5%	11,1% + eficiente

Troca da Caldeira		
Caldeira de Gás Natural para	14 104,64 kWh diário	
Orçamento para troca da caldeira	90 000,00 €	
Amortização anual do custo da caldeira	436 373,37 €	
Tempo em anos da amortização	0,21	anos

Quantidade de Produto Acabado Mensal	
Sector Seleccionado	Lacticínios
Unidade	
Quantidade Produto Acabado Mensal	22 769,34

Legenda	
	Entrada de Dados (utilizador)
	Valor em € (utilizador)
	Resultados

Observações:

Figura 23 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Análise dos Gastos Energéticos - LT25.

De modo a facilitar a interpretação e a utilização da ferramenta, esta será dividida em três partes:

- Consumo de Energia Elétrica / Solar
- Consumo Energia térmica
- Produto Acabado Mensalmente / Caldeira

**Energia Elétrica / Solar**

Neste setor da folha de cálculo exposta na Figura 24, o utilizador deverá entrar com quatro dados: as três últimas faturas de energia elétrica e quantidade de energia elétrica gerada por painéis fotovoltaicos (solar), caso esta fonte de energia renovável se encontre disponível.

Tipo		Quantidade	Preço
Energia kWh	432 258,00 kWh/ano	349 660,93 kWh	0,10 €
Solar	82 597,07 Wp	129 677,40 kWh	2,00 €

Solar		
Entrada	Quantidade	Saída
Porcentagem	30,00%	30,00%
Investimento (€)	129677,40 kWh/ano	165 194,14 €
Watt Pico		
Necessário	82 597,07	

3 últimas conta de energia elétrica	
	36 021,50 kWh
	36 021,50 kWh
	36 021,50 kWh

Solar - Recuperação € em anos	
Recuperação em Anos	19,62
Amortização Anual	8 419,95 €

Figura 24 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Detalhe Quadro Energia Elétrica / Solar.

Nota-se que utilizador poderá escolher como gostaria de construir o cenário utilizando o quadro “Solar”. O utilizador poderá inserir com os valores em %, baseado consumo anual ou no investimento, contando que estaria disponível para despende X [€]. No quadro “Solar” O utilizador deverá escolher apenas uma das células para fazer a entrada de dados.

O quadro “Solar - Recuperação € em anos” apresenta o valor da amortização anual e o tempo em anos para que se pague o investimento inicial. O valor da amortização não leva em consideração taxas de juros e nem o rendimento do montante nos anos, apenas o valor bruto do investimento.

A partir de 30%, a célula referente a energia [kWh/ano] ficará vermelha, avisando o utilizador que é um valor relativamente alto para se depender de energia solar. Todavia, esta condição não impede que a folha de cálculo funcione, portanto cabe ao gestor da empresa a decisão de investir ou não. O preço da energia solar é relativa à potência da instalação em Wp. Assim, recomenda-se realizar um orçamento na região da empresa para um cenário mais condizente com a realidade.

### Energia Térmica

No primeiro quadro, o utilizador deverá inserir a quantidade mensal do combustível térmico que utiliza e os devidos valores unitários. Recomenda-se a atualização de todos os valores unitários mesmo que não sejam utilizados, pois a folha de cálculo utilizará estes valores como base (ver Figura 25).

Tipo	Quant. Mensal	Unid	Preço por Unid
Gás Natural		m <sup>3</sup>	0,90 €
Lenha		kg	0,15 €
Gás Propano	33 336,00	kg	2,16 €
Gasóleo		l	1,35 €
Nafta		kg	0,33 €

Fatores	
Fatores para €	1,0
Fatores para kgCO <sub>2</sub>	1,0

Melhor Cenário - Fatores			
Gás Natural	427 695,75 €	1039728,37 kgCO <sub>2</sub>	
Economia	50,5%	11,1%	+ eficiente

Figura 25 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Detalhe Quadro Energia Térmica.

O quadro “Fatores” é colocado para dimensionar a importância que o gestor atribui ao custo [€] ou às emissões de gases com efeito de estufa [kgCO<sub>2</sub>]. Neste caso foi utilizada a mesma relevância para ambos, indicando que tanto as emissões de dióxido de carbono quando o custo tem o mesmo peso nos cálculos.

O quadro “Melhor Cenário - Fatores” leva em consideração os fatores acima colocados. Deste modo, pode-se afirmar que neste cenário montado para a indústria LT25, o Gás Natural é 50,5% mais barato anualmente que o gás propano e emite cerca de 11% menos kgCO<sub>2</sub> equivalente anualmente.

Como o utilizador tem a liberdade de modificar os fatores de diferente forma e modificar o tipo de combustível que utiliza mensalmente, ferramenta dispõe de uma facilidade enorme à criação de inúmeros cenários.

