



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# Caracterização e análise do desempenho energético de uma unidade industrial de queijo

Freddy Michelle Dias Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Electromecânica**  
(2.º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Pedro Dinho  
Co-orientador: Prof. Doutor Pedro Dinis

Covilhã, Outubro de 2012



# Dedicatória

Dedico esta dissertação a todos os meus familiares e amigos, especialmente aos meus pais e à minha namorada que sempre apoiaram durante o meu percurso académico e noutros momentos mais difíceis



# Agradecimentos

Durante a elaboração desta dissertação, deparei-me com vários problemas que não conseguiria resolver sozinho por, isso queria agradecer:

Em primeiro lugar quero agradecer ao meu colega de curso Pedro José Martins que dispensou horas do seu trabalho para me acompanhar nas diversas visitas feitas à empresa, auxiliando-me no levantamento de toda a informação e nas medições realizadas.

Em segundo lugar à Sra. Anabela, Engenheira Rita e ao Sr. Pedro que me forneceram toda a informação que dispunham assim como o tempo de trabalho que perderam.

Outras pessoas que merecem a minha gratidão são a Sra. Teresa e outros amigos que foram castigados com diversas leituras da dissertação, a fim de me auxiliarem na minha correção ortográfica.

Agradeço também ao meu Orientador Prof. Pedro Dinho, Co-Orientador Prof. Pedro Dinis e ao Prof. José Nunes, que me motivaram e ajudaram ao longo deste trabalho.

Por fim como não poderia deixar de ser agradeço a todos os meus amigos, amigos de curso, e familiares, principalmente aos meus pais, avós, namorada e à minha madrinha que ao longo desta me motivaram para a conclusão do curso e sempre me ajudaram no que precisei.



## Resumo

As preocupações ambientais, o aumento sucessivo do preço das energias e o facto dos combustíveis fósseis serem uma fonte finita, leva ao Homem a ter uma postura de poupança das mesmas, tomando deliberadamente medidas de eficiência energética. O objetivo deste estudo é analisar todo o processamento de queijo Serra da Estrela, calcular o balanço de massa e o balanço de energia e por fim comparar o seu desempenho em relação a outras queijarias. No âmbito deste trabalho, foi realizada uma auditoria simples a uma empresa do setor dos lacticínios da região da Serra da Estrela. Nela foram estudados os processos produtivos e foram levantados todos os dados relativamente aos equipamentos utilizados pela unidade fabril. Ainda, foi ainda realizado um estudo mais aprofundado sobre os equipamentos, normalmente utilizados na indústria dos lacticínios. Por fim conclui-se que a empresa tem um valor de SEC 19,73 MJ/Kg. Apesar de se situar dentro dos valores padrão fica um pouco abaixo de valores obtidos na Holanda e nos EUA, que variam entre 2,3 e os 16,8 MJ/kg.

Em relação ao consumo total de energia da empresa, as câmaras de refrigeração têm um peso de 49%, concluindo-se através da avaliação feita, que os maiores consumidores de energia são o compressor (57%) e o evaporador (18%). Foi também verificado que através de um balanço de massa que a empresa necessita de cerca de 5,5 litros de leite de ovelha para processar 1 kg de queijo.

## Palavras-chave

Consumo de energia, Eficiência energética, Setor dos Lacticínios, SEC (*Specific energy consumption*).



# Abstract

Environmental concerns, the successive increases in the price of energy and the fact that fossil fuels are a finite supply, leads the Man to have a posture of saving energy and resources, taking deliberately energy efficiency measures. The aim of this study is to analyze the entire processing of the Serra da Estrela cheese, calculate the mass balance and the energy balance and lastly, to compare its performance against other factories. As part of this work, a simple audit to a dairy company in Serra da Estrela region was performed. At the referred company, were studied the productive processes and all data concerning the equipment used by the plant have been collected. It was also made, a study on the typically used equipment in the dairy industry. Finally, it was concluded that the company has a value of 19.73 SEC MJ/Kg. Despite being within the default values, the values obtained are situated a little below that those obtain in the Netherlands and the USA, ranging between 2.3 and 16.8 MJ/kg.

Relatively to the company's total energy consumption, refrigeration chambers have a weight of 49%, concluding through the assessment made, that the biggest energy consumers are the compressor (57%) and the evaporator (18%). It was also verified that through a mass balance the company needs about 5.5 liters of sheep's milk to process 1 kg of cheese.

## Keywords

Energy consumption, energetic efficiency, dairy sector, SEC (Specific energy consumption).



# Índice

Dedicatória .....	iii
Agradecimentos .....	v
Resumo .....	vii
Palavras-chave.....	vii
Abstract .....	ix
Keywords .....	ix
Índice .....	xi
Lista de Figuras.....	xv
Lista de Tabelas .....	xix
Lista de Acrónimos .....	xxiii
Capítulo 1 .....	1
Introdução .....	1
1.1 Perspetiva geral.....	1
1.2 O problema em estudo e a sua relevância .....	4
1.3 Revisão bibliográfica .....	4
1.4 Objetivo e contribuição da dissertação.....	10
1.5 Organização da dissertação .....	11
Capítulo 2.....	13
Produção de queijo.....	13
Setor agroindustrial .....	13
2.1 Valores da evolução da atividade em Portugal.....	13
2.2 Subsetor dos laticínios em Portugal .....	17
2.3 Fabricação de queijos .....	20
2.3.1 Síntese do processo produtivo do queijo .....	20
2.3.1.1 Recolha da matéria-prima e transporte .....	20
2.3.1.2 Receção e pré-tratamento.....	20
2.3.1.3 Pasteurização .....	21
2.3.1.4 Coagulação .....	21
2.3.1.5 Moldagem e Prensagem .....	21
2.3.1.6 Salga .....	22
2.3.1.7 Maturação ou cura .....	23
2.3.1.8 Embalamento .....	23
2.3.1.9 Expedição ou congelamento.....	24

2.3.2 Requeijão .....	24
2.3.2.1 Coagulação .....	24
2.3.3.2 Moldagem .....	25
2.3.3.3 Expedição .....	25
2.3.3 Queijo Suíço .....	25
2.3.4 Queijo da Beira interior (Serra da Estrela) .....	26
<b>2.4 Resíduos do setor .....</b>	<b>27</b>
<b>2.5 Nota conclusiva .....</b>	<b>30</b>
<b>Capítulo 3.....</b>	<b>31</b>
<b>Refrigeração na indústria dos lacticínios .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1 O ciclo de refrigeração .....</b>	<b>31</b>
3.1.1 Compressor .....	32
3.1.2 Condensador .....	33
3.1.3 Válvula de expansão.....	34
3.1.4 Evaporador .....	34
<b>3.2 Sistemas de frio .....</b>	<b>35</b>
3.2.1 Expansão direta .....	36
3.2.2 Expansão indireta.....	38
3.3 Utilização da energia na indústria dos lacticínios .....	39
3.3.1 Unidades compactas .....	39
3.3.2 Tanques de refrigeração.....	41
3.3.3 Sistema de ar comprimido .....	45
<b>3.4 Auditorias energéticas.....</b>	<b>46</b>
<b>3.5 Nota conclusiva .....</b>	<b>48</b>
<b>Capítulo 4.....</b>	<b>49</b>
<b>Caracterização de uma unidade industrial.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1 Descrição da unidade industrial .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2 Descrição ao longo do processo produtivo .....</b>	<b>51</b>
4.2.1 Queijos .....	51
4.2.2 Requeijão .....	64
4.3 Caracterização da fábrica .....	67
<b>4.4 Observações .....</b>	<b>73</b>
4.4.1 Exterior .....	73
4.4.2 Interior .....	74
<b>4.5 Nota conclusiva .....</b>	<b>75</b>
<b>Capítulo 5.....</b>	<b>77</b>
<b>Análise de desempenho de equipamentos .....</b>	<b>77</b>

<b>5.1 Método de recolha de dados .....</b>	<b>77</b>
5.1.1 Inquérito .....	77
5.1.2 Levantamento no terreno .....	77
5.1.2.1 Tanque de refrigeração .....	78
5.1.2.2 Funcionamento do tanque .....	78
5.1.2.3 Câmara .....	81
5.2.2.4 Ar comprimido .....	83
<b>5.2 Análise experimental .....</b>	<b>83</b>
<b>5.2.1 Recolha de dados Tanque nº5 .....</b>	<b>83</b>
5.2.2 Recolha de dados experimentais do ar comprimido .....	85
5.2.3 Recolha de dados experimentais da Câmara .....	87
<b>5.3 Balanço de massa .....</b>	<b>91</b>
<b>5.3.1 Balanço de massa global da empresa .....</b>	<b>92</b>
5.4 Balanço de energia .....	94
<b>5.4.1 Balanço de energia da empresa .....</b>	<b>95</b>
5.4.2 Determinação do SEC da empresa .....	96
<b>5.5 Nota conclusiva.....</b>	<b>98</b>
<b>6 Conclusão .....</b>	<b>99</b>
<b>6.2 Sugestões para um trabalho futuro .....</b>	<b>100</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>101</b>
<b>Anexo A: Diagrama de fluxo do Produto- Queijo de Ovelha Curado .....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo B: Diagrama de fluxo do Produto - Requeijão .....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo C: Fatura de eletricidade Iberdrola.....</b>	<b>109</b>
<b>Anexo D: Fatura de eletricidade EDP .....</b>	<b>111</b>
<b>Anexo E: Certificado com as características da caldeira.....</b>	<b>113</b>
<b>Anexo F: Certificado com as características do compressor da ETAR .....</b>	<b>115</b>
<b>Anexo G: Certificado com as características de uma câmara .....</b>	<b>117</b>
<b>Anexo H Registo de temperaturas da câmara de primeira fase. ....</b>	<b>119</b>



# Lista de Figuras

Fig.1.1-Dependência energética de Portugal em 2002 (Rochartre,2005). .....	2
Fig.1.2-Consumo de energia primária em Portugal (INE, 2011). .....	2
Fig.1.3-Dependência energética nacional (INE, 2011). .....	3
Fig.1.4-Consumo de energia final por setor de atividade (INE, 2011). .....	3
Fig.1.5-Eficiência energética da economia (INE, 2011). .....	4
Fig.2.1-Comparação do volume de emprego do setor agroindustrial (INE,2003). .....	14
Fig.2.2-Volume de negócios no ano 2000 do setor agroindustrial (INE,2003). .....	15
Fig.2.3-Evolução dos valores das vendas da indústria alimentar e de bebidas (INE,2003). ....	15
Fig.2.4-Variação de preços do sector agroindustrial (INE,2009). .....	16
Fig.2.5-Percentagens da matéria-prima leite em 2010 (MAOTDR, 2007). .....	17
Fig.2.6-Peso relativo dos produtos lácteos obtidos a partir do leite recolhido (Moreira, 2011). .....	18
Fig.2.7- Produção de queijo em Portugal entre 2006 e 2010 em (t) (Moreira, 2011). .....	19
Fig.2.8-Produção de queijo, por tipo de queijo, no período de 2006 a 2010 (Moreira, 2011). ..	19
Fig.2.9-Tanque de refrigeração para receção do leite. ....	21
Fig.2.10-Fim da linha de limpeza das formas ou moldes. ....	22
Fig.2.11-Prensa. ....	22
Fig.2.12-Submersão dos queijos em tanques com salmoura. ....	23
Fig.2.13-Maturação de queijo. ....	23
Fig.2.14-Fluxograma base de um processo produtivo do queijo (Costa, 2011). .....	24
Fig.2.15-Flocos (Associação de Produtores de Queijos do distrito de Castelo Branco, 2011). .	25
Fig.2.16-Fluxograma de requeijão (INETI,2001). .....	25
Fig.2.17 Localizações geográficas do Queijo da Serra (Associação de Produtores de Queijos do distrito de Castelo Branco, 2010). .....	27
Fig.2.18-Ovelha de raça Bordoeira (Associação de Produtores de Queijos do distrito de Castelo Branco,2011). .....	27
Fig.3.1-Ciclo de refrigeração simplificado (Baptista <i>et al</i> ,2007). .....	31
Fig.3.2-Diferença entre o ciclo real e ciclo teórico (Martinelli, 2003). .....	32
Fig.3.3-Volume de controlo do compressor e processo de compressão no diagrama P-h ou diagrama de Mollier (Martinelli,2003). .....	33
Fig.3.4-Volume de controlo do condensador e processo de compressão no diagrama P-h ou diagrama de Mollier (Martinelli, 2003). .....	33
Fig.3.5-Volume de controlo da válvula de expansão e processo de compressão no diagrama P-h ou diagrama de Mollier (Martinelli, 2003). .....	34

Fig.3.6-Volume de controlo do evaporador e processo de compressão no diagrama P-h ou diagrama de Mollier (Martinelli,2003). ....	35
Fig.3.7-Ciclo de refrigeração e os seus componentes (USAID,2011). ....	35
Fig.3.8-Sistema <i>multisplit</i> (Chaves,2009). ....	36
Fig.3.9-Sistema de split normal (Chaves,2009). ....	36
Fig.3.10- Bomba de calor reversível, (a) arrefecimento, (b) aquecimento (Flávio chaves, 2009) .....	37
Fig.3.11-Expansão indireta ( <a href="http://www.adriatic.com.br/servicos.swf">http://www.adriatic.com.br/servicos.swf</a> ) .....	38
Fig.3.12-Secador de compartimentos (ASHRAE HVAC,2006) .....	40
Fig.3.13-Unidade compacta (Simia soluções termicas ). ....	41
Fig.3.14- Insuflação e secagem de uma unidade compacta (Simia soluções termicas ) .....	41
Fig.3.15-Tanque de refrigeração First 6000.se. (Catalogo Serap). ....	42
Fig.3.16-Tipos de arrefecimento de tanques (Cameirão <i>et al</i> , 2003). ....	44
Fig.3.17-Esquema de um sistema de ar comprimido ( Metalplan, 2010).....	45
Fig.3.18- Perdas características de um sistema de ar comprimido (Metalplan, 2010). ....	46
Fig.3.19-Descrição do tipo de auditorias simples (Silva, 2010).....	47
Fig.3.20-Descrição do tipo de auditorias complexa (Silva,2010). ....	47
Fig.3. 21Exemplo de benefícios económicos resultantes da auditoria (Silva,2010). ....	48

Fig.4.1- Mapa da distribuição dos concelhos de Portugal segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência (Camelo S.,2006). ....	50
Fig.4.2-Tanque para refrigeração do leite. ....	52
Fig.4.3-Pormenor da entrada da água nos tanques para lavagem. ....	52
Fig.4.4-Grupo de condensadores para os tanques. ....	52
Fig.4.5-Agitador no tanque de refrigeração. ....	53
Fig.4.6-Permutador de placas. ....	53
Fig.4.7-Pás aplicadas nas cubas de aquecimento. ....	54
Fig.4.8-Corte do coalho. ....	54
Fig.4.9-Moldes da dosificadora. ....	55
Fig.4.10-Dosificadora em funcionamento. ....	55
Fig.4.11-Prensagem de queijo.....	56
Fig.4.12-Desmoldadora. ....	56
Fig.4.13-Queijos em direção da salga. ....	57
Fig.4.14-Fim de lavagens de moldes. ....	57
Fig.4.15-Tanque de salmoura.....	58
Fig.4. 16-Hidrómetro.....	58
Fig.4. 17- Layout de duas camaras da primeira fase de cura (dimensões em m). ....	60
Fig.4. 18-Evaporador da câmara 1 fase de cura.....	60
Fig.4.19-Layout da segunda câmara da primeira fase de cura (dimensões em m).....	61

Fig.4.20-Evaporador da segunda câmara de primeira fase de cura. ....	61
Fig.4.21- Layout câmaras de segunda fase de cura (dimensões em m). ....	62
Fig.4.22-Câmaras de segunda fase de cura. ....	62
Fig.4.23-Ventilador auxiliar. ....	63
Fig.4.24-Máquina de lavagens de queijos. ....	63
Fig.4.25- Layout da câmara de congelação (dimensões em m). ....	64
Fig.4.26-Pormenor do evaporador da câmara de congelação. ....	64
Fig.4.27-Drenagem do soro para as cubas. ....	65
Fig.4.28-Bancada de fabrico de requeijão. ....	65
Fig.4.29- Enchimento de açafates (Associação de Produtores de Queijos do distrito de Castelo Branco,2011). ....	66
Fig.4.30-Prateleiras de alumínio para que arrefeçam gradualmente. ....	66
Fig.4. 31-Layout da câmara de requeijão (dimensões em m). ....	67
Fig.4.32-Câmara de requeijão. ....	67
Fig.4.33-Electrocaçadores e evaporador ....	68
Fig.4. 34-Condensadores. ....	69
Fig.4.35- Condensador de tanque refrigerado. ....	69
Fig.4. 36- Permutador de calor de aproveitamento do soro do requeijão. ....	70
Fig.4. 37- Panorama de geral do permutado de calor. ....	70
Fig.4.38-Chapa característica do permutador de calor. ....	70
Fig.4.39-Chapa característica da caldeira. ....	71
Fig.4.40- Tubagem da caldeira. ....	71
Fig.4.41-Solidificação das lamas. ....	73
Fig.4.42-Máquina de limpeza de água Uf-10. ....	73
Fig.4.43-Fuga numa bomba de soro sobranete. ....	74
Fig.4.44-Por fim foi também verificado formação de gelo no evaporador da câmara de requeijão ....	75
Fig.4.45-Formação de gelo no evaporador da câmara do requeijão. ....	75
Fig.5.1 Variações de temperaturas na semana dos ensaios(IMP) ....	78
Fig.5. 2- Tanque de refrigerado. ....	80
Fig.5. 3 Compressor e ventiladores do condensador do tanque. ....	80
Fig.5.4- Compressor do tanque. ....	80
Fig.5. 5-Layout da câmara de “apoio” à primeira face de cura (dimensões em m). ....	81
Fig.5.6-Compressor e ventiladores do condensador da câmara. ....	82
Fig.5.7 Evaporador ERC. ....	83
Fig.5.8-Funcionamento do tanque. ....	85
Fig.5.9-Consumo de energia elétrica dos tanques em relação ao consumo global de energia elétrica da empresa. ....	85
Fig.5.10-Variação do tempo de funcionamento do ar comprimido. ....	87

Fig.5.11-Percentagem do consumo do ar comprimido em funcionamento em relação ao consumo global.....	87
Fig.5.12-Tempo de funcionamento do sistema de refrigeração da câmara. ....	89
Fig.5.13-Tempo de paragem do sistema de refrigeração da câmara. ....	89
Fig.5.14-Percentagem do consumo de energia de elétrica dos elementos da câmara. ....	90
Fig.5.15-Percentagem do consumo da câmara em funcionamento em relação ao consumo global. ....	90
Fig.5.16-Estimativa da percentagem dos elementos. ....	91
Fig.5. 17- Esquema do balanço de massa de produção. ....	92