**Produto Acabado Mensalmente / Caldeira**

O quadro da esquerda da Figura 26 traduz a “Quantidade de produto acabado mensalmente” com a energia utilizada. Este quadro não apresenta nenhum resultado nesta folha de cálculo e o utilizador deverá colocar a quantidade de acordo com a unidade acima especificada.

Quantidade de Produto Acabado Mensal		Troca da Caldeira	
Sector Selecionado	Lactínios	Caldeira de	Gás Natural para 14104,64 kWh diário
Unidade	l	Orçamento para troca da caldeira	90 000,00 €
Quantidade Produto Acabado Mensal	22 769,34	Amortização anual do custo da caldeira	436 373,37 €
		Tempo em anos da amortização	0,21 anos

Figura 26 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Detalhe Quadro Produto Acabado / Caldeira.

Como a alteração de tipo de energia térmica para outra pode ocasionar a troca da caldeira, o segundo quadro, “Troca de caldeira”, procura dimensionar o tamanho da caldeira em energia para um dia e tempo de amortização da mesma. Assim, tal como na amortização da implementação de energia solar, este quadro não leva em consideração juros e nem rendimento, apenas o valor bruto. No caso LT25, pode afirmar que com um investimento de 90.000,00€ numa nova caldeira a gás natural, para um rendimento de 14.104,64 kWh, será pago em aproximadamente 2 meses e meio.

**4.2.2.3. Relatórios Gráficos - Folha 3**

A última folha de cálculo da Ferramenta, os relatórios gráficos, apresenta de forma resumida os dados da folha 2, análise de gastos energéticos - individual (ver Figura 27). Uma nota importante desta última folha, os relatórios gráficos residem na comparação de eficiência energética com as outras empresas do setor.

Esta informação é vital, pois assim o gestor consegue comparar a sua indústria com a média das outras indústrias portuguesas nesse mesmo setor e localizar-se dentro do cenário nacional. Esta é uma informação estratégica e de muita importância.



### Relatórios Gráficos

Esta folha tem como objetivo comparar a eficiência energética da indústria apresentada e a média do sector. Esta folha de cálculo apresenta gráficos de emissão de kgCO<sub>2</sub> e previsão de gasto no primeiro ano e nos restantes anos.

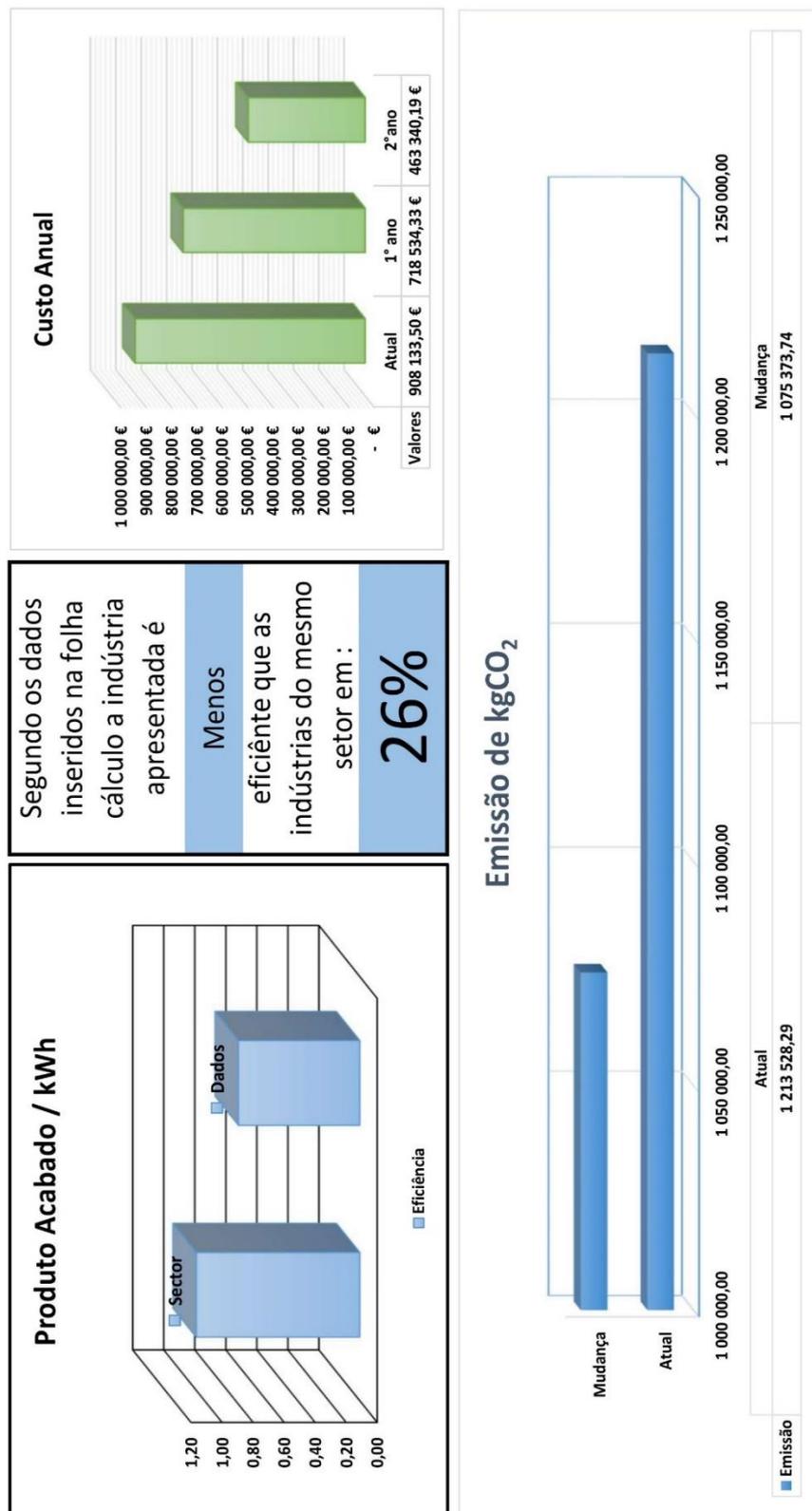


Figura 27 - Ferramenta de apoio à gestão do consumo energético - Relatório Gráfico.

A indústria estudada, LT25, é 26% menos eficiente que as outras indústrias do setor de laticínios. Esta informação é importante ao gestor para se procurar métodos para aumentar a eficiência energética, procurando atitudes, procedimentos e estratégias de diminuir o consumo mensal de energia elétrica.

Note-se que a quantidade de energia elétrica proveniente da energia solar escolhida na folha número 2 é impactante no cálculo da eficiência energética. Neste caso, a quantidade de energia elétrica proveniente de solar corresponde a 30% do valor de energia elétrica consumida.

O quadro “Custo Anual” apresenta três dados:

- Atual
  - Este é o valor despendido anualmente sem alterar nada, portanto é a soma do custo de energia elétrica com o custo da energia térmica.
- 1º Ano
  - Este é o valor levando em consideração a implementação dos painéis fotovoltaicos e a caldeira. Neste caso, o valor final leva em consideração a troca do tipo de energia térmica e a redução da quantidade de energia elétrica proveniente do solar.
- 2º Ano
  - Este é o valor após o pagamento da instalação dos painéis fotovoltaicos e da caldeira. Portanto, este é o valor dos gastos com energia elétrica e da energia térmica.

O gráfico de Emissão de  $\text{kgCO}_2$  é a quantidade emitida anualmente pela empresa. Este gráfico apresenta dois valores, o “atual”, que corresponde quanto que a empresa emitiu de  $\text{kgCO}_2$  atualmente e a “mudança”, que corresponde à quantidade que a empresa irá emitir caso decida mudar o tipo de energia térmica e com a utilização de painéis fotovoltaicos.



## 5. Conclusões

As PME's representam 99% das indústrias portuguesas. Com um volume de negócios de 201.761,5 milhões de euros em 2015, empregam mais de 2 milhões e 800 mil pessoas (Pordata, 2017).

É indiscutível a importância das PME's na economia portuguesa, portanto, o processo de auxílio às PME's relativamente ao seu sustento e modernização é relevante para garantir um futuro melhor e mais saudável aos portugueses.

A ferramenta 5'S facilita a implementação e a manutenção da filosofia de gestão 5'S por meio de 22 perguntas e por meio de um "check-up" mensal. A ferramenta traduz estes "check-ups" mensais numa pontuação de 0 a 20 com o intuito de facilitar a interpretação pelo utilizador. O gráfico gerado pela ferramenta funciona como um banco de dados e disponibiliza ao utilizador a oportunidade de analisar os dados ao longo do tempo e a evolução da empresa.

No caso estudado, a ferramenta 5'S demonstra a evolução da empresa, que é mais acentuada nos primeiros 6 meses. Pode-se concluir que houve primeiramente a resolução dos casos mais simples para depois ser realizada a implementação total. É importante salientar dois factos, o primeiro é que sempre houve evolução, portanto a empresa conseguiu aplicar o conceito da melhoria contínua. O segundo facto reside em que a empresa conseguiu atingir a pontuação máxima e mante-la nos meses seguintes, demonstrando o envolvimento dos colaboradores com a filosofia implementada.

A ferramenta de Gestão de Energia demonstra um panorama do sector agroindustrial face a empresa utilizadora da ferramenta. O panorama do sector é um resumo de todas as informações do sector, como os principais tipos de energia utilizados e quais são as principais fontes poluidoras. Na Análise de Gastos Individuais, a empresa introduz os dados no sentido de encontrar um melhor cenário, tanto em emissões de gases com efeito de estufa quanto ao custo monetário associado à aquisição das fontes de energia, podendo fazer inúmeros cenários, para encontrar o que melhor satisfaça o gestor. Nos resumos gráficos, a empresa consegue obter uma previsão visual da sua eficiência energética face as outras PME's do mesmo sector.