## Lista de Tabelas

Tab.2-1-Comparação do valor de vendas consoante a atividade (INE,2001). .....	16
Tab.2-2-Characterização nacional de queijarias (MAOTDR,2007) .....	18
Tab.2.3-Classificação CAE (Costa, 2011). .....	20
Tab.2.4-Condições de processamento de queijo suíço (ASHRAE Refrigeration, 2006). .....	26
Tab.2.5-Quantidades dos resíduos sólidos (INETI, 2001). .....	28
Tab.2-6-Quantidades dos resíduos Banais e perigosos em 1998 (INETI, 2001). .....	29
Tab.2-7 Valores admissíveis para as descargas das águas residuais das indústrias do concelho de Celorico da beira. (MAOTDR,2007).....	30
Tab.4.1- Distribuição dos concelhos de Portugal segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência (Camelo S.,2006). .....	49
Tab.4.2-Capacidade dos tanques. ....	51
Tab.4.3- Características das camaras frigoríficas.....	59
Tab.4. 4-Characterísticas dos sistemas de frio. ....	68
Tab.4.5- Características da UF-10 (Vodatcech catalogo).....	72
Tab.5.1- Característica do compressor. (Danfoss MT/MTZ) .....	79
Tab.5. 2-Characterísticas dos ventiladores do condensador (Chapa característica) .....	79
Tab.5. 3-Characterísticas do ventilador (Chapa característica) .....	81
Tab.5. 4 Características do compressor (Chapa característica) .....	82
Tab.5. 5-Characterísticas do evaporador (Chapa característica) .....	82
Tab.5.6-Characterísticas do sistema de ar comprimido(Chapa característica). .....	83
Tab.5. 7-Ensaio do tanque. ....	84
Tab.5.8-Ensaio do ar comprimido.....	86
Tab.5. 9-Ensaio da câmara de apoio. ....	88
Tab.5.10- Dados do processo produtivo. ....	92
Tab.5.11- Resultados do balanço de massa. ....	93
Tab.5. 12-Poderes Caloríficos Inferiores e Fatores de Emissão para Combustíveis (Fonte: Diretiva 2006/32/CE) .....	95
Tab.5. 13-Dados retirados através do inquérito sobre consumo de energia. ....	96
Tab.5.14-Cálculo do SEC.....	96
Tab.5. 15-Diferentes valores de SEC.(Xu <i>et al</i> , 2009).....	97
Tab.5.16-Valores de SEC obtidos.....	98



# Nomenclatura

COP	Coeficiente de desempenho do sistema	
d	Percentagem de desperdício	[%]
E	Energia	[kWh]
h	Entalpia	[kJ/kg]
$h_e$	entalpia específica na entrada do volume de controlo	[kJ/kg]
$h_s$	entalpia específica na saída do volume de controlo	[kJ/kg]
m	Massa	[kg]
$\dot{m}_e$	Caudal mássico a entrada do volume de controlo	[kg/s]
$\dot{m}_s$	caudal mássico a saída do volume de controlo.	[kg/s]
$\dot{Q}_{vc}$	Taxa de transferência de calor	[kW]
SEC	Specific energy consumption	[MJ/kg]
$\dot{W}_{vc}$	Potência num volume de controlo	[kW]



## Lista de Acrónimos

<b>ANEB</b>	Associação Nacional dos Engadadores de Bovino.
<b>ANIL</b>	Associação Nacional Dos Lacticínios
<b>APCRF</b>	Associação Portuguesa de Criadores de Raças Frísias
<b>APIC</b>	Associação Portuguesa dos industriais de Carne
<b>ASHRAE</b>	American Society, Refrigerationg and Air-conditioning Engineeres
<b>CAE</b>	Classificação de Atividade Económica
<b>CE</b>	Selo Europeu
<b>CIAA</b>	Confederation de Industries Agro-Alimentaires de l Union Européenne
<b>COP</b>	Coeficient of Performance
<b>DOP</b>	Denominação de Origem Protegida
<b>EDP</b>	Energia de Portugal
<b>E.F</b>	Efeito frigorífico
<b>ETAR</b>	Estação de Tratamento de Água Residuais
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>FENALAC</b>	Federação Nacional das Uniões das Cooperativas de Leite e Lacticínios
<b>FEPABO</b>	Federação Portuguesa de Associações de Bovicultores
<b>FEPASA</b>	Federação Portuguesa das Associações Avícolas
<b>FIPA</b>	Federação das indústrias Portuguesas Agro- Alimentares
<b>FPAS</b>	Federação Portuguesa de Associações de Suinicultores
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estatística
<b>IACA</b>	Associação Portuguesa dos Industriais de Alimentos Compostos para Animais
<b>INETI</b>	Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial
<b>MADRP</b>	Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas
<b>OECD</b>	Organização para cooperação económica europeia
<b>P-h</b>	Pressão- entalpia
<b>PIB</b>	Produto interno bruto
<b>PME</b>	Pequenas e Médias Empresas
<b>RCCTE</b>	Regulamento de característico comportamento térmico dos edifícios
<b>Rpm</b>	Rotações por minuto
<b>Somarg</b>	Soc. Portuguesa de Margarinas
<b>tep</b>	tonelada equivalente de petróleo
<b>UE</b>	União europeia
<b>VABpm</b>	Valor Acrescentado Bruto valorizado a preços de mercado



# Capítulo 1

## Introdução

Este capítulo começa por enquadrar o tema da dissertação, no que diz respeito à escassez de combustíveis fósseis e à necessidade de implementar medidas para reduzir o consumo dos mesmos. De seguida será apresentado o problema de estudo e a revisão bibliográfica. No termo do capítulo serão apresentados os objetivos do trabalho e os contributos do mesmo para a quantificação da empresa.

### 1.1 Perspetiva geral

O meio ambiente está a sofrer alterações constantes. As condições de vida dos seres vivos estão a alterar-se. Esta mudança deve-se ao desenvolvimento económico dos últimos anos. O aumento do consumo de energia e dos combustíveis fósseis está a aumentar quando na realidade a sua natureza é finita.

Cabe ao Homem, quanto antes, procurar soluções para resolver o excessivo consumo de energia através da procura de energias alternativas.

A solução pode estar no uso de energias renováveis, proporcionando ao Homem uma vida com maior qualidade e uma melhoria muito importante no meio ambiente.

Para tal, é necessário haver um aumento de eficiência energética nas empresas não só para reduzir os custos, como também para diminuição da intensidade energética global.

Segundo vários estudos efetuados até hoje as reservas de petróleo estarão esgotadas até ao ano 2050. Por estas razões a eficiência energética constitui-se como uma valiosa oportunidade para as empresas, mais uma vez, se afirmarem como parte da solução, com criação de valor real para o negócio e simultaneamente para a sociedade e para o ambiente

Foi em 1992, na cimeira da Terra que se começou a falar deste grande problema. Por consequência do relatório da Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento (“Relatório Brundtland”) em 1987, nesta cimeira defenderam-se medidas para combater esta crise, presentes no documento COM (2001)264 (Rochartre,2005).

Na figura 1.1 é possível analisar a dependência energética de Portugal entre 1972 e 2002. Nesta é visível o impacto de combustíveis fósseis tais como o petróleo e o carvão.

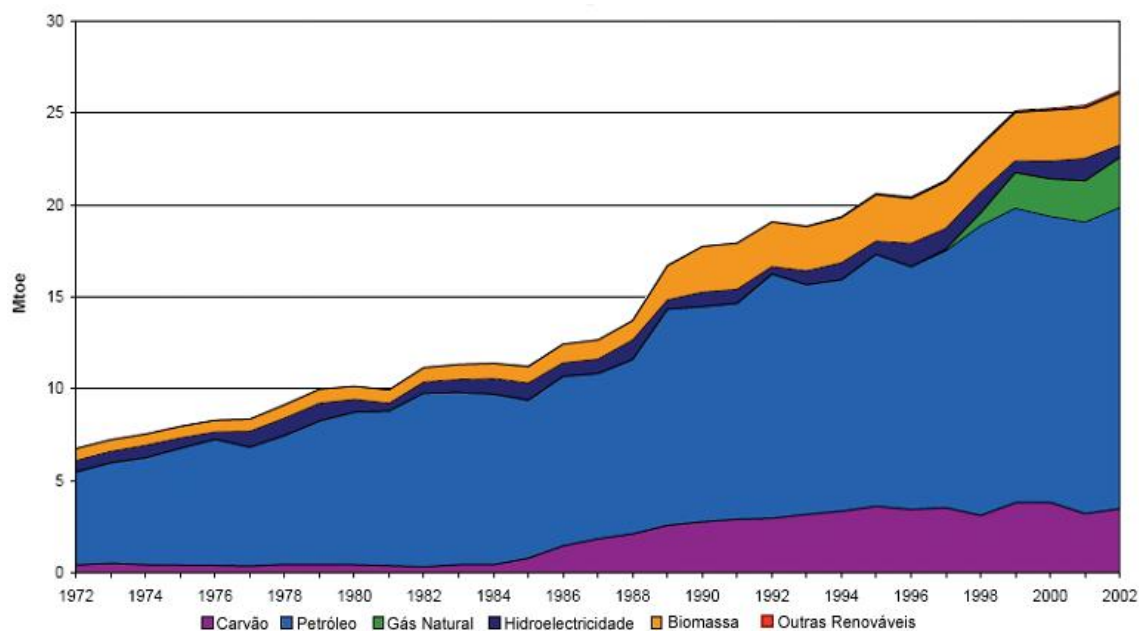


Fig.1.1-Dependência energética de Portugal em 2002 (Rochartre,2005).

Observando o gráfico da figura 1.2, é possível ver que o petróleo é a principal fonte de energia consumida em Portugal, representando cerca de 49%; Um pouco abaixo, está o gás natural, com 18%, e em terceiro lugar o carvão com 12%. Deste último podemos verificar que, com o passar do tempo, tem vindo a perder importância. A partir deste gráfico podemos também ver a diversidade de estruturas de energias, com vista a diminuir a importância do petróleo (INE,2011).

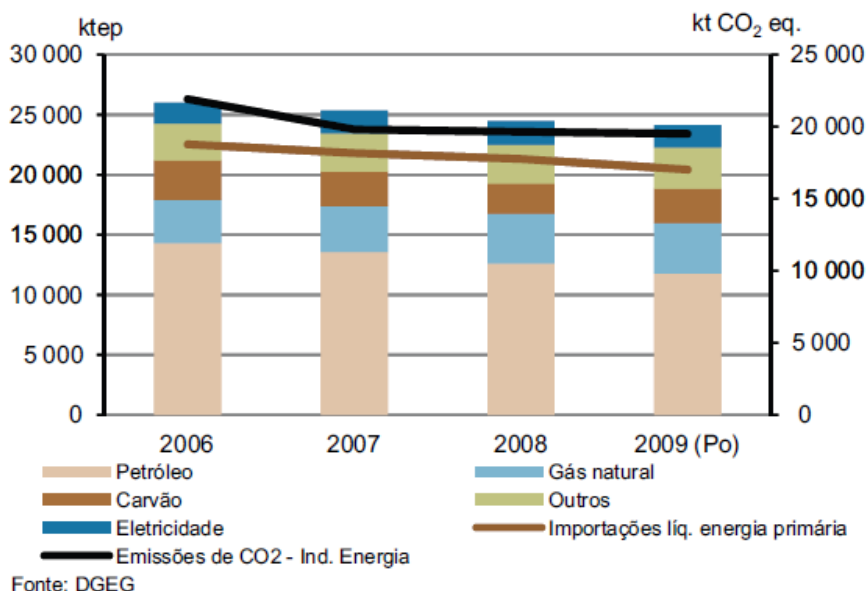


Fig.1.2-Consumo de energia primária em Portugal (INE, 2011).

Segundo o gráfico da figura 1.3, Portugal continua com uma dependência muito elevada em comparação com os outros países UE27, que para os mesmos anos registam valores médios de

54% em relação a Portugal que apresenta valores de 82%. Para combater este consumo espera-se atingir valores na ordem dos 74% em 2020.

O setor com maior consumo de energia foi o dos transportes, apresentando valores na ordem dos 37%, logo de seguida vem o sector industrial com 29%. Este setor apresenta uma ligeira descida em relação aos anos anteriores devido à crise económica que o mundo em geral atravessa. O setor doméstico é o que requer maior preocupação, pois é o único que não apresenta valores estáveis (INE, 2011).

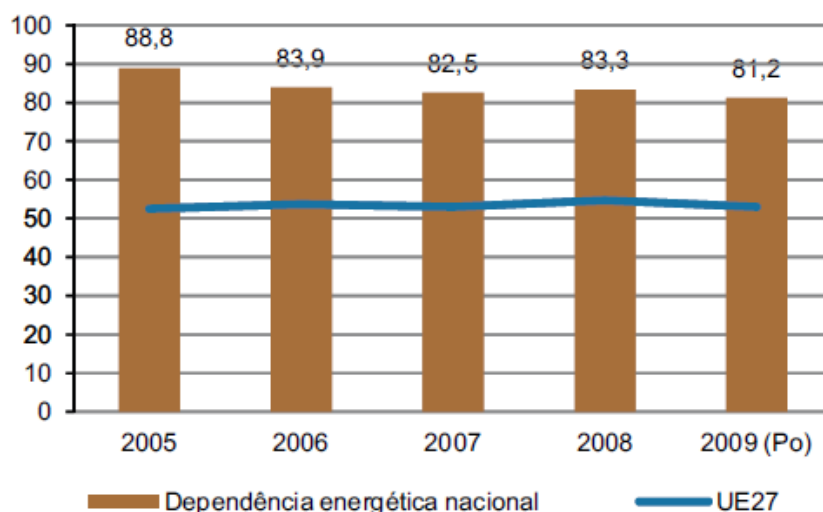


Fig.1.3-Dependência energética nacional (INE, 2011).

Na figura 1.4 pode-se verificar o consumo de energia por diversos setores económicos em Portugal entre 2006 e 2009. Os que se destacam são os transportes, indústrias, agricultura e pesca. O setor de transportes e indústrias são os maiores consumidores logo seguidos do doméstico. O que apresenta menor consumo de energia e o setor de agricultura e pesca (INE, 2011).

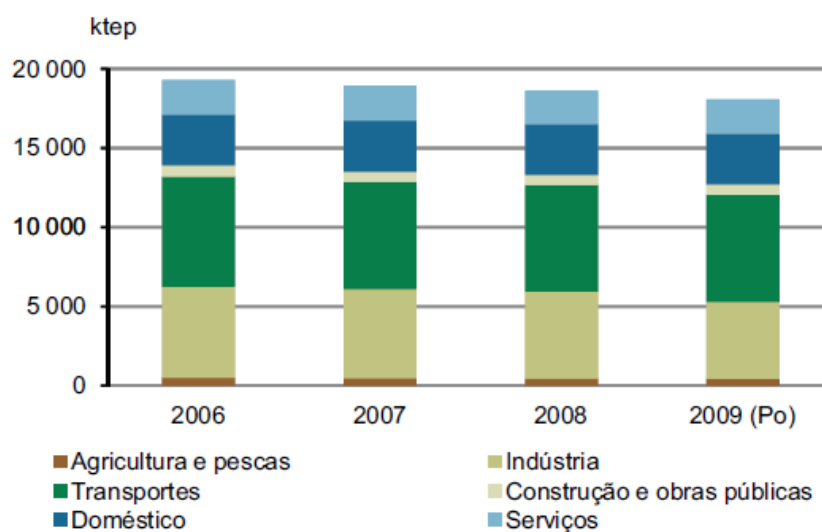


Fig.1.4-Consumo de energia final por setor de atividade (INE, 2011).

A eficiência energética da economia é calculada tendo em conta o PIB e o consumo de energia final, traduzindo a riqueza gerada por cada unidade de energia final consumida. Como podemos ver pelo gráfico da figura 1.5 Portugal tem baixa eficiência energética final, pois, como já vimos anteriormente, é fortemente dependente do petróleo (energia primária). A subida do preço do petróleo e a crise económica verificada nos últimos anos fez com que os valores da eficiência energética nacional sofressem um decréscimo, o que poderá vir a complicar o compromisso da meta estabelecida para 2020 (INE, 2011).

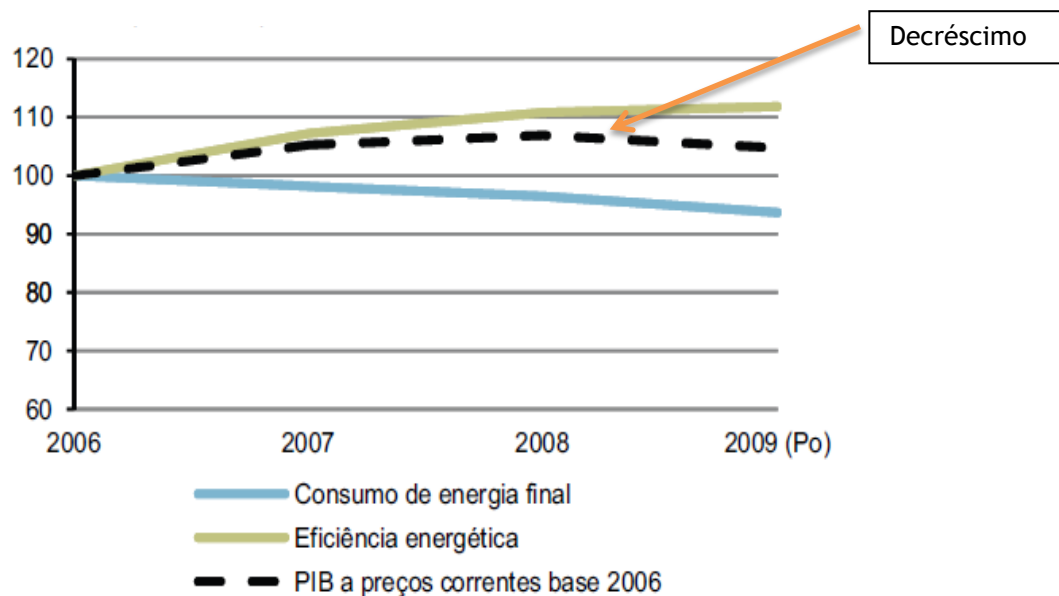


Fig.1.5-Eficiência energética da economia (INE, 2011).

## 1.2 O problema em estudo e a sua relevância

O propósito do anteriormente exposto, foi efetuado um estudo do processo produtivo de uma queijaria e avaliados, conseqüentemente, os tipos de energia utilizados em cada etapa de fabrico.

Pretende-se com este trabalho determinar o consumo específico de energia, SEC (*Specific energy consumption*) de um tipo de queijo da serra em Portugal e tentar para além disso compara os valores obtidos com outros tipos de queijos nacionais e de outros países, visto não existir qualquer estudo neste âmbito por entidades portuguesas.

## 1.3 Revisão bibliográfica

Relativamente a esta temática, foram analisados diversos artigos, e encontrados pontos chave importantes para o presente estudo.

Inicialmente examinou-se o estudo de Xu *et al.* (2009), que teve como objetivo reunir informação sobre o desempenho energético no processamento do queijo em alguns países como a Grã-Bretanha, Noruega, Holanda, Dinamarca e Estados Unidos e dar a conhecer algumas lacunas no fabrico de queijo, bem como recomendar medidas a adotar nestas indústrias. Os principais dados apresentados pretenderam caracterizar e quantificar o consumo específico de energia SEC (*Specific energy consumption*) entre países ou regiões . Verifica-se que o valor de SEC tem grandes variações de intensidade neste setor. Na indústria de leite podem variar entre 0,8 e 1,9 MJ por litro de leite e na indústria de queijo 4,9 e 8,9 MJ por litro de queijo.

No estudo feito nas queijarias dos EUA encontraram-se variações de SEC entre 2,3 a 16,8 MJ por litro de queijo. O aumento da produção fez aumentar o consumo de energia, exceto na Holanda, devido a um acordo assinado em 2001 onde se conseguiu uma redução de SEC 4,3 para 3,9 MJ/kg queijo entre 1998 e 2002.

Estas variações de SEC podem dever-se a diferentes procedimentos de fabricação, equipamentos, dimensões das instalações, entre outros. A comparação do SEC poderá servir para uma empresa avaliar a sua eficiência em relação a outras. Recomenda-se a utilização de *Benchmarking* como uma oportunidade de negócio.

Nesta linha de temática Mirade *et al.*(2012) realizaram um estudo sobre as a qualidade do queijo de *Saint- Nectair*, caso lhe fosse retirado na maturação, a ventilação sequencial.

Pretendia-se, então, determinar a poupança de energia, obtida através da implementação de ventilação sequencial e determinar o SEC. Verificaram então que a qualidade do queijo não seria afetada através deste método caso fosse feito de forma controlada. Esta medida poderia levar a uma poupança do consumo de energia para 18%. Por fim propuseram duas melhorias que poderiam levar a reduzir o valor de SEC em 0,8 MJ/kg. Ainda relativamente à determinação do SEC. Nunes *et al.* (2011) estudaram o consumo de energia no setor das carnes em Portugal. Neste estudo os autores verificaram que grande parte do consumo de energia é utilizada na refrigeração em que os compressores dos sistemas de frio representam de 60 a 93% da potência total instalada. Verifica-se, então, que as indústrias de processamento de presuntos têm o maior consumo de energia do setor, variando entre 310 kWh por tonelada e os 2202 kWh por tonelada. Outras indústrias como salsicharias têm valores entre 248 kWh por tonelada e os 1088 kWh por tonelada e matadouros valores entre 84,3 kWh por tonelada e os 261 kWh por tonelada.

Ainda relativamente a métodos de cálculos, Worrell *et al.* (2001)utilizaram outro método em setores de indústrias, estudando o impacto que teria o aumento de produtividade sobre os custos e analisaram economicamente as medidas adotadas. Os autores propuseram uma avaliação por “*conservation supply curves* “(CSC<sub>s</sub>). Depois de uma pesquisa efetuada, apontam os benefícios na implementação de novas tecnologias com o propósito da poupança de energia e só depois, as vantagens de produção. Na indústria do aço nos EUA desde 1994 diminuiu o valor de energia global de 26 GJ/t para 5,9 GJ/t.

Bergl6f (2011), descreve um modelo de an6lise de desempenho energ6tico que 6 implementado em mais de 300 empresas pelo mundo, muitas delas multinacionais como por exemplo a "Carrier". Nessa an6lise, critica-se o facto dos fabricantes de sistema de refrigera76o e ar condicionado terem apenas a preocupa76o de classificar energeticamente os equipamentos novos, pois na sua opini6o deveriam cotar equipamentos mais antigos. O seu objetivo era fazer uma demonstra76o de "Performance Inspections" para o desempenho de energia, pois na Uni6o Europeia s6o obrigat6rias em sistemas com pot6ncias superiores a 12KW. Nessa demonstra76o explicaram-se as vantagens da utiliza76o de um analisador de energia e descrevem tamb6m o aperfei76amento dos sistemas de frio com a liga76o 6 internet. Concluiu-se que o facto do funcionamento de uma ind6stria estar otimizada pode levar a ganhos de 20 a 40%. Para comprovar esse facto apresentou o resultado do trabalho te6rico que foi a an6lise energ6tica de um supermercado com o sistema mencionado acima, concluiu que teve uma poupan76a entre 15 a 30 % de energia na refrigera76o.

Ram6rez *et al.* (2004), apresentaram dois indicadores que EEp1 (consumo de energia por tonelada de leite) e EEp2 (compara76o do consumo de energia atual com consumo de energia que teria sido gasta se n6o se tivessem feito melhorias). Foi feita uma an6lise do consumo na ind6stria dos lactic6nios em quatro pa6ses da Europa (Alemanha, Gr6-Bretanha, Holanda e Fran76a). Este estudo direcionou-se para o processo de fabrico abordando o consumo m6dio de alguns processos e os respetivos consumos. Este trabalho teve dois grandes objetivos: o primeiro, analisar as tend6ncias de energia do setor l6cteo nos quatro pa6ses e o segundo desenvolver e aplicar indicadores de efici6ncia energ6tica, sendo que esses indicadores apresentados dizem respeito a dados de 1986 a 2000. Em conclus6o segundo os indicadores, o setor l6cteo franc6s seria o menos eficiente. A divulga76o dos valores de EEp seria um sinal de difus6o tecnol6gico onde se iria poupar mais de 30% de energia no setor. Foram feitos estudos direcionados para v6rios setores industriais dando 6nfase ao seu consumo e, por vezes, comparando o desempenho entre v6rias regi6es ou outros pa6ses. Hackett *at el.* (2005), fizeram sete auditorias energ6ticas a empresas do setor de hortifruticultura na Calif6rnia. O objetivo foi apresentar os resultados das auditorias, analisar os pontos mais cr6ticos de consumo de energia e descrever poss6veis melhorias. Na exposi76o de resultados apresentaram resultados de uma empresa que faz processamento de legumes e frutas, apresentando os seguintes resultados: No processamento de legumes o consumo de energia dos ventiladores do evaporador foi de 7%;ilumina76o 3%;motores hidr6ulicos 12%, motores 12%, refrigera76o por am6nia 54% outros elementos 10%. No processamento de frutas o consumo de energia dos ventiladores do evaporador 6 de 10%;ilumina76o 4%; refrigera76o por am6nia 63%;ar comprimido 4%;ventiladores do condensador 3%;outros elementos 12%.

Todas estas sete empresas poderiam fazer melhorias, especialmente nos sistemas de refrigera76o e otimiza76o do ciclo produtivo. Concluíram que nas empresas de menor dimens6o existia um menor cuidado de controlo e otimiza76o.

James *et at.* (2009), debru76aram-se sobre um projeto ingl6s chamado DEFRA, cujo o objetivo reduzir o consumo de energia na cadeia de frio sem comprometer a seguran76a alimentar. O

projeto foi constituído por três fases. Na primeira, foi feita uma organização da energia, (depois de concluírem que na Inglaterra 11% da energia era consumida pela indústria alimentar, analisaram a eficiência de todas as operações que envolviam a refrigeração). Na segunda fase identificaram novas tecnologias, explicando o seu funcionamento e aplicações possíveis. Por fim, fizeram o estudo das viabilidades dessa mesma tecnologia concluindo que estas novas alternativas apenas permitiram poupanças de energia na refrigeração de alimentos, pois nenhuma pareceu possível de implementar na indústria alimentar. No termo do seu artigo dão a conhecer um novo *software* chamado “VCRmodel” que simula sistemas de refrigeração. Este salienta o facto de se poderem fazer simulações de sistemas de refrigeração que tenham até seis compressores. É possível também escolher vários componentes do sistema de frio, e até sistemas secundários como por exemplo as linhas de tubagem.

De igual modo, James *et al.* (2010), realizaram um estudo sobre as alterações sofridas pela cadeia de frio alimentar em relação às mudanças climáticas. O objetivo do seu estudo era implantar medidas na cadeia de frio para que se conseguisse alargar e melhorar a mesma, sem provocar aumento de CO<sub>2</sub>. Um aumento da temperatura ambiente resulta em alterações climáticas o que trará um efeito negativo para o desenvolvimento da cadeia de frio e poderá trazer risco de contaminação dos produtos e como consequência, possíveis intoxicações alimentares. Referem que as preocupações ambientais estão a deixar de ser o principal polo de atenção, virando-se para a eficiência energética, devido aos grandes aumentos dos preços da energia. A cadeia de frio mundial gera cerca de 1% do CO<sub>2</sub> em relação aos restantes setores. Na cadeia de refrigeração alimentar, 40% dos alimentos requerem refrigeração, representando um consumo anual de energia elétrica de 15% em que pequenos gestos de manutenção podem gerar grandes poupanças de energia. Por fim, falam de novos equipamentos de refrigeração mas no entanto explicam que nenhum consegue uma mudança no consumo de energia de refrigeração no interior dos alimentos.

Saidur *et al.* (2009), realizaram uma análise do uso de energia numa indústria de produção de borracha na Malásia. Na sua auditoria analisaram passo a passo o uso da energia, tempos de operação consumo de equipamentos e fator de potência. No fim mostraram a percentagem do consumo dos vários grupos de equipamentos, tais como motores elétricos, bombas, e iluminação. O objetivo do estudo era constatar que existia um enorme potencial para a relação custo eficiência. No final explicaram que a fábrica poderia obter uma poupança significativa de energia se utilizasse motores de alta eficiência conseguindo o retorno do investimento num espaço de 1 a 3 anos. Grande parte da energia podia ser economizada com a redução da velocidade dos motores.

Guo *et al.* (2009) abordaram os consumos de energia associada à indústria do aço e do ferro na China, pois era um fator que requeria alguma ênfase, visto ser um dos setores que mais energia consumia no país. O objetivo deste trabalho era apresentar um levantamento de questões-chave, associadas ao desenvolvimento da indústria do aço Chinês. De facto, verificou-se que a indústria do aço e do ferro tinha feito algumas melhorias nos últimos anos,

ainda assim comparando com indústrias do mesmo setor de outro país, verificou-se um valor superior de energia consumida na ordem de 20% por unidade. Destaca-se o compromisso do setor em reduzir o consumo de energia em 20%; água em 30% e emissões de gases em 10%, entre 2006 e 2011.

Do mesmo modo Pemmartz *et al.* (2011), efetuaram um trabalho cujo objetivo consistia em auxiliar indústrias holandesas que utilizavam refrigeração e indústrias de ar condicionado, a fim destas tomarem medidas para reduzir os consumos de energia. Pretendiam mostrar o impacto da substituição do fluido frigorígeno R-22 e estudar a substituição de caldeiras por bomba de calor. Concluíram que as indústrias de alimentação, de medicamento e outras indústrias têm um consumo de energia primária da ordem de 200 PJ<sup>1</sup> e um consumo de 35 PJ em refrigeração. Os setores não industriais apresentam um consumo de 96 PJ e um consumo de 21 PJ em refrigeração. A utilização do calor de condensação a partir de instalações de refrigeração proporciona uma boa oportunidade para reduzir o CO<sub>2</sub> e consegue-se reduzir o consumo de energia em cerca de 50 %. Os sistemas mais antigos apresentam cargas de refrigeração superiores aos mais recentes. Essa diferença pode ser de 2 a 7 vezes superior. René *et al.* (2011), falam-nos de uma empresa que pretende duplicar o seu crescimento e reduzir o impacto ambiental para pôr em prática o conceito de “fábrica verde “. Nesse sentido pretendem melhorar os sistemas de frio e fluidos frigorígenos, apostando no melhoramento de processo produtivos, uso de energias renováveis e melhoramento das unidades existentes. O objetivo era propor uma estratégia sustentável para a refrigeração. Em conclusão os autores recomendam a amónia dizendo que é um fluido frigorígeno perfeito para refrigeração, com pouco impacto ambiental. Salientam o *benchmarking* como um bom impulso para a implementação de medidas de eficiência energética, mas alertam para o facto da existência de muitas variáveis ao longo de processo produtivo. Com as suas propostas estimam conseguir uma poupança de 35% nas câmaras de refrigeração dos gelados.

Por fim James *et al.* (2011), realizaram um estudo numa grande indústria transformadora de peixe, onde analisaram o processo produtivo e fizeram um levantamento de problemas ao longo do processo adotado. No seu estudo tentaram desenvolver métodos práticos para reduzir as cargas de calor, utilizando cargas de calor negativas a fim de compensar a refrigeração. Em conclusão falam das cargas térmicas associadas ao longo da cadeia de frio, propondo formas de diminuir o seu valor. Alertam também para utilização do calor negativo, principalmente nos casos em que a matéria-prima é descongelada e o produto final congelado.

Em relação a eficiência energética de diversos equipamentos inclusivé equipamentos de refrigeração Mills *et al.* (1995), realizaram um estudo sobre os benefícios de alguns tipos de aparelhos, mesmo os menos eficientes. Afirmaram que uma dada tecnologia podia ter muitos benefícios não energéticos, que seriam muito importantes na perspetiva do consumidor,

---

<sup>1</sup> 1KWh = 9MJ , tem em conta uma eficiência de rede elétrica de 40 %

apesar de não se conseguir uma vantagem abrangente para todos os equipamentos. Explicaram a importância da eficiência energética no ponto de vista económico. O objetivo era identificar as tecnologias eficientes e as que ofereciam benefícios não energéticos. Em conclusão o *marketing* deveria ter o reconhecimento dos benefícios não energéticos dos equipamentos pois seria uma mais-valia para a comercialização.

Khemiri *et al.* (1996), desenvolveram modelos para conservação de energia para ser utilizado em auditorias energéticas. Segundo eles a eficiência de uma auditoria dependia em grande parte da criação do modelo utilizado, ao qual se tentava adaptar o melhor possível as condições locais. Os modelos tinham o objetivo de redução dos custos operacionais em edifícios públicos na Tunísia. O objetivo do trabalho era demonstrar a utilidade de quatro modelos utilizados por eles: *Heat consumption model*, *Lighting consumption model* e *Energy loss transformes*. De referenciar que o primeiro se encontrava dividido em duas partes *Building heat* e *swimming pool heat*. Para demonstrarem os modelos, os autores apresentaram os resultados práticos realizados num hotel.

Saidel *et al.* (2003), realizaram um estudo sobre políticas de eficiências implementadas nos países da OCDE. O objetivo do estudo era verificar estratégias implementadas por diversos países do mundo. Concluíram que, apesar de todos os países terem estratégias diferentes, todas elas incidiam em cinco pontos que são: 1- Regulação restritiva, 2- Informação para o público 3- Criação de diferente mercado, 4- Programas de financiamentos e empréstimos, 5- parcerias de capital. Em conclusão, apesar da abordagem tomada pelos países, os autores eram da opinião que a abordagem inicial não era a melhor. Destacando também pela positiva o método utilizado no Japão, em relação a equipamentos de refrigeração Dinis *et al.* (2006), realizaram um estudo sobre um equipamento de refrigeração aberto ao ar ambiente, instalado em superfícies comerciais. A natureza experimental da investigação consistia numa análise de um protótipo, verificando a velocidade e direção do ar ambiente no desempenho térmico e eficiência energética. Verifica-se que o aumento da velocidade do ar ambiente mesmo que fosse paralela à abertura do equipamento provoca interações térmicas entre as zonas de conservação e exposição. Esta situação conduzia a um aumento de temperatura do ar na zona de conservação que por consequência podia levar a um aumento das temperaturas dos produtos. A mistura do ar refrigerado e ar ambiente fazia com que a formação de gelo na superfície fosse mais intensa. Nesta situação, para tentar reduzir a temperatura dos produtos, o sistema teria um aumento de consumo de energia de 29%. Ainda dentro deste assunto Marinhas S.(2011), realizou um estudo onde caracterizou os expositores de alimentos de supermercados, explicando as características que interferiam no desempenho de energia do equipamento. Demonstrou a ligação entre as condições de ensaio e as diretivas da EU. O objetivo era demonstrar os limites de eficiência deste tipo de equipamentos que era calculado através de uma auditoria feita aos fabricantes, para no fim ser verificado se o mesmo poderia comercializar os seu equipamentos com o selo CE. Isto resulta do facto de em 2008 a EU se ter comprometido a adotar várias medidas para reduzir os consumos de energia global até 2020. Por fim Sharifi *et al.* (2011), realizaram vários ensaios através de termografia elétrica.

Neste artigo descreveram sucintamente o procedimento dos ensaios e comentaram todos os resultados. O objetivo foi promover e demonstrar que a utilização dessa tecnologia podia ser útil para realizar testes de monitoramento nas indústrias de processamento de leite, referindo que era uma tecnologia de baixo custo que tinha a capacidade de processamento de imagens em alta velocidade e a na sua utilização não era necessário interagir com o sistema. Em conclusão, verificam que a utilização da termografia neste tipo de sistemas seria uma boa aposta no monitoramento de líquidos opacos, apesar de ainda ter algumas falhas.

## **1.4 Objetivo e contribuição da dissertação**

Inicialmente pretendia-se fazer uma recolha de dados para conseguir caracterizar o setor dos laticínios em Portugal, e tentar identificar os maiores problemas apresentados por este setor.

Pretendia-se analisar o processo de fabrico convencional de queijo e posteriormente descrever a fabricação real de um tipo de queijo específico (Queijo da Serra da Estrela).

De igual modo, analisar todo o processamento de queijo, numa queijaria selecionada e relacionar os diversos passos com o tipo de energia utilizada.

Alguns equipamentos tipicamente usados nas queijarias de processamento do Queijo serra da estrela, nomeadamente tanques de refrigeração, câmaras de refrigeração e sistemas de ar-comprimido seriam estudados, de igual forma

Foi feito um levantamento de dados extra de outras queijarias para comparar os diversos valores de SEC. Um deste dados será do mesmo tipo de queijo que o da queijaria selecionada para que se possam comprar os valores e fazer a comparação deste valor com valores de outros países.

Também foram feitas medições de tempo de funcionamento dos três sistemas acima referidos num dia crítico de altas temperaturas (Figura5.1) ano e determinar a percentagem representante de cada sistema.

Por fim pretendia-se propor algumas melhorias a fim que o processo produtivo pudesse atingir um valor de SEC menor.

## 1.5 Organização da dissertação

O texto desta dissertação está organizado em seis capítulos. Nos três primeiros é feita uma análise mais teórica. Os restantes são capítulos mais práticos, indicam os passos para a respetiva análise.

No capítulo 2 enquadra-se o setor agroindustrial em Portugal e faz-se uma análise sucinta até se chegar ao subsetor dos lacticínios. Por fim, descreve-se o processo produtivo, base do queijo.

No capítulo 3 faz-se uma abordagem ao ciclo de refrigeração caracterizando os elementos fundamentais que o compõem. De seguida, descrevem-se alguns equipamentos utilizados na indústria dos lacticínios, tais como: tanques de refrigeração, sistemas de ar comprimido e unidades compactas. Por fim, faz uma abordagem às auditorias energéticas.

No capítulo 4 explica-se sucintamente o fabrico de queijo da Serra da Estrela, e apresentam-se as instalações da unidade fabril.

No capítulo 5 mostra-se o modo de levantamento dos dados e apresentam-se os resultados obtidos dos balanços feitos.

Para finalizar esta dissertação, o capítulo 6, apresenta as conclusões e uma apreciação geral do trabalho, bem como ideias e sugestões para melhoramento da eficiência.



## Capítulo 2

### Produção de queijo

Este capítulo inicia por enquadrar o setor agroindustrial no geral em Portugal, começando a dirigir-se gradualmente para o subsetor dos Lacticínios. Neste é descrito o processo produtivo base do queijo e expostos alguns problemas associadas à produção de queijos.

### Setor agroindustrial

O peso da indústria agroalimentar é incomparável a qualquer outro setor industrial, visto que contribui com dois biliões de euros positivos na balança comercial. O setor agroindustrial tem um peso muito importante na economia da Europa. Sendo atualmente o maior setor industrial. Em 2010 era composto por 310 mil empresas, com 4,4 milhões de postos de trabalho na União Europeia e com resultados de um volume de negócios de 965 biliões de euros. Dada a sua grande dimensão e evolução nos últimos anos, e para se estabelecer a ligação entre fornecedor e cliente, este setor teve também de se associar a cadeias de abastecimento, a fim de salvaguardar os valores dos produtos. É importante referir que tem um importante papel na economia do setor primário, pois é responsável pela compra e transformação de 70% da produção agrícola da União Europeia. No setor agroalimentar as PME representam 48,7% do total da faturação e geram 63% do total de postos de trabalho. Em 2008 este setor detinha 12,9 % do peso da economia das indústrias transformadoras, ficando à frente da indústria química e da indústria automóvel (CIAA,2010;Grogório,2010).

### 2.1 Valores da evolução da atividade em Portugal

O setor agroindustrial relaciona diversas atividades como: agricultura, pecuária, e silvicultura. Variando de indústria para indústria, pode ocorrer transformação de matéria-prima. Para cada uma dessas matérias-primas, a agroindústria é um segmento da cadeia que vai desde o fornecimento de produtos agrícolas até ao consumidor. Os subsectores podem ser verificados nos gráficos da figura 2.1 e 2.2 sendo eles: Grupo 151 abate de animais, preparação e conservação de carnes e de produtos à base de carne; Grupo 152 indústria transformadora da pesca e da aquacultura; Grupo 153 indústria da conservação de frutos e de produtos hortofrutícolas; Grupo 154 produção de óleos e de gorduras animais e vegetais; Grupo 155 indústria de lacticínios; Grupo 156 transformação de cereais e leguminosos; Grupo 157 fabricação de alimentos compostos para animais; Grupo 158 fabricação de outros produtos alimentares; Grupo 159 indústria de bebidas; Grupo 160 indústria de tabaco.