A empresa estudada LT25 (referência interna) do sector dos lácteos é 26% menos eficiente que a média das PME's do mesmo setor. Com a troca do tipo de combustível para gerar energia térmica, gás propano para gás natural, é prevista uma economia à empresa de aproximadamente 50% dos gastos mensais em e emitirá aproximadamente 11% a menos de kgCO<sub>2</sub> na atmosfera.

Estas ferramentas foram desenvolvidas com intuito de implementar conceitos amplamente aceites nas grandes indústrias, aplicando-os à realidade das PME's portuguesas que estão a dar os seus primeiros passos na senda da modernização, do pensamento sistemático e ambientalmente mais limpo. Pretende consciencializar os gestores das PME's que pensar de forma ecológica, não é necessariamente fazê-lo de forma mais cara. No mercado nacional, saber o posicionamento de uma empresa face às suas congéneres no que toca a eficiência energética, acaba por ser uma informação altamente relevante e estratégica. Este tipo de informação na atualidade é extremamente restrita, estando disponível à um pequeno número de gestores. Na comparação com os produtores dos mesmos sectores, os gestores conseguem obter informações valiosas.

Estar abaixo da média nacional pode ser a motivação necessária para procurar a mudança, o caso contrário para quando esta esteja acima da média nacional também funcionará como uma motivação para aumentar a sua eficiência energética. As ferramentas foram desenvolvidas com intuito de ajudar os gestores, torná-la parte do procedimento das empresas e ser completamente adaptável à realidade das mesmas. Entender que cada empresa tem sua própria filosofia de trabalho e realidades completamente distintas entre si é de responsabilidade dos engenheiros.

Dar a oportunidade para cada gestor poder chegar à sua conclusão, encontrando formas de melhorar o seu desempenho, assim como de implementar um novo pensamento de melhoria sistemática para empresas é o objetivo principal das ferramentas desenvolvidas, apoiando e desenvolvendo a indústria local.

### **5.1. Sugestões de trabalhos futuros**

A ferramenta foi elaborada para que cada empreendedor desenvolva as características e filosofias da sua empresa. Portanto a ferramenta em si é uma base para que sejam desenvolvidos trabalhos futuros.

Como sugestão tem-se o desenvolvimento numa outra linguagem de programação mais acessível. Uma página web ou uma aplicação de telemóvel são bons exemplos de futuras aplicações.

A adaptação da filosofia da Ferramenta 5'S a outros setores é importante. Para tal é necessário obter conhecimento pormenorizado das áreas dentro de uma empresa do setor agroindustrial, ou de outro qualquer, com maior impacto no desempenho industrial.

No caso da ferramenta de gestão de energia, é necessário manter atualizados os fatores de conversão relativos às emissões e aos custos com as fontes de energia. O desenvolvimento de um sistema de busca e armazenamento automático destes valores à medida que variam, é fundamental para assegurar a longevidade de utilização da ferramenta, Tal como ao ferramenta anterior, esta poderá ser adaptada a um outro qualquer setor, porém, é requerido o conhecimento pormenorizado dos consumos por fonte de energia das empresas do setor em causa.

Ainda que esta ferramenta conte com código aberto para a adaptação às diversas empresas, a sua filosofia base deve ser mantida. Ela deve ser isenta de custos aos utilizadores e ser sempre adaptável às necessidades da empresa.

Não será permitido o uso comercial destas ferramentas, nem a sua venda ou qualquer outro tipo de comercialização.



## Referências bibliográficas

- 4Lean. (2017). *Lean Tools*. Disponível em: <http://www.4lean.net/pt/lean-tools/>
- Abdelaziz, E.A., Saidur, R., & Mekhilef, S. (2011). A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 150-168.
- ADENE - Agência para a energia; Guia da eficiência energética; (2011); pp 82; <http://www.adene.pt/pt-pt/Publicacoes/Paginas/Guiade-Efici%C3%Aancia-Energ%C3%A9tica.aspx>.
- Aguiar, G. de F., Aguiar, B. de C. X. C., & Wilhelm, V. E. (2006). Obtenção de índices de eficiência para a metodologia Data Envelopment Analysis utilizando a planilha eletrônica Microsoft Excel. *Da Vinci*, 3(1), 157-170
- Alcázar-Ortega, M., Álvarez-Bel, C., Escrivá-Escrivá, G., & Domijan, A. (2012). Evaluation and assessment of demand response potential applied to the meat industry. *Applied Energy*, 92, 84-91.
- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2003). World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective. *Land Use Policy*, 20(4), 375.
- Allen, R.C. (1994). *Agriculture during the Industrial Revolution*, in R. Floud and D. McCloskey (eds.), *The Economic History of Britain since 1700*, vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press, 96-122.
- AlQdah, K. (2010). Potential opportunities for energy savings in a Jordanian poultry company. *Energy Conversion and Management*, 51, 1651-1655.
- Álvaro, A. H. (2001). Post cosecha. ARDA- Serveis al sector agroalimentaria, Lleida, Espanhã.
- Anderson, E. R., Limaye, A., Flores, A. I., & Cherrington, E. A. (2011). *Climate Change Impacts on Surface Water in Central America and Hispaniola*. Technical Report. SERVIR - Sistema Regional de Visualización e Monitoreo.
- Arnau, J., Serra, X., Comaposada, J., Gou, P., & Garriga, M. (2007). Technologies to shorten the drying period of dry-cured meat products. *Meat Science*, 77(1), 81-99.
- Arnau, J., Serra, X., Comaposada, J., Gou, P., & Garriga, M. (2007). Technologies to shorten the drying period of dry-cured meat products. *Meat Science*, 77(1), 81-99.
- Arroja, L., Belo, S., Dias, A., Trindade, H., Almeida, J., & Andrade, L. (2014). Avaliação de Ciclo de Vida do leite UHT, iogurte e queijo.