A indústria agroalimentar é muito importante para a economia portuguesa, visto que fornece à população uma grande variedade de produtos. É um dos maiores setores da indústria portuguesa (FIPA, 2009).

A agroindústria sofreu grandes oscilações a nível de emprego nas indústrias alimentares de bebidas e de tabaco (figura 2.1). Nas indústrias alimentares e bebidas houve uma redução de cerca de 12% (divisão 15), com a exceção de: atividades do abate de animais, preparação e conservação de carne e de produtos à base de carne. Por sua vez, na indústria de tabaco verificou-se um aumento de 8,6%. Este setor industrial viu diminuir o número de funcionários em 1996 de 120 527 para 106 582 em 2000. O volume de negócios aumentou cerca de 4%, passando de um total de 10,57 mil milhões de euros para um total de 10,95 mil milhões de euros (INE,2003).

A indústria transformadora de pesca e aquacultura obteve um aumento do volume de negócios de 50% (Grupo 152). As empresas da indústria de bebidas (Grupo 159) tiveram um aumento de 26%.

A Indústria da conservação de frutos e de produtos hortícolas (Grupo 153) verificou uma queda de 9,6%. A de conservação de frutos e de produtos hortícolas e a indústria de fabricação de alimentos compostos para animais (Grupo 156 e 157) registaram uma queda de 6,9%. Estes dados podem ser verificados na figura. 2.2 (INE,2003).

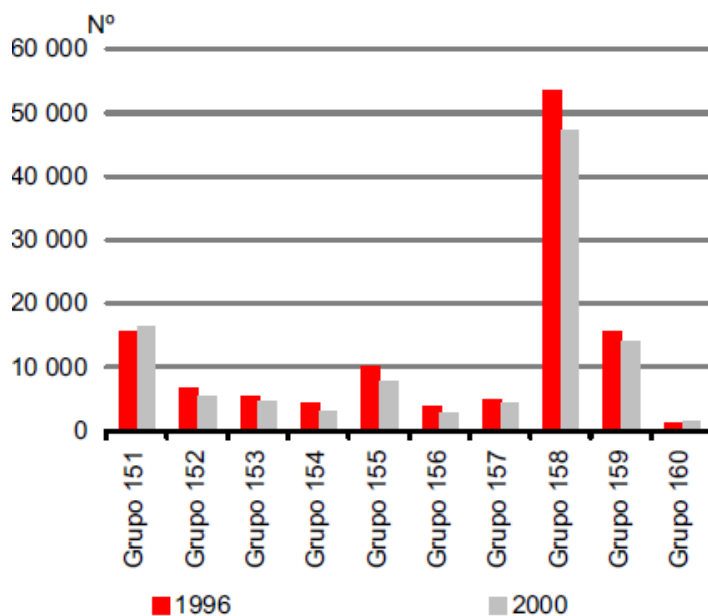


Fig.2.1-Comparação do volume de emprego do setor agroindustrial (INE,2003).

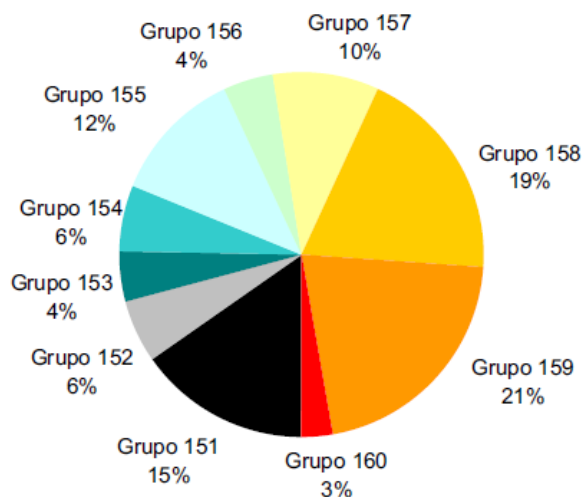


Fig.2.2-Volume de negócios no ano 2000 do setor agroindustrial (INE,2003).

Em 2009, o volume de negócios do setor agroalimentare foi 12 500 milhões de euros, representando 7,6% do PIB e empregando diretamente cerca de 110 000 pessoas (FIPA, 2009).

A fileira pecuária e a indústria agroalimentar movimentam um volume de negócios de cerca de 16 000 milhões de euros, tendo 10 % do PIB nacional, e asseguram mais de 270 000 famílias. Os três setores mais significativos são: laticínios, carnes, e o da produção de alimentos para animais (ANEB *et al* ,2011).

Em 2001, a indústria alimentar e de bebidas apresentou um valor de vendas 8 948 milhões de euros, o que representa um aumento de 50% desde 1992, como se pode verificar na figura 2.3 (INE,2001)

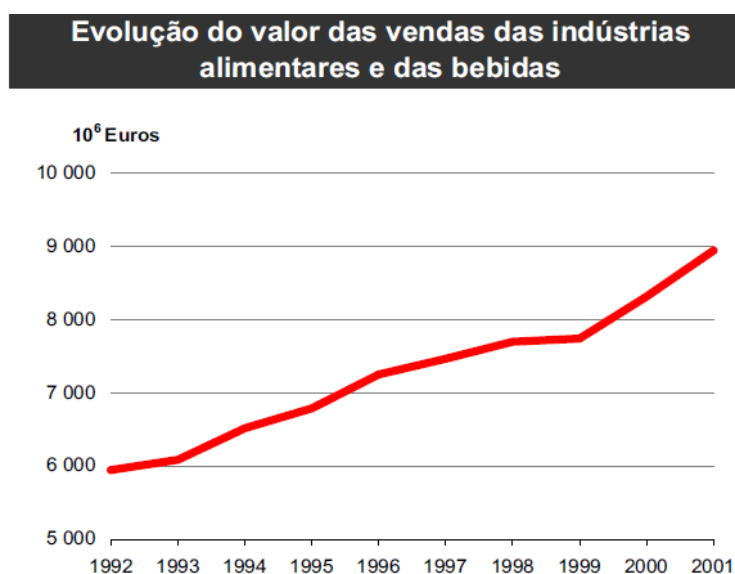


Fig.2.3-Evolução dos valores das vendas da indústria alimentar e de bebidas (INE,2003).

Analisando a tabela 2.1, o grupo que sobressai é o setor dos lacticínios e derivados, que em 1999 e 2001 registou respetivamente 1 086 milhões e 1 076 milhões de euros em vendas.

Tab.2-1-Comparação do valor de vendas consoante a atividade (INE,2001).

Actividade 1999		Valor das Vendas	Actividade 2001		Valor das Vendas
15510	Indústria de leite e derivados	1 085 562	15510	Indústria de leite e derivados	1 075 948
15710	Fabricação de alimentos para animais de criação	794 239	15710	Fabricação de alimentos para animais de criação	919 613
15930	Indústria do vinho	759 863	15930	Indústria do vinho	881 928
15200	Indústria transformadora da pesca e da aquacultura	482 203	15110	Abate de gado (produção de carne)	588 638
15110	Abate de gado (produção de carne)	426 908	15810	Panificação e pasteleria	588 001
15810	Panificação e pasteleria	424 838	15200	Indústria transformadora da pesca e da aquacultura	559 660
15960	Fabricação de cerveja	404 131	15982	Fabricação de refrigerantes e de outras bebidas não alcoólicas	504 198
15982	Fabricação de refrigerantes e de outras bebidas não alcoólicas	375 570	15960	Fabricação de cerveja	457 520
15120	Abate de aves e de coelhos (produção de carne)	303 693	15120	Abate de aves e de coelhos (produção de carne)	448 376
15860	Indústria do café e do chá	267 121	15130	Fabricação de produtos à base de carne	365 059

As variações dos valores das vendas no setor dependem em grande parte das variações dos preços dos produtos do mercado, que estão sujeitos a diversos fatores, como por exemplo: quantidade de matérias-primas, variações meteorológicas, aceitação dos produtos no mercado e concorrência vinda do exterior. Na figura 2.4 pode-se verificar a variação dos preços dos produtos dos três grandes grupos do setor (indústria alimentar e de bebidas, indústria de tabaco e indústria transformadora) entre dezembro de 2006 e dezembro de 2008. Como podemos ver, os preços são muito inconstantes. Por exemplo, a indústria alimentar registou uma descida de preços de 0,2% em Dezembro de 2008 em relação ao mês anterior. Esta descida diz respeito ao comportamento da indústria da fabricação de alimentos compostos para animais que teve uma queda de 2,2%. Também a indústria de transformação de cereais e leguminosas, bem como da fabricação de amidos e de féculas e produtos afins registou uma descida de 1,5% (INE, 2009).

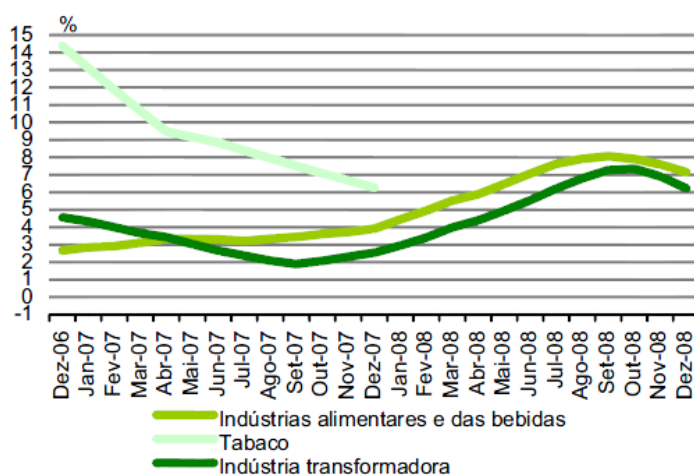


Fig.2.4-Variação de preços do sector agroindustrial (INE,2009).

## 2.2 Subsetor dos lacticínios em Portugal

Entre 2000 e 2003 o setor dos lacticínios gerou um volume de negócios médio anual de 1, 465 milhões de euros, o que representa cerca de 13 % do setor alimentar e de bebidas. Na indústria de lacticínios, a matéria-prima mais utilizada é o leite de vaca, leite de cabra e leite de ovelha, havendo depois outra matérias-primas como o sal e os coalhos, sendo todas elas pouco significativas ao longo dos processos produtivos, em comparação com o leite. Na figura 2.5 podemos verificar as percentagens correspondentes ao ano de 2000 de cada tipo de leite utilizado no sector (MAOTDR,2007).

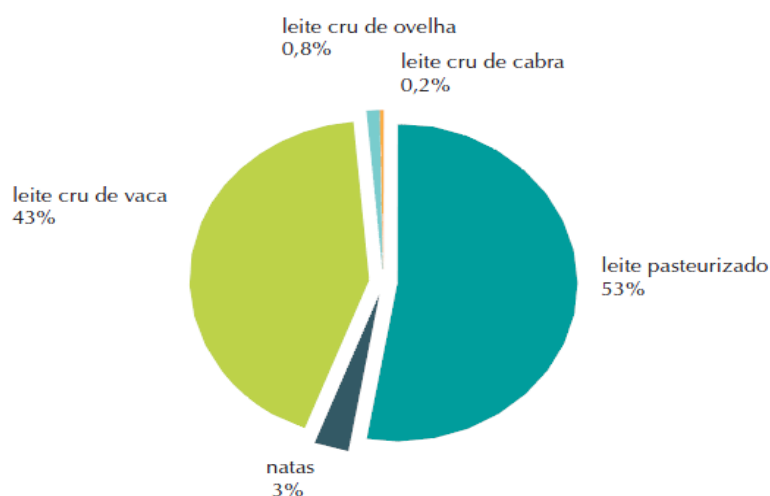


Fig.2.5-Percentagens da matéria-prima leite em 2010 (MAOTDR, 2007).

No ano de 2005, a indústria dos lacticínios representava cerca de 11 % do VAB<sup>2</sup> total gerado pela indústria agroalimentar e bebidas. As indústrias dos queijos ainda não atingiram o auge a nível tecnológico e na diferenciação de produção. O gráfico da figura 2.6 mostra vários destinos relativos aos produtos lácteos obtidos a partir do leite recolhido (Moreira, 2011).

---

<sup>2</sup> VAB= (Volume de negócios) + (Variação de existentes) + (Trabalhos para a própria empresa) + (Proveitos suplementares) - (Custo das mercadorias e das matérias consumidas) - (fornecimento e serviços externos)

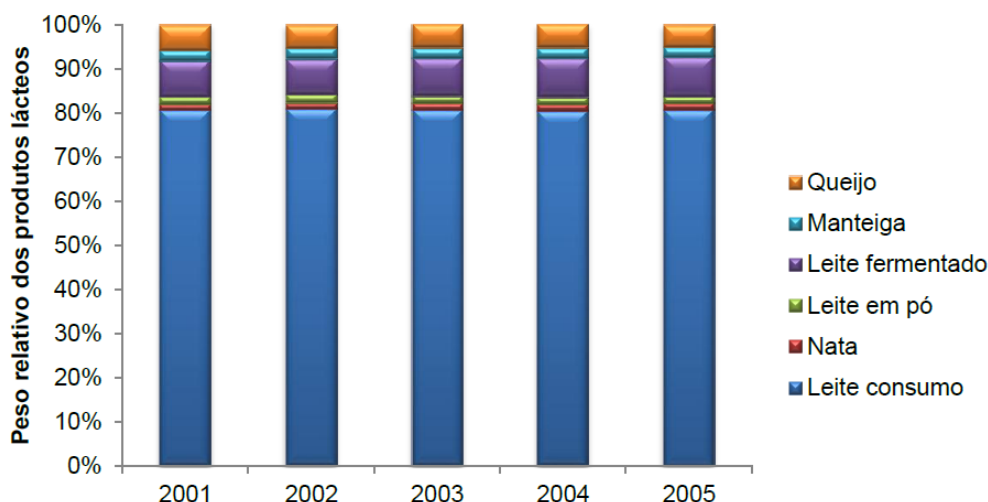


Fig.2.6-Peso relativo dos produtos lácteos obtidos a partir do leite recolhido (Moreira, 2011).

A produção de leite é de cariz cooperativo e tem grande importância na região norte e litoral. Neste setor encontramos principalmente dois tipos de produtores, são eles:

- Unidades de grande dimensão, transformação de leite e produtos lácteos;
- Unidades de menores dimensões, onde predominam a produção de queijos artesanais.

Em 2007 existiam em Portugal cerca de 560 queijarias de menores dimensões, sendo que 60% estavam instaladas na Beira Interior e 31% no Alentejo, destas apenas 36% estavam licenciados pela MADRP. Na tabela 2.2 estão representadas todas as 560 queijarias em Portugal divididas por regiões em 2007. Desta tabela conclui-se também que das 560 apenas se tem informações ambientais de 201 (Costa,2011).

Tab.2-2-Characterização nacional de queijarias (MAOTDR,2007)

CCDR	QUEIJARIAS			
	UNIDADES LICENCIADAS (Fonte: MADRP)		INFORMAÇÃO AMBIENTAL (Fonte: CCDR)	
	N.º Unidades	Quantidade de leite laborado (L/ano)	N.º Unidades	% Face ao total
Norte	41	56.965.000	26	63%
Centro	349	59.200.000	49	14%
LVT	20	29.250.000	8	40%
Alentejo	142	27.184.000	110	77%
Algarve	8	204.000	8	100%
<b>TOTAL</b>	<b>560</b>	<b>172.803.000</b>	<b>201</b>	<b>36%</b>

No mesmo ano de 2007, com o aumento da produção de leite e derivados, o setor dos lacticínios representava cerca de 11,5 % da produção agrícola nacional, verificando-se uma

melhor qualidade das matérias utilizadas e dos produtos transformados. A nível nacional, grande parte das indústrias de queijo são pequenas e médias empresas, que utilizam como matéria-prima leite de ovelha ou cabra, com uma produção média anual de 13,6 toneladas. Em 2008, a produção de queijo registou uma redução de cerca de 3%, em relação a 2007 (figura 2.7,2.8) devido à redução da produção de queijo de vaca (56 mil toneladas) e ovelha (15 mil toneladas). Quanto ao queijo de cabra e de mistura tiveram ambos um aumento. O queijo de cabra cerca de 1,6 mil toneladas, o de mistura 5 mil.

A partir de 2010, a indústria de produção de queijo regista um aumento devido a algumas apostas feitas pelos produtores no mercado (INE,2009; Moreira 2011).

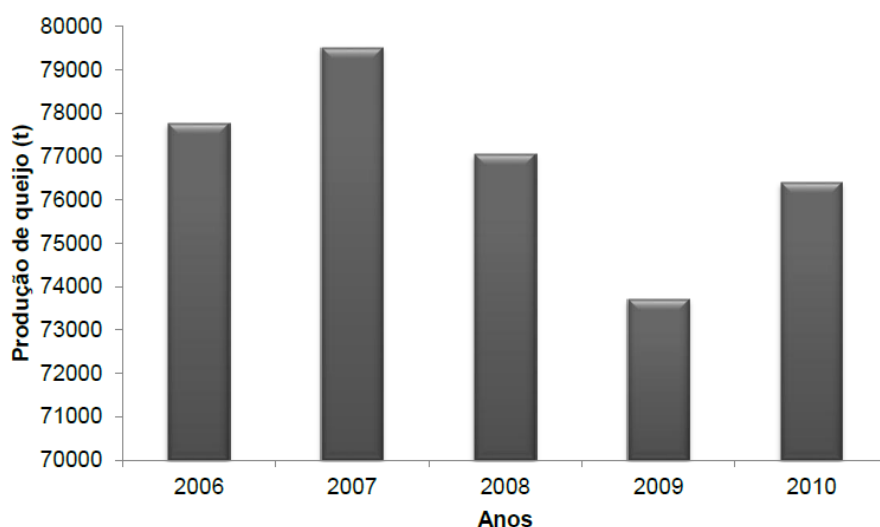


Fig.2.7- Produção de queijo em Portugal entre 2006 e 2010 em (t) (Moreira, 2011).

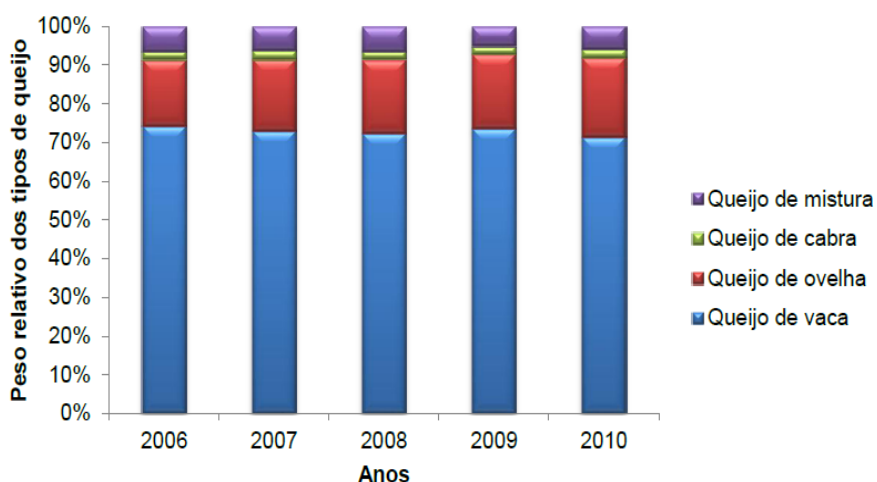


Fig.2.8-Produção de queijo, por tipo de queijo, no período de 2006 a 2010 (Moreira, 2011).

O código de classificação de atividade económica atribuída (CAE) a estas indústrias é 15510, que está ilustrado na tabela 2.3

Tab.2.3-Classificação CAE (Costa, 2011).

Divisão	Grupo	Classe	Subclasse	Designação
Secção A – Agricultura, Produção animal, Caça e Silvicultura				
01	Agricultura, Produção animal, Caça e Actividades dos Serviços Relacionados			
155	Indústria de Lacticínios			
	1551	15510	Indústria do Leite e Derivados	

## 2.3 Fabricação de queijos

Existem mais de oitocentos nomes diferentes de queijos, no entanto há apenas 18 tipos distintos.

A origem do queijo provém do tempo da pré-história, não se conseguindo dar uma data certa para o seu surgimento. No entanto supõe-se que remonta ao tempo em que se começou a domesticar ovelhas (8000 A.C, a 3000 A.C).

### 2.3.1 Síntese do processo produtivo do queijo

Tendo por base Costa (2011) e INETI (2001).e o fluxograma da queijaria onde foi realizada a análise experimental foram descritos os diversos passos.

#### 2.3.1.1 Recolha da matéria-prima e transporte

Esta fase é muito importante para o processo produtivo, é de salientar que por norma durante o transporte, o leite deve estar a uma temperatura de 4°C, e devem ser efetuados exames ao mesmo. As instalações devem cumprir todos os requisitos necessários de higiene.

#### 2.3.1.2 Receção e pré-tratamento

O leite é transportado até à indústria transformadora em camiões cisterna com refrigeração ou de forma mais tradicional em vasilhas de metal, geralmente de 30 ou 50 litros (leite não é refrigerado).

Esta etapa é muito importante para o ciclo de produção porque tem grande influência na qualidade do produto final. Caso o leite não siga logo para o ciclo de produção deve sofrer um tratamento chamado de “termização” de leite - tratamento que consiste no seu aquecimento a uma temperatura inferior à temperatura de pasteurização. Logo depois, o leite é desnatado por centrifugação, onde as gorduras eliminadas neste processo podem ser utilizadas para a

produção de manteigas e natas. O sistema normalmente utilizado nas queijarias consiste nos tanques de refrigeração do mesmo tipo que a figura 2.9.



Fig.2.9-Tanque de refrigeração para recepção do leite.

### **2.3.1.3 Pasteurização**

Na pasteurização, o leite é normalmente aquecido a temperaturas de cerca de 75°C durante cerca de 20 segundos. Esta etapa varia conforme o tipo de queijos que se pretende fabricar. A temperatura pode ser alterada conforme o tipo de paladar que se queira obter.

### **2.3.1.4 Coagulação**

Nesta etapa, dá-se a coagulação da caseína do leite, obtendo-se desta um “gel sólido” que em linguagem comum se chama “coalhada”. Para a obtenção desta é necessário adicionar fermento ou cultura de bactérias ao leite inicial. Este processo é feito em cubas de aço inox e dá-se a uma temperatura de cerca de 30°C. Esta mistura é realizada durante 2 a 3 minutos, por fim o leite é deixado a repousar cerca de 60 minutos. Quando a coalhada atinge um determinado ponto é cortada através de lâminas (corte da coalhada), dispostas paralelamente, numa espécie de agitador. Seguidamente, a mistura é agitada suavemente e é drenado o soro “dessoramento”. Para terminar esta fase, a coalhada é aquecida através de vapor ou com água quente. Este passo é importante na regulação de tamanho e acidez.

### **2.3.1.5 Moldagem e Prensagem**

A moldagem consta na colocação da coalhada em moldes ou formas, consoante o tipo de queijo que se queira obter, isto é, a moldagem tem por objetivo dar forma ao queijo. O enchimento do molde é feito de forma automática ou manual, conforme o tipo de tecnologia que a indústria tiver. O passo seguinte é colocar os moldes na prensa que pode ser mecânica ou manual. A prensagem visa retirar o resto de soro, melhorando a textura do produto final. No fim da prensagem são desmontados todos os moldes. É de salientar que todas as formas para este processo são devidamente limpas em altas temperaturas (figura 2.10). A figura 2.11 representa a prensagem do queijo.



Fig.2.10-Fim da linha de limpeza das formas ou moldes.



Fig.2.11-Prensa.

### 2.3.1.6 Salga

A salga consiste na adição de sal. Não é unicamente para o queijo ficar condimentado, mas também para ajudar a remoção de humidade. A salga varia de queijo para queijo no respetivo caso dura em média 120 minutos. Nesta etapa são de realçar os diversos tipos de salga, sendo os mais comuns:

- Adição de sal diretamente no coalho, após ser retirado o soro;
- Submersão dos queijos em tanques com salmoura (figura 2.12).



Fig.2.12-Submersão dos queijos em tanques com salmoura.

### 2.3.1.7 Maturação ou cura

Na maturação, o queijo passa por diversas transformações a nível microbiológico, físico e bioquímico. Estes ciclos são denominados por cura. Nesta fase as condições de armazenamento são muito importantes para que se consiga ter o controlo dos respetivos ciclos durante um maior tempo possível. Para tal e variando conforme o tipo de queijo, devem ser mantidas as condições de temperatura e humidades especificadas.



Fig.2.13-Maturação de queijo.

### 2.3.1.8 Embalamento

O queijo é devidamente embalado em plástico ou em tripa e, por fim, colocado em caixas para ser levado ao destino final.

### 2.3.1.9 Expedição ou congelamento

Nesta última fase, caso o produto não saia diretamente para o mercado, é colocado numa câmara de congelamento que, normalmente, está a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Caso contrário, segue para o mercado.

Na figura 2.14, está representado um fluxograma base do fabrico de qualquer queijo.

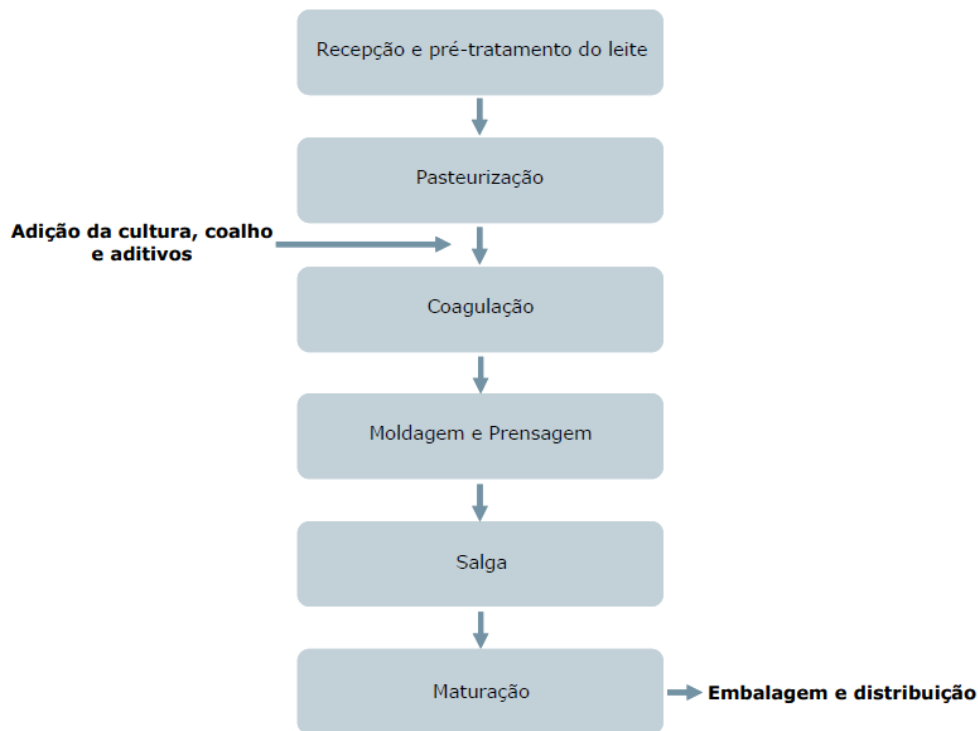


Fig.2.14-Fluxograma base de um processo produtivo do queijo (Costa, 2011).

### 2.3.2 Requeijão

O requeijão é um subproduto do queijo e o seu processamento pode ser verificados nos próximos pontos. Para a realização destes pontos foram utilizados vários fluxogramas do processos produtivos sendo um deles da Associação de Produtores de Queijos do distrito de Castelo Branco (2011)., INETI (2001) e fluxograma da empresa em estudo.

#### 2.3.2.1 Coagulação

O Soro que é obtido a partir do processo de fabricação do queijo é coado, de modo a evitar a presença de resíduos de coalhada. De seguida, é colocado numa fonte de calor onde será mexido até se atingir uma temperatura de cerca de  $90^{\circ}\text{C}$ . Em alguns casos, para se aumentar o rendimento na produção, é acrescentado leite de ovelha ou cabra antes da ebulição. A temperatura de  $90^{\circ}\text{C}$  deve ser mantida cerca de duas horas, para que as proteínas precipitem por coagulação, formando "flocos" que ficam em suspensão (figura 2.15).



Fig.2.15-Flocos (Associação de Produtores de Queijos do distrito de Castelo Branco, 2011).

### 2.3.3.2 Moldagem

Após a coagulação, dá-se a moldagem, que tem por objetivo dar a forma final ao requeijão. Para tal, são reunidos os flocos, com a ajuda de uma escumadeira ou colher. Tradicionalmente, estes flocos são recolhidos e colocados em pequenos cestos de verga fina de castanheiro, também chamados "açafates", para que, deste modo, libertem a parte líquida ("soro"), que ainda possa estar retida.

### 2.3.3.3 Expedição

Normalmente cada requeijão tem entre 150 a 400g. São colocados normalmente em material próprio e inodoro para seguir para o consumidor.

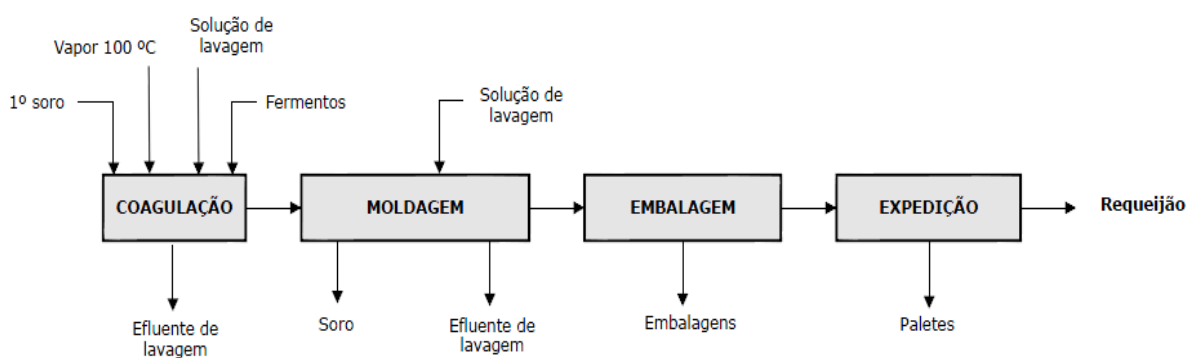


Fig.2.16-Fluxograma de requeijão (INETI,2001).

### 2.3.3 Queijo Suíço

Uma das características do queijo suíço é a formação do "olho" durante a cura, este olho resulta do desenvolvimento de CO<sub>2</sub>. O leite cru, tratado termicamente, é levado a uma temperatura de 35°C e bombeado para um depósito. São adicionados 27 ml de bactéria

*Propioni Shermanii*, 165 ml de *Lactobacillus Bulgaricus* por cada 500 kg de leite. Após a mistura 77 ml de coalho, são adicionados progressivamente por cada 500 kg de leite. A coalhada é cortada quando firme (25 a 30 minutos depois) em grânulos muito pequenos. Após 5 minutos, a coalhada e o soro são agitados durante 40 minutos, e em seguida o vapor é libertado. A coalhada é aquecida lentamente a 50 a 54°C durante 30 a 45 minutos. O cozimento é feito até que a coalhada fique firme. É depois pressionada levemente durante 6 horas. O passo seguinte consiste em mergulhar o queijo em salmoura até que tenha cerca de 1,5% de sal. A tabela 2.4 mostra a temperatura e o tempo em que a cura ocorre cada processo (ASHRAE Refrigeration, 2006).

Tab.2.4-Condições de processamento de queijo suíço (ASHRAE Refrigeration, 2006).

Passos de processo	Temperatura °C	Humidade relativa %	Tempo
Criação	35	–	0,4 a 0,5 horas
Cozinhar	50 a 54,4	–	1,0 a 1,5 horas
Prensagem	26,7 a 29,4	–	12 a 15 horas
Salmoura	10 a 11,1	–	2 a 3 dias
Câmaras de refrigeração	10 a 15,6	90	10 a 14 dias
Maturação	21,1 a 23,9	80 a 85	3 a 6 semanas
Conservação	4,4 a 7,2	80 a 85	4 a 10 meses

### 2.3.4 Queijo da Beira interior (Serra da Estrela)

O queijo da Serra da Estrela é um produto que é obtido por escoamento lento da coalha, após a coagulação do leite de ovelha. A sua apresentação depende da maturação, podendo ser curado ou amanteigado. Tem a forma cilíndrica (baixa), com diâmetros que variam entre 9 a 20 cm. O seu peso pode variar entre 0,5 e 1,7 Kg e apresenta uma cor branca ou ligeiramente amarelada. As suas características próprias são devidas à matéria-prima e à localização geográfica.

A área geográfica (figura 2.17) abrangente é de cerca de 4 200 Km<sup>2</sup>, dos quais só cerca de 800 Km<sup>2</sup> são superfície agrícola. Vários elementos contribuem para a peculiaridade deste produto: localização, a confeção, métodos de fabricação e as condições climatéricas requeridas para a maturação.



Fig.2.17 Localização geográfica do Queijo da Serra (Associação de Produtores de Queijos do distrito de Castelo Branco, 2010).

O leite tem de ser de ovelha de raça Bordoeira Serra da Estrela ou da raça Churra Mondegueira (figura 2.18). O sal tem de ser próprio para fins alimentares e o coagulante de origem vegetal cardo (Associação de Produtores de Queijos do distrito de Castelo Branco,2011).



Fig.2.18-Ovelha de raça Bordoeira (Associação de Produtores de Queijos do distrito de Castelo Branco,2011).

## 2.4 Resíduos do setor

O principal problema da indústria dos laticínios é ambiental e está ligado aos efluentes líquidos.

A água tem grande importância sendo que é utilizada em diversas tarefas tais como:

- Lavagem de equipamentos;
- Lavagem de instalações;
- Arrefecimentos e aquecimentos;

- Utilização em balneários.

O volume de água utilizado neste tipo de indústrias é bastante elevado chegando por vezes a 15 litros de água por cada litro de leite processado, sendo que as principais fontes de resíduos são:

- Lavagem de tanques;
- Limpeza residual de equipamentos (cubas, bombas, equipamentos de processo);
- Mistura aquosa de leite e sólidos suspensos ou derramados durante os arranques e paragens e mudanças de produtos de pasteurização;
- Derrames e fugas devido a uma má manutenção;
- Perdas nas operações de enchimentos;
- Soro proveniente do processo produtivo.

O principal problema destes efluentes é a sua elevada carga orgânica presente no lacto-soro que tem grande quantidade de nutrientes, e a mistura com produtos de limpeza e desinfecção faz com que as águas residuais fiquem com altos teores em azoto e fósforo. O alto teor de gordura presente no leite, deve-se em particular aos restos do desnatamento.

O soro do leite é só por si um grande problema deste setor, uma vez que de ponto de vista legal é considerado um resíduo, mas não para as indústrias, pois até é considerado um subproduto. Este soro pode ter vários destinos, como por exemplo a produção de requeijão, encaminhamento para pecuária, concentrado e seco (utilizado em rações de animais ou fabrico de gelado).

Os resíduos sólidos assim como as embalagens de cartão e plástico são considerados um problema de menor dimensão, pois o seu tratamento é feito por empresas especializadas em reciclagem.

A tabela 2.5 mostra uma estimativa das quantidades dos resíduos sólidos em 1998. A tabela 2.6 mostra uma estimativa das quantidades dos resíduos nos subsectores da indústria dos lacticínios em 1998 (INETI,2001).

Tab.2.5-Quantidades dos resíduos sólidos (INETI, 2001).

Resíduo	Quantidades (Toneladas)
Embalagem de papel e cartão	4 386
Embalagens de plástico	3 778
Paletes	6,4
Embalagens Compósitas	12 523
Embalagens de metal	0,6
Absorventes, panos de limpeza	2,1
Total	20 696

Tab.2-6-Quantidades dos resíduos Banais e perigosos em 1998 (INETI, 2001).

<b>Leite e derivados</b>	
<b>Resíduos</b>	<b>Quantidades (Toneladas)</b>
Lamas da ETAR	237 764
Resíduos urbanos	9 219
Embalagens, absorventes	20 696
Materiais impróprios para consumo ou processamento	3 552 490
Cinzas da caldeira	64
Resíduos não especificados	99
Soro Lácteo	99 542
Subtotal	3 919 874
<b>Resíduos perigosos</b>	
Óleos usados	202
Solventes	1,2
Subtotal	203, 2
Total de resíduos	3 920 077

Em Portugal as águas de cerca de 50 % das indústrias transformadoras de leite e produtos derivados são rejeitadas. Em termos legais as regras e condições de descarga são impostas pela entidade gestora da mesma, sendo que a nível nacional varia de entidade para entidade. No entanto o objetivo é sempre focado em assegurar que as águas residuais industriais não afetem as pessoas que trabalham neste setor, logo os sistemas de drenagem e as estações de tratamento não devem ser afetados - assegurar o bom funcionamento das condições hidráulicas e dos escoamentos.

Quando estas águas residuais são descarregadas no sistema, o gasto de operação é elevado devido ao elevado custo de manutenção do material. Os principais fatores de degradação dum sistema deste tipo são:

- Presença de sólidos de grandes dimensões;
- Presença de óleos e gorduras;
- Presença de cloretos;
- Variações de pH;
- Picos de caudal e de carga orgânica.

É ainda importante referir o impacto ambiental causado por este problema provocando nas imediações das estações de tratamento de água maus odores (Costa, 2011).

O exemplo representado na tabela 2.7 foi retirado do (MAOTDR, 2007), onde mostra as condições impostas pela entidade gestora da rede pública de drenagem da água residuais.

Tab.2-7 Valores admissíveis para as descargas das águas residuais das indústrias do concelho de Celorico da beira.  
(MAOTDR,2007)

Parâmetros	Valores Máximos Admissíveis	Expressão dos Resultados
CBO <sub>5</sub> a 20°C	500	mg O <sub>2</sub> /l
CQO	1000	mg O <sub>2</sub> /l
SST	1000	mg /l
pH	5<ph<9	-
Temperatura	<45	°C
Óleos e gorduras	250	mg/l
Condutividade	3000	µS/cm
Cloretos totais	150	mg Cl/l
Boro	1	mg B/l
Arsénio total.	0,5	mg As/l
Chumbo total	0,5	mg Pb/l
Cianetos totais	0,5	mg CN/l
Cobre total	1	mg Cu/l
Crómio		
-hexavalente	2	mg Cr (VI)/l
-trivalente	2	mg Cr (III)/l
Ferro total	22,5	mg Fe/l
Níquel total	2	mg Ni/l
Selénio total	0,05	mg Se/l
Zinco total	5	mg Zn/l
Mercúrio	0,05	mg Hg/l
Prata	1	mg Ag/l
Cádmio	0,2	mg Cd/l
Metais pesados (total)	10	mg/l
Hidrocarbonetos totais	50	mg/l
Cloro residual disponível total	2	mg Cl <sub>2</sub> /l
Fenóis	1	mg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/l
Sulfuretos	2	mg S/l
Azoto amoniacal	100	mg NH <sub>4</sub> /l
Detergentes (lauril-sulfato)	50	mg/l

## 2.5 Nota conclusiva

Neste capítulo procedeu-se inicialmente à descrição sucinta do setor agroindustrial Europeu e Português, dando particular relevo ao peso da indústria agroalimentar.

Passou-se em seguida para uma caracterização económica dos subsectores ligados à agroindústria, sendo apresentado em seguida os gráficos referentes aos dados expostos.