Artés, F. (2004). Le rôle du froid dans le maintien de la qualité et l'amélioration de la sécurité des produits alimentaires d'origine végétale. Bulletin de L'IIF, 1, *L'Institut International du Froid*, Paris.

Bowater, F. J. (2001). Rapid carcass chilling plants compared to conventional systems. In *Cooling of Food*, Meeting of IIR Commission C2, Bristol, UK.

Burfoot, D., Reavell, S., Wilkinson, D., & Duke, N. (2004). Localised air delivery to reduce energy use in the food industry. *Journal of Food Engineering*, 62, 23-28.

Campos, R., Oliveira, L. C. Q., Silvestre, B. D. S., & Ferreira, A. D. S. (2005). A ferramenta 5S e suas implicações na gestão da qualidade total. *Simpep-Simpósio de Engenharia de Produção*, 12. Carvalho, F. P. (2006). Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environmental science & policy*, 9(7), 685-692.

Change, I. P. O. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. 2013-04-28]. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

Coulomb, D. (2008). Refrigeration and cold chain serving the global food industry and creating a better future: two key IIR challenges for improved health and environment. *Food Science & Technology*, 19(8), 413-417.

Deloitte (2012). Macroeconomic framework of the Agrifood industry in Portugal. Deloitte Consulting.

EC (2003). *Integrated pollution prevention and control. Draft reference document on best available technologies in the slaughterhouses and animal by-products industries*. Final draft. European Commission (EC), Brussels.

EC, 2006. *Motor Challenge Programme - Refrigeration Systems*. European Commission (EC), Brussels.

Eurisko (2011). *Manual de boas práticas : indústria da alimentação e das bebidas : segurança e saúde no trabalho*. Projecto Prevenir - Prevenção como Solução; elab. Eurisko - Estudos, Projectos e Consultoria; coord. Associação Empresarial de Portugal (AEP). Leça da Palmeira, Portugal, 365 p.

European Commission, (2006). *Integrated Pollution Prevention and Control Food, Drink and Milk Industries*, (August).

Eurostat, 2016. *Europe in figures - Eurostat yearbook*. [Accessed in 06-04-2017]. Available in: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Europe\\_in\\_figures\\_-\\_Eurostat\\_yearbook](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Europe_in_figures_-_Eurostat_yearbook)

- FAO. (2006). *World Agriculture, towards 2030/2050*. Food and Agriculture Organization (FAO).
- FAO. (2013). *Edible Insects: future prospects for food and feed security*. FAO Forestry Paper 171. Food and Agriculture Organization (FAO).
- FAOSTAT (2016). *FAOSTAT Domains - Statistical Database*. [Online] Available at: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QL/>
- Ferreira, M. P., Reis, N. R., & Santos, J. C. (2011). Mudança no sector alimentar: O Pingo Doce. *Caso de Estudo*.
- Figueiredo, T. J. L. (2016). *Filosofia Lean na redução de desperdícios: o caso de uma PME* (Master's thesis, FEUC).
- Filho, L. C. N. (2008). *Refrigeração e Alimentos*. Faculdade de Engenharia dos Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campina, Brasil.
- FoodDrinkEurope (2016). *Data & Trends of the European Food and Drink Industry*. FoodDrinkEurope, Brussels, Belgium.
- Fraser, H. W. (1998). *Tunnel de refroidissement par air pulsé pour le conditionnement des fruits et des légumes frais*. Division de l'Agriculture et des Affaires rurales du MAAARO, Vineland. Ontário.
- Fritzson, A., Berntsson, T. (2006). Energy efficiency in the slaughter and meat processing industry--opportunities for improvements in future energy markets. *Journal of Food Engineering*, 77(4), 792-802.
- Garrick, T. A., & Liburd, O. E. (2017). *Impact of Climate Change on a Key Agricultural Pest: Thrips*. In W. Ganpat, & W. Isaac (Eds.), *Environmental Sustainability and Climate Change Adaptation Strategies* (pp. 232-254). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-1607-1.ch009
- Garrity, D. P., Akinnifesi, F. K., Ajayi, O. C., Weldesemayat, S. G., Mowo, J. G., Kalinganire, A., Bayala, J. (2010). Evergreen Agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa. *Food Security*, 2(3), 197-214.
- Gaspar, P.D., Silva, P.D., Nunes, J., & Andrade, L.P. (2014). Characterization of the specific electrical energy consumption of agrifood industries in the central region of Portugal. *Applied Mechanics and Materials*, 590, 878-882.
- Gautherin, W., Fournaisonm L., & Guilpart, J. (2007). Évaluation des gisements d'économies d'énergie-Filière des produits laitiers et fromagers. *Revue Générale du Froid & du Conditionnement d'air*, 1077, 31-40.