O capítulo prosseguiu com a apresentação específica do subsector dos lacticínios, ponto importante deste trabalho. É feita referência à distribuição das queijarias em Portugal e à matéria prima que lhe serve de base.

Em seguida foram descritos e analisados com pormenor os principais passos para a produção de queijos.

Antes do fecho do capítulo foi feita referência à importância da gestão dos resíduos na indústria dos lacticínios.

No próximo capítulo, foi será feita uma breve abordagem sobre ao ciclo de refrigeração e de alguns sistemas que utilizados na industria de lacticínios e por fim uma breve explicação sobre auditorias energéticas.

## Capítulo 3

### Refrigeração na indústria dos laticínios

Neste capítulo tem-se por objetivo explicar alguns equipamentos utilizados na indústria dos laticínios. Primeiramente explica-se o ciclo de refrigeração e os seus componentes. Por fim faz-se uma breve explicação de funcionamento do ar-comprimido e tanques de refrigeração. Por fim é feita uma explicação sobre auditorias energéticas.

#### 3.1 O ciclo de refrigeração

O ciclo de refrigeração é uma transferência de energia que, tal como o nome indica, o seu objetivo será remover calor. Este ciclo recebe trabalho. Para transferir calor de uma fonte fria para uma fonte quente, o seu funcionamento pode ser avaliado através do seu COP (*Coefficient of performance*).

$$COP = \frac{\text{Calor Removido}}{\text{Trabalho Fornecido}} = \frac{Q}{w} \quad (3.1)$$

Na figura 3.1 podemos verificar um esquema de sistema de refrigeração simplificado. Na figura 3.2, está o respetivo diagrama P-h, onde se pode verificar o ciclo real e ciclo teórico (representado com o t) no diagrama. Podemos também verificar que de 1-2 temos uma compressão isentrópica; 2-3 condensação isobárica; 3-4 expansão isentálpica; 4-1 evaporação isobárica (Baptista *et al*, 2007).

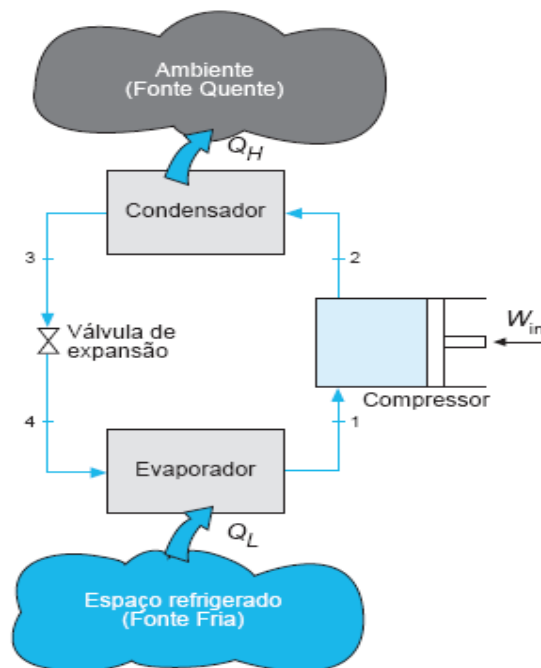


Fig.3.1-Ciclo de refrigeração simplificado (Baptista *et al*, 2007).

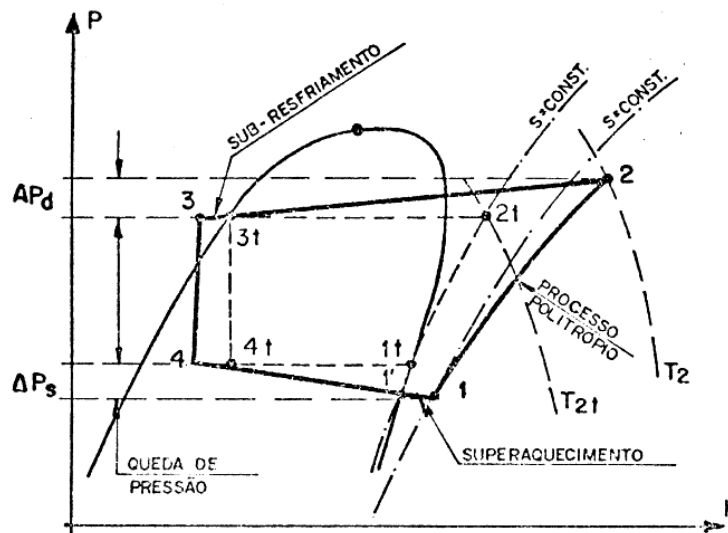


Fig.3.2-Diferença entre o ciclo real e ciclo teórico (Martinelli, 2003).

### 3.1.1 Compressor

Equipamento que tem por objetivo aumentar a pressão de um fluido refrigerante. Ao comprimir este mesmo fluido, aumenta a sua pressão e a sua temperatura de vapor até um valor situado mais alto que a de outro fluido (ar ou água) utilizado na condensação.

Consoante o seu funcionamento podem ser subdivididos em dois grandes grupos, são eles:

- Volumétricos ou de deslocamento positivo;
- Roto dinâmico ou de deslocamento cinético.

Adicionalmente consoante o tipo de acesso podem ser classificados como:

- Aberto: O compressor e o motor elétrico estão separados, o seu acionamento é feito através de uma correia;
- Semi-hermético: O compressor e o motor elétrico estão acoplados e envolvidos por um invólucro metálico;
- Hermético: O compressor e o motor elétrico estão acoplados e envolvidos por um invólucro metálico selados

A equação (3.2) indica o valor da potência teórica do compressor  $W_c$  em kW. Esta equação indica a quantidade de energia por unidade de tempo que deve ser fornecida ao fluido refrigerante para que passe do estado 1 (sucção) para o estado 2 (descarga). É importante referir que esta equação deriva da primeira lei da termodinâmica em regime permanente, desprezando a variação de energia potencial e cinética. O caudal de fluido refrigerante é representado por " $\dot{m}_r$ " e é expresso em (kg/h). As entalpias do estado 1 e 2 são representadas por  $h_1$  e  $h_2$  e são expressas em (kcal/kg). A constante 860 é o fator de conversão (kcal/h) para kW (Baptista *et al*, 2007; Martinelli, 2003).

$$W_c = \frac{m_f(h_2 - h_1)}{860} \quad (3.2)$$

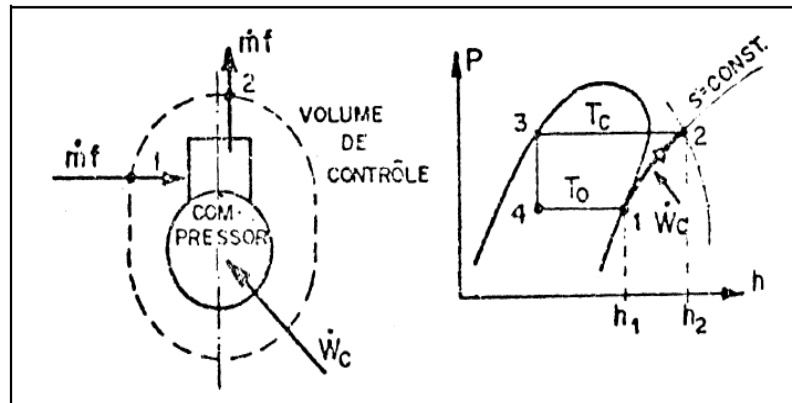


Fig.3.3-Volume de controle do compressor e processo de compressão no diagrama P-h ou diagrama de Mollier (Martinelli,2003).

### 3.1.2 Condensador

O fluido proveniente do compressor, fluido comprimido, dissipa energia sobre forma de calor para um fluido “externo”, nesta etapa o fluido perde energia e condensa-se. O ar e a água são normalmente os fluidos externos utilizados no arrefecimento do condensador.

No entanto existe um sistema denominado por condensador evaporativo, neste a água é pulverizada na parte exterior dos tubos, de forma a aumentar a troca de calor, presente na água. A equação 3.3 representa a quantidade de calor a ser rejeitado no condensador ( $Q_c$ ) em kW. Esta é referente às temperaturas  $T_o$  e  $T_c$  da figura 3.4, assim como as respectivas entalpias (Baptista *et al*,2007; Martinelli, 2003).

$$Q_c = \frac{m_f(h_2 - h_3)}{860} \quad (3.3)$$

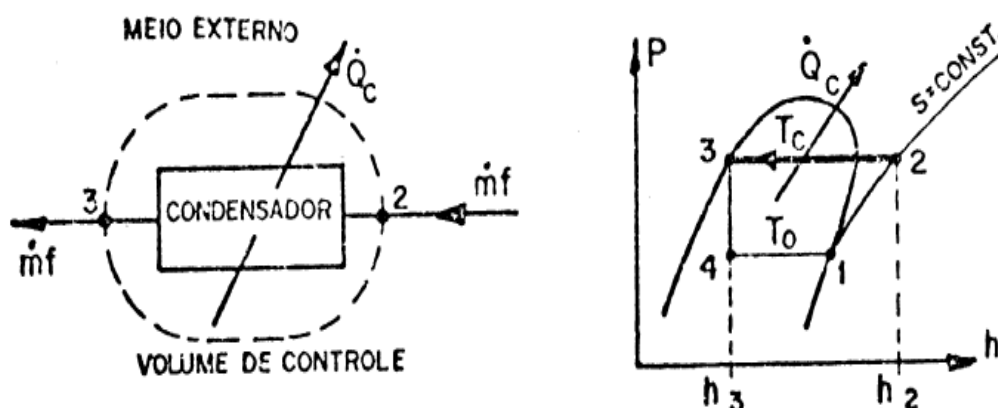


Fig.3.4-Volume de controle do condensador e processo de compressão no diagrama P-h ou diagrama de Mollier (Martinelli, 2003).

### 3.1.3 Válvula de expansão

Este elemento tem a função de controlar de maneira precisa o caudal do fluido refrigerante, seja ele condensado ou evaporado, servindo de separação entre as zonas de maior e menor pressão. Os principais tipos de válvulas de expansão são: válvulas manuais, válvulas automáticas, válvulas de boia, válvulas elétricas e válvulas termostática. Em termos gerais a válvula que permite um melhor rendimento é a válvula eletrônica (Paulo Baptista *et al*,2007 e Luiz Martinelli,2003).

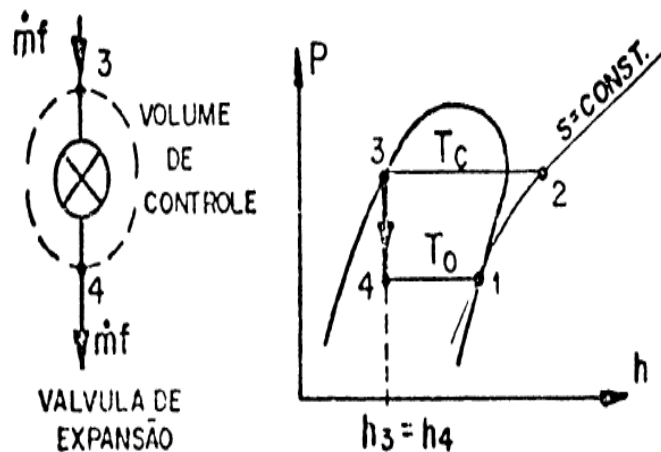


Fig.3.5-Volume de controle da válvula de expansão e processo de compressão no diagrama P-h ou diagrama de Mollier (Martinelli, 2003).

### 3.1.4 Evaporador

Este equipamento é por base um permutador de calor que arrefece um fluido exterior à temperatura de vaporização do fluido refrigerante. Durante este processo, o fluido recebe energia e evapora-se. Podem-se classificar em duas classes, dependendo do seu funcionamento- secos e inundados. Secos, quando todo o líquido que entra no evaporador, sai em vapor. No inundado, o sistema tem que ter um dispositivo para que o interior do evaporador esteja submerso de fluido refrigerante. A equação 3.4 diz respeito a quantidade de calor retirada através do evaporador denominando-se por efeito frigorífico, E.F (Baptista *et al*,2007; Martinelli, 2003).

$$E.F = h_1 - h_4 \quad (3.4)$$

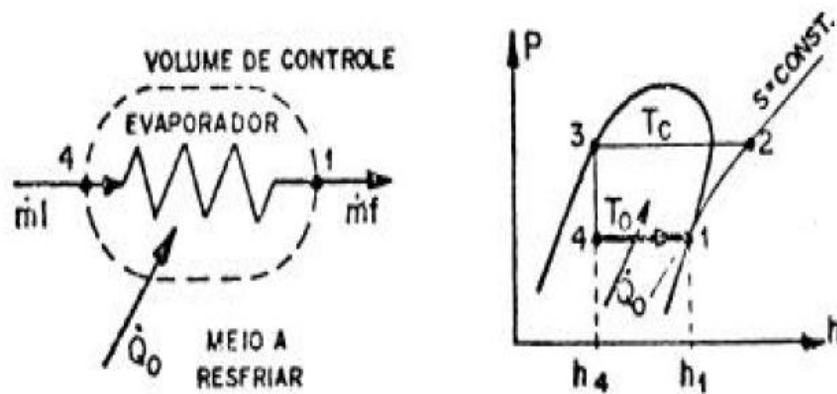


Fig.3.6-Volume de controle do evaporador e processo de compressão no diagrama P-h ou diagrama de Mollier (Martinelli,2003).

Por fim, juntando o diagrama de Mollier com os respectivos componentes do ciclo de refrigeração obtemos a figura 3.7.

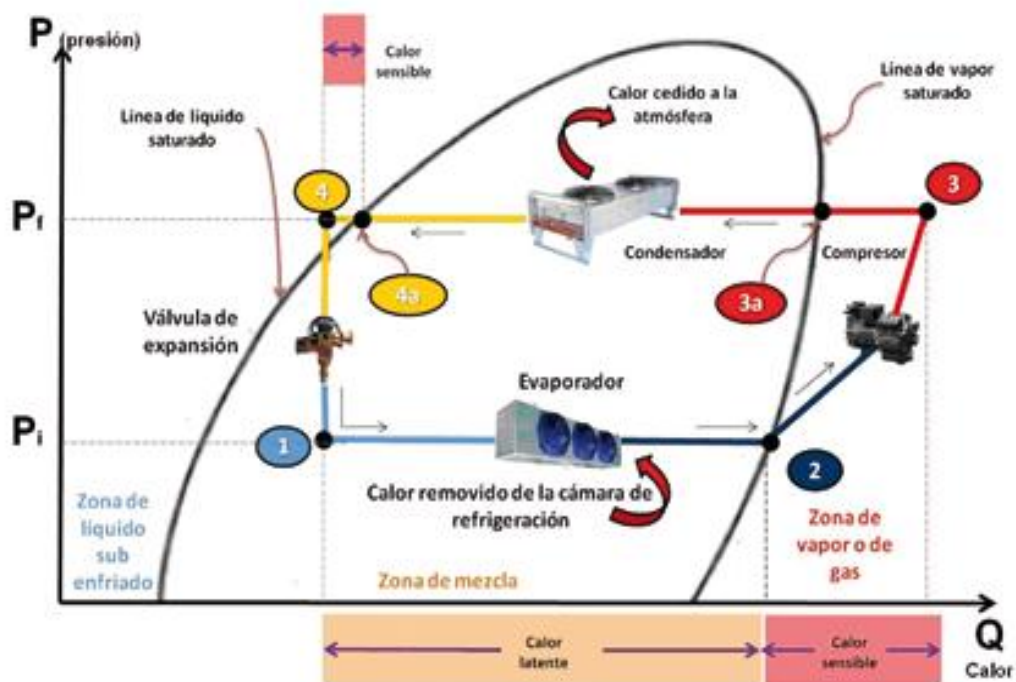


Fig.3.7-Ciclo de refrigeração e os seus componentes (USAID,2011).

### 3.2 Sistemas de frio

Os sistemas de frio podem dividir-se em duas classes: centralizados ou individuais, tendo em conta a área e o local onde se pretende produzir o frio.

O sistema centralizado tem por objetivo servir a totalidade das áreas dos edifícios, ou pelo menos parte delas. A climatização pode ser feita por fluidos diferentes ou não (expansão direta ou indireta). Este sistema é constituído por um aparelho ou conjunto de aparelhos que serve de forma individual cada espaço do edifício.

Um exemplo para este caso pode ser o sistema de *multisplit*. Com uma unidade exterior serve três unidades interiores, figura 3.8 (Chaves,2009)



Fig.3.8-Sistema *multisplit* (Chaves,2009).

Um sistema individual é apenas um aparelho ou um conjunto de aparelhos que servem de forma diferente cada espaço do edifício.

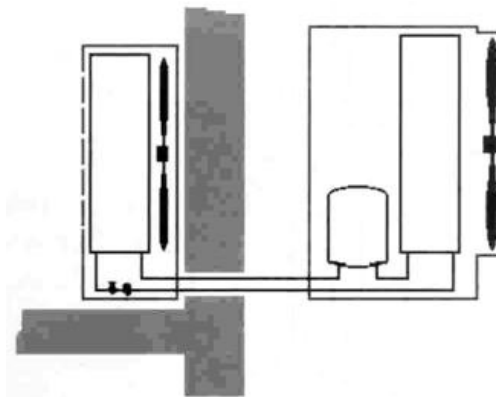


Fig.3 9-Sistema de split normal (Chaves,2009).

### 3.2.1 Expansão direta

Neste tipo de sistema de refrigeração o evaporador está em contacto direto com o material ou espaço a refrigerar ou pode-se localizar numa passagem de circulação de ar que comunica com os espaços referidos.

Os sistemas de expansão direta são aqueles que no seu ciclo de refrigeração têm os seguintes componentes:

- Compressor;
- Evaporador;
- Válvula de expansão;
- Condensador.

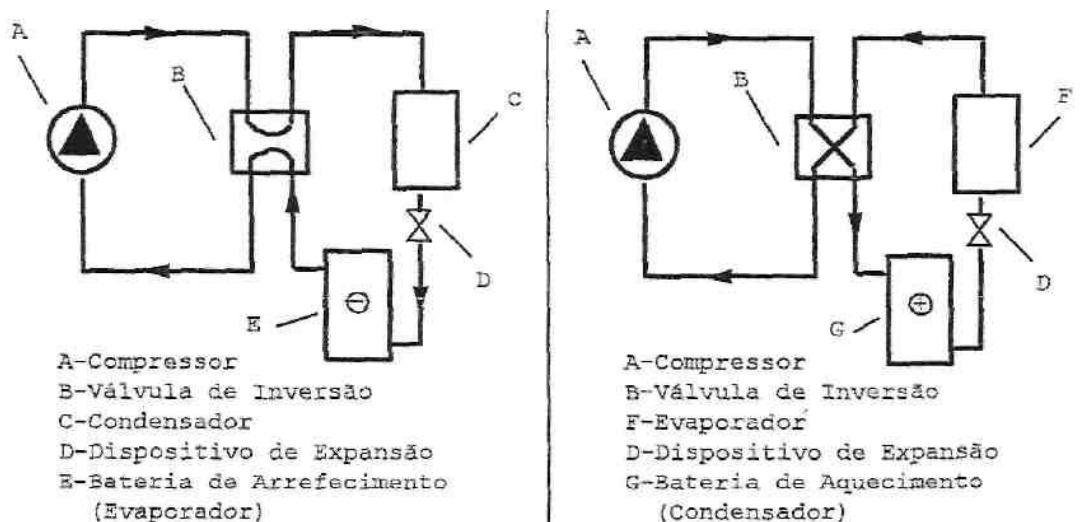


Fig.3.10- Bomba de calor reversível, (a) arrefecimento, (b) aquecimento (Flávio chaves, 2009)

O sistema retratado na figura 3.10 representa um sistema de expansão direta que é normalmente utilizada em edifícios. Neste, o elemento (E) pode tomar o papel de evaporador caso seja necessário arrefecer o ar ambiente ou de condensador caso seja necessário aquecê-lo. No primeiro caso pretende controlar a temperatura de uma zona específica. Neste, o ar é desumidificado e o calor que é retirado no evaporador tem uma fração não controlada de remoção de carga térmica latente da zona que se pretende arrefecer.

No sistema da figura 3.10 (b), a bateria (E) passa a ter o papel de condensador, e obtém-se um ciclo frigorífico invertido, isto é, neste processo o objetivo é ter calor.

A troca de calor no evaporador, assim com a energia do compressor é enviada para a bateria interior para elevar a temperatura do escoamento de ar. Por outras palavras, no equipamento em que se dá o arrefecimento de expansão direta, o ar exterior é arrefecido e humidificado de forma direta, isto é, o vapor está em contacto direto com o espaço a refrigerar. Este tipo de equipamento é constituído por elementos de troca de calor, como por exemplo, serpentinas de tubos ou de alhetas. Neste elemento, o fluido frigorígeno (primário) dá-se no “circuito” e é evaporado com a finalidade de arrefecer a matéria. Se não houver transferência de calor para o ambiente, o processo é adiabático, pois o ar perde calor sensível e ganha calor latente.

Este tipo de sistemas é aplicado em locais de ambiente húmido, como supermercados e lojas. Algumas vantagens destes sistemas são as seguintes: (Chaves, 2009; Baptista *et al*, 2007; Martinelli, 2003)

- Não necessitar de equipamentos auxiliares;
- Equipamentos de ruídos estarem na casa das máquinas;
- Haver distribuição homogénea do ar pelo ambiente.

### 3.2.2 Expansão indireta

Num sistema de expansão indireta são utilizados dois fluidos diferentes - fluido primário e fluido secundário. O fluido primário, é mantido em separado do fluido secundário. Este fluido secundário é arrefecido por um processo evaporativo, ou seja, este sistema é a base de um permutador de calor. Na figura 3.11 está esquematizado um sistema de expansão indireta.

Este tipo de sistemas é normalmente utilizado em instalações de grande porte onde o custo da instalação desse sistema é compensado pela redução do custo de manutenção.

As vantagens desse sistema são as seguintes: (Chaves, 2009; Baptista *et al*, 2007)

- Baixo consumo de energia.
- O controlo de temperaturas pode ser feito por zonas ou de forma individual.
- Utilizado quando existe grandes cargas térmicas.
- Facilidade de manutenção.
- Permite utilizar controlos de capacidade e temperatura com maior precisão.

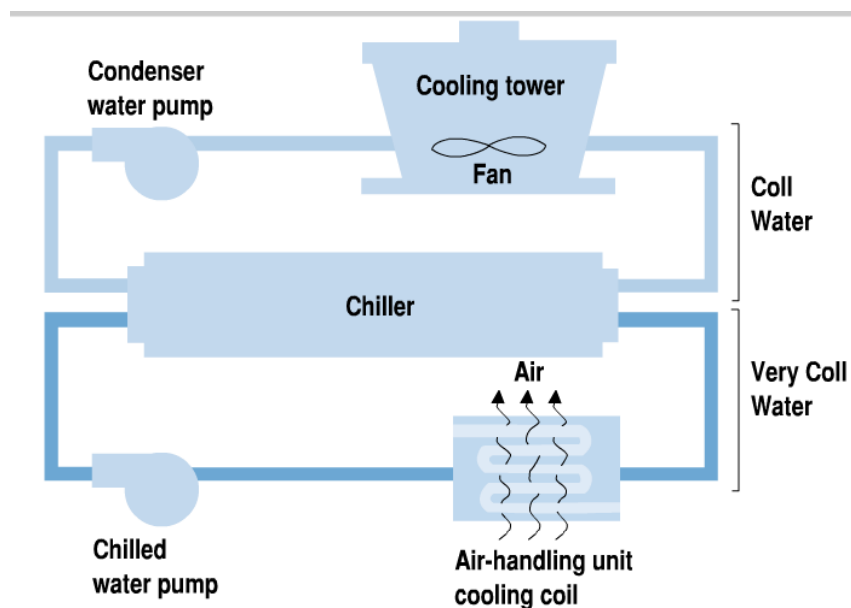


Fig.3.11-Expansão indireta (<http://www.adriatic.com.br/servicos.swf>)

### **3.3 Utilização da energia na indústria dos laticínios**

A maior parcela de consumo de energia elétrica nas indústrias do setor lácteo são as forças motrizes, que são utilizadas para o acionamento de motores elétricos, podendo chegar a uma percentagem de 89% do consumo global. Da energia consumida, uma parte considerável é perdida, tanto no processo de conversão de energia elétrica em mecânica, como nos movimentos de transmissão, como por exemplo redutores e correias.

A eficiência de um motor elétrico indica a capacidade em converter a energia elétrica absorvida da rede em energia mecânica. As perdas associadas aos motores podem ser: perdas elétricas que surgem na circulação de corrente pelos enrolamentos do motor, pela dissipação de calor que é originada pela circulação da corrente elétrica, pelos enrolamentos do estator e necessárias componentes de ventilação, perdas mecânicas que resultam da rotação atribuída pelo atrito, podendo se verificar em rolamentos.

Numa indústria em que se utilize sistemas de frio, estes podem chegar a ter um peso de 35% do consumo global de energia elétrica. Através da otimização dos sistemas de refrigeração pode-se tirar melhor partido do uso de energia em função da produção. Sendo importante haver cuidados especiais desde a projeção, até à instalação e manutenção.

A iluminação pode representar cerca de 6% do consumo global, mas é possível diminuir esse valor. Para tal basta ter um uso racional no tipo de lâmpadas utilizadas, optando pelas mais eficientes com uma maior relação (Lúmen/watt). De forma a racionalizar a energia, a iluminação só deve estar presente em locais de absoluta necessidade e quando necessário. Também podem ser aplicadas outras medidas como utilização de telhas transparentes, instrução aos empregados de modo a desligar as luzes, evitar pintar tetos e paredes de cor escura, manter as iluminações limpas, e se possível, programar os serviços de modo a estarem todas a máquinas a trabalhar em simultâneo (Lawder, 2012).

#### **3.3.1 Unidades compactas**

As unidades compactas são mais conhecidas na indústria alimentar por secadores. Este tipo de aparelhos são normalmente em aço inoxidável e para o seu funcionamento são necessários: corrente elétrica, esgotos e condutas de ar. Este tipo de secadores pode ter convecção natural mas, neste caso, são pouco eficientes e com secagem fraca, ou então com convecção forçada e devidamente projetado. São normalmente utilizados para secagem de produtos sensíveis e delicados, a baixas temperaturas. Os produtos que se pretendem secar são normalmente expostos em tabuleiros para aumentar a superfície exposta. Numa unidade compacta é muito importante assegurar que 100% do fluxo do ar seja escoado, durante o processo de secagem. Ao longo do processo de limpeza do ar, o fluido circula pelo sistema e é aquecido gradualmente.

É importante referir que os secadores devem ter características de segurança especiais, caso qualquer parte do ciclo de secagem falhe. Algumas das características de segurança são as seguintes:

- Cada compartimento tem que ter ventiladores separados de abastecimento e de exaustão e um painel de alívio de explosão;
- A velocidade das pás de extração do exaustor deve ser 25 m/s para pás inclinadas para a frente, 35 m/s para pás radiais e 38 m/s para as de inclinação para trás;
- Ao alterar-se o fluxo de ar tanto na insuflação como na extração, o sistema deve desligar os ventiladores e a bobina de aquecimento deve disparar o alarme.

Deve haver um controlador de temperatura, para quando esta for elevada, ai o canal de abastecimento deve ser fechado, e a bobine de aquecimento deve disparar o alarme (ASHRAE HVAC,2007).

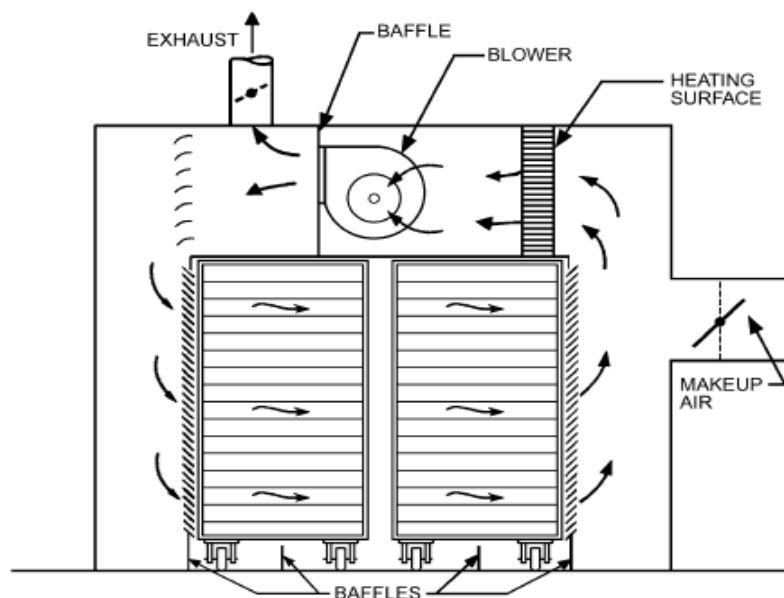


Fig.3.12-Secador de compartimentos (ASHRAE HVAC,2006)

Na figura 3.13 está representado o aspeto deste tipo de equipamento. Com aparelhos deste tipo pretende-se diminuir o tempo de secagem do produto, em relação aos métodos tradicionais. A disposição das condutas de ar é feita de forma a reproduzir os processos naturais de secagem, figura 3.14 (Simia soluções termicas).



Fig.3.13-Unidade compacta (Simia soluções termicas ).

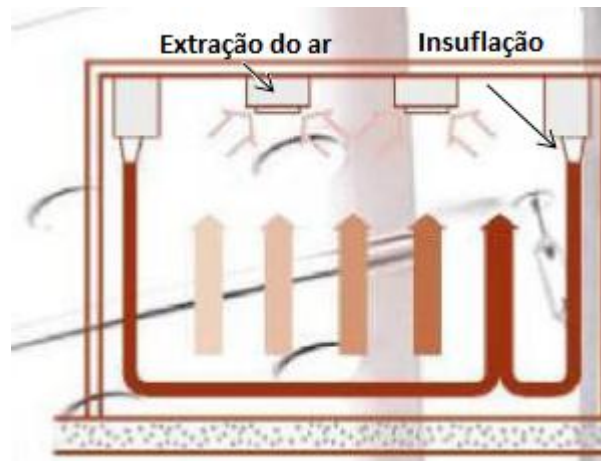


Fig.3.14- Insuflação e secagem de uma unidade compacta (Simia soluções termicas )

Outros elementos que não pertencendo ao ciclo de refrigeração, mas que são muito importantes no sistema de frio, são: ventiladores para se obter uma maior taxa de transferência de calor. Os ventiladores podem ser de dois tipos: Axiais - caso o caudal tenda em seguir na direção paralela à dos ventiladores e Centrífugo onde a admissão do fluido é feita axialmente e a descarga radialmente.

Para além dos ventiladores existem equipamentos de regulação e controlo como os termóstatos, pressostatos, e higróstatos. Estes sensores tem o fim de avaliar as alterações de propriedades do fluido no ponto de leitura, para tal o seu posicionamento é muito importante (Baptista *et al* ,2007).

### 3.3.2 Tanques de refrigeração

São normalmente utilizados tanques de refrigeração nas indústrias de lacticínios que tenham um ciclo de produção, recebam matéria-prima (leite), processem, embalam e por fim vendam o seu produto final.

Normalmente o leite é recebido mais rapidamente do que é processado. Então este tipo de indústria tem de ter uma ampla capacidade de armazenamento, além disso, por vezes, na época de maior produção é necessário ter algum leite de reserva, para o caso de faltar.

Em norma o tamanho destes tanques variam dos 4m<sup>3</sup> até aos 230 m<sup>3</sup>. O seu isolamento é aço inoxidável. Existem normas construtivas sobre os isolamentos a utilizar neste sistema “normas 3-A”. Estas normas visam criar um sistema isotérmico, para tal têm em conta dois fatores climatérios: evitar no máximo o aquecimento do leite quando a temperatura exterior é maior que a da matéria-prima; evitar o congelamento da matéria-prima.

Durante o processo de armazenagem é necessário agitar o leite para que a distribuição das gorduras lácteas sejam uniformes. Essa agitação deve ser feita lentamente e continuamente, e normalmente é acionada por um motor elétrico.

Estes sistemas são constituídos por: um tanque devidamente isolado, um sistema de refrigeração, um sistema de lavagem e um motor elétrico que aciona o agitador (ASHRAE refrigeration,2006).

Do catálogo do grupe “Serap” foi retirado um esquema do modelo First 6000.se. Este modelo é adequado à refrigeração do leite.

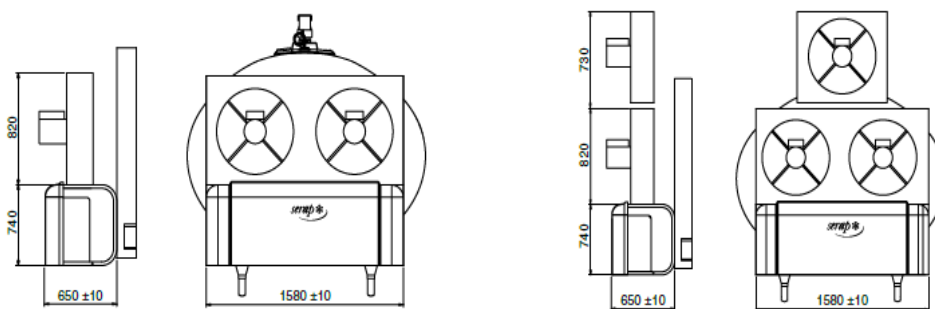


Fig.3.15-Tanque de refrigeração First 6000.se. (Catalogo Serap).

O sistema de tanque de refrigeração pode-se dividir em dois grupos, sendo eles,

- Máquina frigorífica permanente;
- Cuba isolada dividida com duas paredes para que haja trocas de calor entre o leite e o fluido frigorígeno.

Por sua vez, dentro dos tanques podem-se encontrar diversos componentes para que a refrigeração do leite seja feita sem qualquer contaminação e da forma mais eficiente possível.

O aspeto exterior de um tanque pode ser horizontal (figura 2.9) cilíndrico ou semi-cilíndrico. Pode ser feita de vários materiais, desde que seja rígido e resistente à corrosão. No seu interior, as características são muito importantes visto que é a superfície em contacto com o leite. Normalmente o material utilizado é aço inoxidável com 18% de cromo, 10% de níquel e 0,06 de carbono. A utilização do alumínio não será a mais correta por motivos de higiene. O material utilizado deve ter uma boa condutibilidade térmica e não pode sofrer deformações nem ser corrosivo. A sua superfície deve ser o mais lisa possível e ter ângulos arredondados de

forma a permitir uma limpeza correta. O seu fundo deve estar concebido para que o líquido (leite) possa escoar sem qualquer interferência. A abertura não é isotérmica mas deve impedir a entrada de águas e de todo o tipo de insetos. As soldaduras devem ser tratadas com bons polimentos para evitar contaminações.

O seu isolamento deverá garantir que, caso o tanque esteja cheio e a temperatura exterior seja de 32°C, a temperatura do leite não exceda os 4°C. Caso este esteja em repouso absoluto a temperatura do produto não deverá aumentar mais que 1°C num espaço de doze horas. Por fim, os construtores de tanques deverão ter a preocupação de que o isolamento não crie pontes térmicas entre as duas cubas.

O sistema de frio pode ser de expansão direta ou indireta. No primeiro caso o fluido frigorígeno circula no espaço entre a parede interior e exterior do tanque ou dentro de uma serpentina que está dentro do tanque. Normalmente o evaporador está perto do tanque de refrigeração. No interior do tanque existe um termostato que liga ou desliga o compressor e o agitador. Em relação ao fluido de trabalho, as suas temperaturas variam conforme o fluido mas por norma para que o leite esteja a 4°C a temperatura do fluido deverá andar na gama dos -5°C. Caso o sistema seja de expansão indireta é parecido, variando apenas o fluido de trabalho no tanque. Este fluido secundário, por norma, é água. Por vezes podemos encontrar alguns sistemas com acumuladores de gelo que permitem baixar a temperatura do leite de forma muito rápida.

Se compararmos os dois sistemas, verificamos que ambos têm desvantagens e vantagens. Num sistema direto, o compressor funciona apenas quando existe necessidade de refrigeração. É um sistema com grande carência energética e a sua grande desvantagem é que ao funcionar num ciclo produtivo, nas horas de pico, pode provocar o corte de correntes e por consequência interagir com a qualidade do leite. A sua principal vantagem é não ter que utilizar bomba de água para retirar a formada pelo gelo.

Nos sistemas indiretos, o compressor trabalha mais tempo, mas este são, normalmente, de menor potência. Como em grande parte deste sistema se utiliza gelo, pode-se tentar ajustar o sistema para que este consuma energia elétrica nas horas de vazio. Por outro lado, em caso de avaria do sistema, o gelo conserva o leite dentro dos tanques a temperaturas desejadas durante algum tempo, podendo o utilizador recorrer a um plano para não entregar a matéria-prima.

Dentro do tanque podem-se encontrar alguns acessórios fundamentais para o processo de conservação do leite, tais como:

- Níveis;
- Termostato;
- Agitador;
- Termómetro;
- Torneira.

O nível ou medidor é um instrumento muito importante, pois permite saber a quantidade de leite que existe no tanque de refrigeração. Caso este instrumento esteja mal colocado, pode ser um grande problema, por essa razão deve ser colocada de forma fixa e na vertical. Um pormenor muito importante é que a instalação do tanque não deve ser feita num local de inclinação, pois os resultados da sonda não serão corretos.

O termostato tem o papel de regulação de temperatura, deverá ser sensível preciso e fiável. O pormenor mais importante é sua localização, que deve ser no local mais crítico, isto é, onde a variação de temperatura seja mais iminente.

O agitador é acionado por um pequeno motor elétrico que normalmente está colocado em cima do tanque devidamente protegido da humidade e corrosões. A haste pode ter várias formas: pode ter uma ou duas pás conforme a dimensão do tanque. A sua velocidade de rotação varia entre os 20 e 40 rpm e deverá evitar projeção de leite e que haja formação de espuma. O agitador deverá apenas funcionar quando o volume de leite no tanque esteja entre os 10 e 100 %. Em alguns casos o agitador por ser utilizado para auxiliar a limpeza do equipamento sendo que, neste caso, a velocidade de rotação deverá andar na ordem das 1000 rpm.

O termostato serve para controlar a temperatura do leite a qualquer momento da refrigeração, desde que o volume de leite do tanque varie entre os 10 e 100%. O erro máximo atribuído a este equipamento é de 1 °C no intervalo de 2 a 12 °C caso a temperatura do meio exterior varie entre -10 a 32 °C.

A torneira é essencial para eliminar todos restos das enxaguadelas e das limpezas (Weber et al. 1985).

Para o arrefecimento, é comum a utilização de dois tipos de sistema de camisa e serpentina, respetivamente figura 3.16 a e b.

As camisas permitem trocas de energia entre paredes externas e o fluido de arrefecimento, as serpentinas são colocadas em contacto com a mistura.

O sistema de lavagem é feito com água quente podendo ou não ser aquecido através de aproveitamento de calor, do sistema de refrigeração (Cameirão et al, 2003).