Gigiél, A., & Collett, P., 1989. Energy consumption, rate of cooling and weight loss in beef chilling in UK slaughter houses. *Journal of Food Engineering*, 10, 255-273.

Gomes, D. D., Habara, I. B. Y., Collaço, T. A., Lamas, V. S., & Cerqueira Neto, E. P. D. (1998). Aplicando 5S na gestão da qualidade total. São Paulo: Pioneira, 31.

HABU, N.; KOIZUMI Y.; OHMORI Y(1992) Implementação do 5S na prática. Campinas: Editora Iacea, 1992.

HBF-FEE (2014). *MEAT ATLAS - Facts and figures about the animals we eat*. Heinrich Böll Foundation (HBF), Berlin, Germany; Friends of the Earth Europe (FEE), Brussels, Belgium.

HBF-FEE (2014). *MEAT ATLAS - Facts and figures about the animals we eat*. Heinrich Böll Foundation (HBF), Berlin, Germany; Friends of the Earth Europe (FEE), Brussels, Belgium.

Henrique, P. (2015). Proposta de implementação de práticas Lean Manufacturing num ambiente produtivo de fluxo intermitente: “Intervenções de manutenção em assistência em estrada” (UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR).

Hirano, H. (1995). 5 pillars of the visual workplace. CRC Press.

HTC (2009). *Red Meat Processing Industry Energy Efficiency Manual- Electricity Use in Meat Processing Plants*. Hydro Tasmania Consulting (HTC), Meat and Livestock Lda, Australia.

IIF (2008). *100 ans d' innovation dans le froid*. Revue Générale du Froid et du Conditionnement d' air et l' Association Française du Froid, International Institute du Froid (IIF), Paris.

IIR, 1982. *Economie D'Énergie en matière de froid*. International Institute of Refrigeration (IIR), Paris.

J. NUNES, P.D. SILVA, L.P. ANDRADE, C. DOMINGUES, P. D. G. (2015). Opportunities for the Energy Efficiency Improvement in the Dairy Food Sector - the Case Study of Portuguese Traditional Cheese Industries

James, S.J., & James, C. (2010). The food cold-chain and climate change. *Food Research International*, 43, 1944-1956.

James, S.J., & James, C. (2011). *Improving energy efficiency within the food cold-chain*, In: 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF 2011), Athens, Greece.

Jardim, I. C. S. F., Andrade, J. D. A., & Queiroz, S. C. D. N. D. (2009). Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global-Um enfoque às maçãs. *Química Nova*.

- Ladizinsky, G. (1998). *Plant Evolution under Domestication*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Landymore, K. (2012). *Electrical energy reduction in refrigeration and air conditioning*. White paper. Report Smartcool System Inc. Smartcool Systems.
- López, R. A., & Rodríguez, J. P. Z. (2000). *Productos Vegetales: Regulación de los Procesos Fisiológicos Post-Recolección*, in: Lamúa, M. (Ed.), *Aplicación del Frío a los Alimentos*. AMV Ediciones e Mundi Prensa, Instituto del Frío-Madrid, 69-103.
- Lung, R.B., Masanet, E., & McKane, A. (2006). *The role of emerging technologies in improving energy efficiency: Examples from the food processing industry*, In: *Proceedings of the 28th Industrial Energy Technology Conference*, May 9-12, New Orleans.
- Luo, L., Wang, Y., & Qin, L. (2014). Incentives for promoting agricultural clean production technologies in China. *Journal of Cleaner Production*, 74, 54-61.
- Mandil, C. (2005). *Energy Statistics-Manual*. International Energy Agency, Paris, France, 1-196.
- Manske, K.A., Reindl, D.T., & Klein, S.A. (2001). Evaporative condenser control in industrial refrigeration systems. *International Journal of Refrigeration*, 24, 676-691.
- Manual, E. S. (2005). *Energy Statistics Division of the International Energy Agency (IEA) in co-operation with the Statistical Office of the European Communities (Eurostat)*. Paris, France.
- Marlow, J., & Colley, T. (2007). *Environmental Best Practice Guidelines for the Red Meat Processing Industry, Module 2 - Energy*. Meat and Livestock Australia Ltd, Australia, 2007.
- Martins, A. M. D. (2012). *Caracterização de Ferramentas de Apoio à Gestão de Energia na Indústria*. In *Caracterização de Ferramentas de Apoio à Gestão de Energia na Indústria*.
- Martins, L. (2009). *Concepção de uma aplicação informática para implementação de uma ferramenta de gestão ambiental na Gestão da Qualidade Total*. *Anais Do SIMPEP*, (November 2005).
- Marvillet, C. (2001). *Application industrielle du froid*. Editions T.I.- Techniques de l'ingénieur, France.
- McFarland, M., & Bivens, D. B. (2007). *Energie, efficacité et environnement*. *Revue Générale du Froid & du Conditionnement d'air*, 1077, 42-47.
- Merriam-Webster. (2016). *Agriculture*.

- Mikkelsen, P. (2014). *World Cheese Market 2000-2020*. PM Food & Dairy Consulting, Denmark, 700p.
- Mirade, P. S., Perret, B., Guillemin, H., Picque, D., Desserre, B., Montel, M. C., & Corrieu, G. (2012). Quantifying energy savings during cheese ripening after implementation of sequential air ventilation in an industrial cheesemaking plant. *Energy*, 46(1), 248-258.
- Muller, D. C. A., Marechal, F. M. A., Wolowinski, T., & Roux, P. J. (2007). An energy management method for the food industry. *Applied Thermal Engineering*, 27(16), 2677-2686.
- Nigel, S., Moran, D., Kim, E. J., & Thomas, C. (2010). *The Environmental Impact of Meat Production Systems*. Report to the International Meat Secretariat.
- Nouri, J., Lotfi, F.H., Borgheipour, H., Atabi, F., Sadeghzadeh, S.M., & Moghaddas, Z. (2013). An analysis implementation of energy efficiency measures in the vegetable oil industry of Iran: a data of the envelopment analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, 52, 84-93.
- Nunes, J., Neves, D., Gaspar, P.D., Silva, P.D., & Andrade, L.P. (2014a). Predictive tool of energy performance of cold storage in agrifood industries: The portuguese case study. *Energy Conversion and Management*, 88, 758-767.
- Nunes, J., Silva, P. D., Andrade, L. P., & Gaspar, P. D. (2014, October). Potential of energy savings in Portuguese meat industry. In Proceedings 8th International Conference on Energy and Development, Environment and Biomedicine (EDEB'14), Lisbon, Portugal.
- Nunes, J., Silva, P.D., Andrade, L.P., & Gaspar, P.D. (2016). Key points on the energy sustainable development of sausages industry - the Portuguese case study. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 57, 393-411.
- Nunes, J., Silva, P.D., Andrade, L.P., Domingues, C.L., & Gaspar, P.D. (2015). Energy assessment of the Portuguese meat industry. *Energy Efficiency*, 1-16.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press.
- Pan, G., Zhou, P., Li, Z., Smith, P., Li, L., Qiu, D., ... & Chen, X. (2009). Combined inorganic/organic fertilization enhances N efficiency and increases rice productivity through organic carbon accumulation in a rice paddy from the Tai Lake region, China. *Agriculture, ecosystems & environment*, 131(3), 274-280.
- Parikh, H.R., Nair, G.M., & Modi, V.V. (1990). Some Structural Changes during Ripening of Mangoes by Abscisic Acid Treatment. *Annals of Botany* 65(2), 121-127.

- Parry, M.L. (2007). *Climate change 2007-impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4)*. Cambridge University Press.
- Peter, C., & Swilling, M. (2012). *Sustainable, resource efficient cities - Making it happen!*
- Pinto, A., & Soares, I. (2009). *Sistemas de gestão da qualidade: guia para a sua implementação*.
- PORDATA (2017). PORDATA. Base de Dados Portugal Contemporâneo. [Online] Available. a: [http://www.pordata.pt/Subtema/Portugal/Pequenas+e+Médias+Empresas+\(PME\)-378](http://www.pordata.pt/Subtema/Portugal/Pequenas+e+Médias+Empresas+(PME)-378)
- Prasad, P., Pagan, R., Kauter, M., & Price, N. (2004). *Eco-efficiency for the Dairy Processing Industry*. UNEP Working Group for Cleaner Production in the Food Industry & Sustainable Business, Dairy Australia, Southbank Victoria, Australia.
- Primavesi, O., Frighetto, R. T. S., Pedreira, M. D. S., Lima, M. D., Berchielli, T. T., & Barbosa, P. F. (2004). Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 39(3), 277-283.
- Projeto InovEnergy (2014, Setembro). “Eficiência Energética no Sector Agroindustrial” Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN 2007-2013) - COMPETE/POFC (Programa Operacional Fatores de Competitividade
- Ramírez, C. A., Blok, K., Neelis, M., & Patel, M. (2006a). Adding apples and oranges: The monitoring of energy efficiency in the Dutch food industry. *Energy Policy*, 34(14), 1720-1735.
- Ramirez, C.A., Patel, M., & Blok, K. (2006c). From fluid milk to milk powder: Energy use and energy efficiency in the European dairy industry. *Energy*, 31(12), 1984-2004.
- Reindl, D.T., Jekel, T.B., & Elleson, J.S. (2005). *Industrial Refrigeration Energy Efficiency Guidebook*. IRC, Industrial Refrigeration Consortium, The University Wisconsin, Madison.
- Rizzoli, E., & Young, W.J., (1997). Delivering environmental decision support systems: software tools and techniques”. *Environmental Modelling & Software*, 12(2-3), pp. 237-249.
- Rosset, P., Beaufort, A., Cornu, M., & Poumetrol, G. (2002). La chaine du froid en agroalimentaire. *Cahier de Nutrition et de Diététique* 34(2), 124-130.
- Savell, J. W., & Mueller, S. L. (2005). The chilling of carcasses. *Meat Science*, 70(3), 449-459.
- Shahin, A., & Janatyan, N. (2010). Group technology (GT) and lean production: a conceptual model for enhancing productivity. *International Business Research*, 3(4), 105.

Silva, P.D., & Gaspar, P.D., Andrade, L.P., Nunes, J., & Domingues, C. (2016). *Best practices in refrigeration applications to promote energy efficiency - the Portuguese case study*, Ch. 3, in D. Cunningham (Ed.), *Food Industry: Assessment, Trends and Current Issues*, Series Food and Beverage Consumption and Health, Nova Publishers, USA.

Silva, P.D., Gaspar, P.D., Nunes, J., & Andrade, L.P. (2014). Specific electrical energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions assessment of agrifood industries in the central region of Portugal. *Applied Mechanics and Materials*, 675-677, 1880-1886.

Singh, J., & Singh, H. (2009). Kaizen philosophy: a review of literature. *IUP Journal of Operations Management*,8(2), 51.

Singh-Ackbarali, D., & Maharaj, R. (2017). *Mini Livestock Ranching: Solution to Reducing the Carbon Footprint and Negative Environmental Impacts of Agriculture*. In W. Ganpat, & W. Isaac (Eds.), *Environmental Sustainability and Climate Change Adaptation Strategies* (pp. 188-212). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-1607-1.ch007.

Suzaki, K. (2010). *Gestão de Operações Lean. Metodologias Kaizen para a Melhoria Contínua*, 304.

Tassou, S. A., Lewis, J. S., Ge, Y. T., Hadaway, A., & Chaer, I. (2010). A review of emerging technologies for food refrigeration applications. *Applied Thermal Engineering*, 30(4), 263-276.

The International Organisation of Vine and Wine (2010) *Database and Statistics* [Online] Available at: <http://www.oiv.int/en/databases-and-statistics>

The World Bank (2015). *DATA Domains - Statistical Database*. [Online] Available at: <http://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS>

Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*.

Victoria, S. (2009). *Energy Efficiency Best Practice Guide Industrial Refrigeration*. State Government, Sustainability Victoria, Melbourne, Australia.

Wang, L., 2008. *Energy efficiency and management in food processing facilities*. CRC Press, Boca Raton, FL., USA.

Wassmann, R., Jagdish, S. V. K., Sumfleth, K., Pathak, H., Howell, G., Ismail, A., ... & Heuer, S. (2009). Regional vulnerability of climate change impacts on Asian rice production and scope for adaptation. *Advances in Agronomy*, 102, 91-133.

Wauchope, R.D. (1978). The Pesticide Content of Surface Water Draining from Agricultural Fields—A Review. *Journal of Environmental Quality*, 7, 459-472.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your organisation*. Simon and Shuster, New York, NY, 397.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*. Simon and Schuster.

Worrell, E., Bernstein, L., Roy, J., Price, L., & Harnisch, J. (2009). Industrial energy efficiency and climate change mitigation. *Energy Efficiency*, 2, 109-123.

Xavier, L.H., Cardoso, R., & Xavier, V.A. "Sistemas informatizados como ferramenta para o monitoramento e a gestão ambiental". XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006

Xu, T., & Flapper, J. (2010). Reduce energy use and greenhouse gas emissions from global dairy processing facilities. *Energy Policy*, 39(1), 234-247.

Xu, T., Flapper, J., & Kramer, K.J. (2009). Characterization of energy use and performance of global cheese processing. *Energy*, 34, 1993-2000.