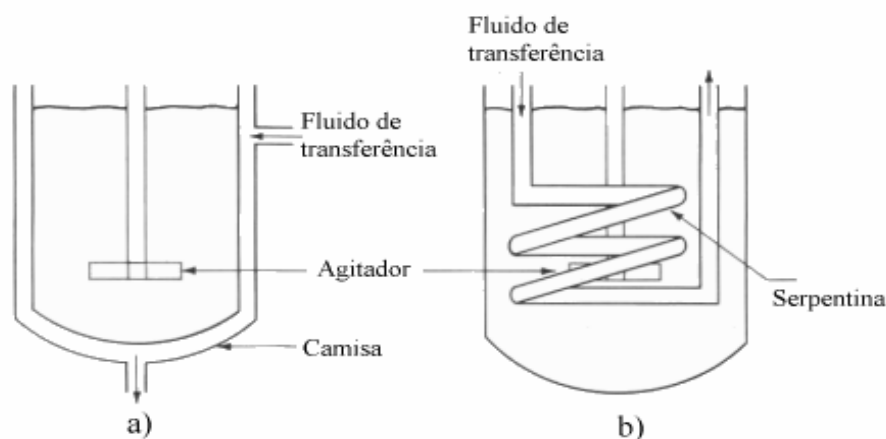


Fig.3.16-Tipos de arrefecimento de tanques (Cameirão et al, 2003).

### 3.3.3 Sistema de ar comprimido

Um sistema de ar comprimido é constituído por vários subsistemas e vários subcomponentes, tais como motores: compressores, acionamentos, controlo, equipamentos de tratamento de ar, reservatórios, que podem ser observados na figura 3.17.

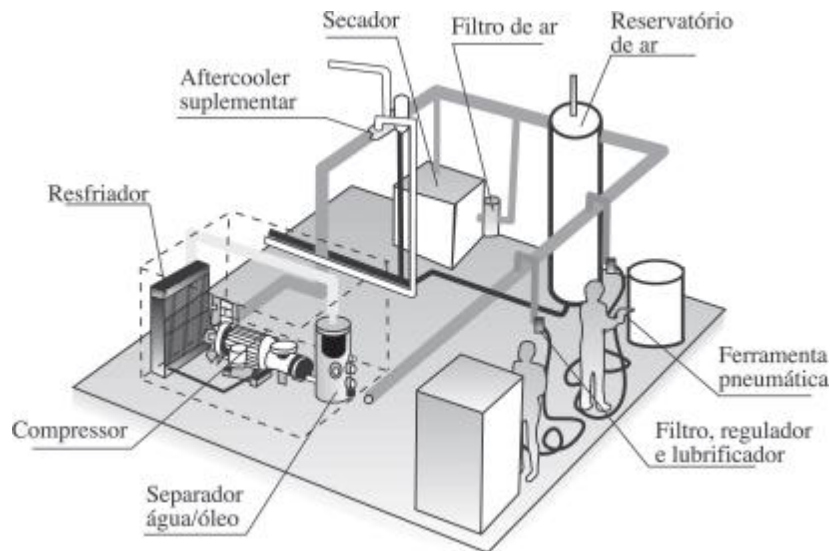


Fig.3.17-Esquema de um sistema de ar comprimido ( Metalplan, 2010).

O compressor é o elemento mais significativo neste sistema. É um elemento mecânico que capta ar ambiente e aumenta a sua pressão, elevando a sua temperatura e diminuindo a densidade do ar. No fim, estas mudanças provocam uma alteração de massa aspirada pelo mesmo. Por norma o compressor transforma energia elétrica em energia pneumática. Os motores elétricos fornecem a energia necessária para o funcionamento dos compressores. O sistema de controlo tem como função controlar a quantidade de ar comprimido que está a ser produzido. Os equipamentos de tratamento de ar têm por função remover todas as contaminações.

Depois do ar ser comprimido segue para um tanque de armazenamento. Aqui o ar chega limpo, seco e estável. Normalmente numa indústria existem diversos equipamentos que funcionam a ar comprimido. Para tal, o reservatório de ar comprimido tem que ter diversas linhas de distribuição que, por norma, operam a pressões diferentes, dependendo da pressão requerida pelo aparelho. Estas linhas de distribuição têm diferentes tipos de válvulas de isolamento e de regulação de pressão.

Num sistema de ar comprimido é muito importante avaliar as perdas, pois estão diretamente ligadas à eficiência do equipamento. Na figura 3.18 está representado um gráfico com as perdas características de um sistema de ar comprimido (Rocha, 2011; Metalplan 2010).

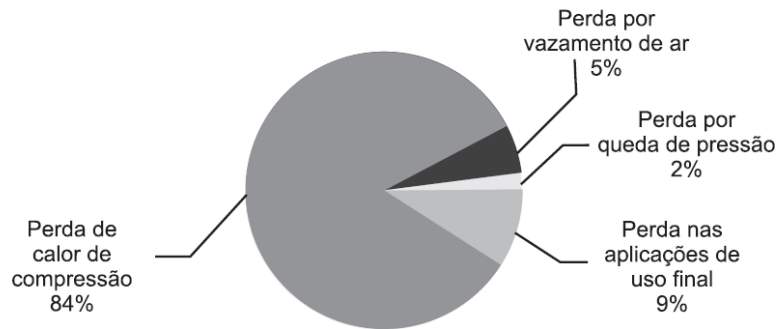


Fig.3.18- Perdas características de um sistema de ar comprimido (Metalplan, 2010).

### 3.4 Auditorias energéticas

Uma auditoria consiste numa abordagem de todos os aspetos relacionados com a utilização de energia. Por outras palavras, pode-se definir como sendo um exame detalhado das condições de utilização de energia numa instalação, quer seja doméstica ou industrial. O objetivo de uma auditoria é a caracterização energética de uma determinada instalação e dos equipamentos instalados, assim como a identificação e estudo das medidas com viabilidade técnica e económica.

Fazem parte de uma auditoria os seguintes pontos:

- Avaliar o desempenho dos sistemas de geração, transformação e utilização de energia;
- Relacionar o consumo de energia com a produção da indústria;
- Estabelecer quantitativamente as potências medidas;
- Quantificar os consumos energéticos por setor;
- Fazer análise técnica e económica das soluções encontradas;
- Propor um plano operacional.

A auditoria deverá ser realizada pelo perito devidamente qualificado, enquadrado legalmente pelo decreto de lei N°78/2006.

As auditorias podem distinguir-se em dois grupos: auditorias simples e auditorias complexas. Cada uma delas subdivide-se em dois subgrupos. A elaboração da auditoria depende do objetivo requerido, sendo que normalmente a auditoria simples é suficiente para que seja cumprida a legislação, mas caso o objetivo seja obter a melhor solução técnica e económica deverá ser feita uma auditoria complexa.

Em termos legislativos é de salientar que o decreto de lei n°71/2008 obriga à realização de uma auditoria energética de seis em seis anos, nas instalações com consumos igual ou superiores a 1000tep/ano sendo que a primeira auditoria deve ser realizada nos primeiros quatro meses de registo.

Nas empresas com consumos superiores a 500tep/ano mas inferiores 1000tep/ano, a primeira auditoria deve ser realizada no primeiro ano de registo, e depois de oito em oito anos (Silva,2010).

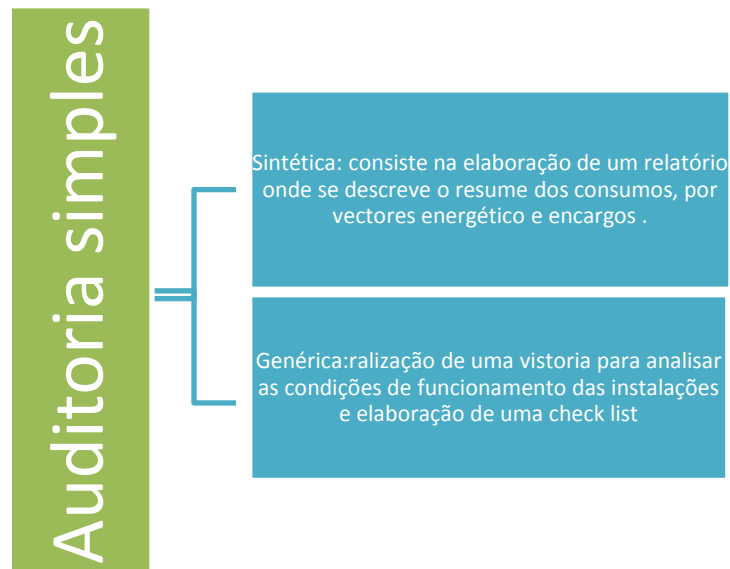


Fig.3.19-Descrição do tipo de auditorias simples (Silva, 2010).

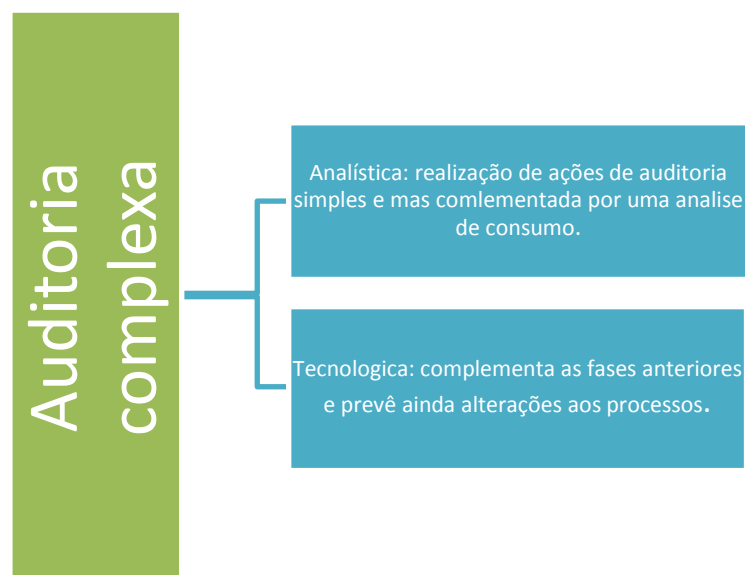


Fig.3.20-Descrição do tipo de auditorias complexa (Silva,2010).

Algumas das vantagens mais importantes das auditorias:

- Redução da fatura elétrica;
- Caracterização e quantificação das formas de energia;
- Avaliação dos sistemas de energia;
- Quantificação dos consumos;
- Menor impacto ambiental;

- Identificação rápida da necessidade de manutenção;
- Menores custos associados à manutenção;
- Contribuição para a redução das dependências energéticas nacionais;
- Adaptação do sistema de tarifárias às condições de funcionamento.

As desvantagens são:

- O prazo do retorno do dinheiro pode não ser imediato;
- A implementação do respetivo plano pode ter custos elevados.

Na figura 3.21, está presente uma tabela com uma proposta de melhoria. Nesta tabela estão representados três combustíveis utilizados por uma empresa (eletricidade, gás e gasóleo) e os consumos, emissões de CO<sub>2</sub> e os custos anuais associados aos três combustíveis. Em baixo estão descritas algumas propostas possíveis a utilizar com a poupança associada. (Silva,2010),

Situação de partida (valores anuais)	Consumos	Emissões ton.CO <sub>2</sub> eq	Encargos euros
<b>•Consumo anual de energia</b> (eléctricidade, gás e gasóleo)	471 tep	771	156.000

Soluções propostas	Consumos evitados	Emissões evitadas	Poupança euros	Investimento	
				euros	payback (anos)
<b>•Propostas para Eficiência Energética e Otimização tarifária</b>	447 MWh/ano	196	51.000	95.000	1,9
<b>•Conversão de combustíveis para gás Natural e otimização tarifária</b>	17% dos combustíveis	15	5.400	40.000	7,5
<b>•Proposta de sistema Solar Térmico</b>	4760 m <sup>3</sup> de gás natural/ano	12	2.000	16.000	8,0
<b>•Proposta de sistema Solar Fotovoltaico</b>	7,5 MWh/ano (produção)	5	4.000	25.000	6,1
<b>Total anual</b>		<b>228</b> (até 30%)	<b>62.400</b> (até 40%)	<b>176.000</b>	<b>2,8</b>

Fig.3. 21Exemplo de benefícios económicos resultantes da auditoria (Silva,2010).

### 3.5 Nota conclusiva

Este capítulo tem por base explicar o ciclo de refrigeração e os seus principais elementos que o constituem. Ao longo deste, faz-se a abordagem de alguns equipamentos utilizados na indústria dos lacticínios.

No capítulo seguinte será feita uma caracterização sucinta da unidade industrial e dos processos produtivos.

## Capítulo 4

### Caracterização de uma unidade industrial

Neste capítulo é explicado sucintamente o fabrico de queijos da Serra da Estrela. Descreve-se também a empresa onde foram realizados as medições para a análise experimental e caracterizam-se alguns equipamentos.

#### 4.1 Descrição da unidade industrial

Trata-se de uma empresa familiar que fabrica queijos e requeijão e utiliza leite puro de ovelha como matéria-prima. Está situada na região da serra da estrela, no concelho de Seia.

O clima na região de Seia é temperado. O concelho de Seia é classificado como I3 (inverno rigoroso) e um verão V2 (verão com temperaturas medias), esta informação pode ser vista na figura 4.1e tabela 4.1 (Camelo S.,2006).

Tab.4. 1- Distribuição dos concelhos de Portugal segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência (Camelo S.,2006).

CONCELHO	Zona Climática Inverno			Zona Climática Verão		
		Nº Graus dias (GD) (°C.dias)	Duração estação aquec. (meses)		Temp <sup>a</sup> ext. projecto (°C)	Amplitude térmica (°C)
ABRANTES	I2	1630	6,0	V3	36	17
ÁGUEDA	I1	1490	6,7	V1	31	12
AGUIAR DA BEIRA	I3	2430	7,3	V2	32	13
ALANDROAL	I1	1320	6,0	V3	36	17
ALBERGARIA-A-VELHA	I1	1470	6,3	V1	30	11
ALBUFEIRA	I1	1130	5,3	V2	33	14
ALCÁCER DO SAL	I1	1240	5,3	V3	35	16
ALCANENA	I2	1680	6,0	V2	33	14
ALCOBAÇA	I2	1640	6,3	V1	29	10
SANTIAGO DO CACÉM	I1	1320	5,7	V2	32	14
SANTO TIRSO	I2	1830	7,0	V2	32	13
SÃO BRÁS DE ALPORTEL	I1	1460	5,3	V2	33	13
SÃO JOÃO DA MADEIRA	I2	1670	6,7	V1	30	11
SÃO JOÃO DA PESQUEIRA	I3	2310	7,0	V3	34	15
SÃO PEDRO DO SUL	I2	2000	7,3	V2	32	13
SARDOAL	I2	1830	6,0	V3	36	17
SÁTÃO	I3	2310	7,3	V2	32	14
SEIA	I3	2520	7,7	V2	32	14
SEIXAL	I1	1130	5,3	V2	32	11
SERNANCELHE	I3	2600	7,0	V2	33	14

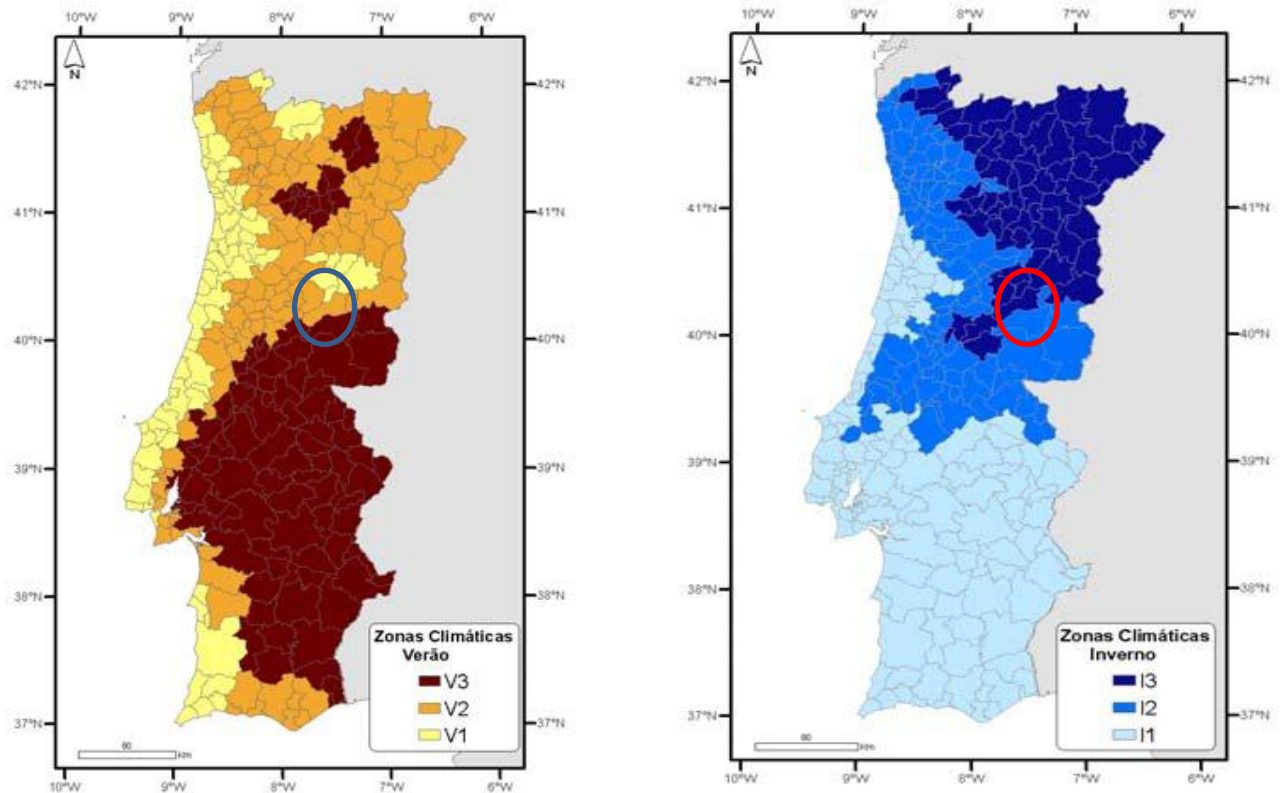


Fig.4.1- Mapa da distribuição dos concelhos de Portugal segundo as zonas climáticas e correspondentes dados climáticos de referência (Camelo S.,2006).

A empresa iniciou a sua atividade em 1982, tendo desde então sofrido algumas reestruturações administrativas, e melhoramentos de instalações e maquinaria. O seu horário de funcionamento é das 8 horas e 30 minutos as 18 horas e tem neste momento 31 empregados. Produz queijos para grandes superfícies nacionais. 5% do seu volume de negócios deve-se a exportações para países como a França, Luxemburgo, e há pouco tempo começou a apostar no mercado do Brasil.

As suas instalações têm cerca de 1200 m<sup>2</sup>. Para o processo de transformação são necessários os seguintes espaços: um cais, onde é recebida a matéria-prima; uma sala de fabricação do queijo; uma sala de fabricação de requeijão; uma sala para a salga; um laboratório de testes; uma sala para acondicionamento e rotulagem; um cais de expedição do queijo; um cais de expedição do requeijão; três câmaras de cura; duas de frio; uma câmara de congelação e uma câmara de requeijão. No exterior da unidade fabril, existe ainda um anexo onde está guardado o compressor; outro anexo onde se situa a caleira; uma sala de lavagem de roupa; um permutador de calor e, por fim, fora das instalações mas mesmo ao lado uma estação de tratamento de lamas, ETAR.

Para o funcionamento das duas divisões desta unidade fabril, são necessários dois tipos de energia: energia elétrica e gás natural. O tarifário de energia elétrica contratado é MTB-Medias tetra-Horária, tendo de potência instalada de 250 kVA. O gás natural, fornecido pela

Galp energia, serve para alimentação da caldeira de vapor com capacidade de 620kWh, e pressão de serviço 7 bar.

## 4.2 Descrição ao longo do processo produtivo

### 4.2.1 Queijos

Na receção da matéria-prima, o leite é armazenado em tanques refrigerados específicos. Este chega sempre refrigerado, caso contrário não é aceite. Se o transporte for feito por uma transportadora, a bombagem para os tanques é feito pelo próprio sistema do veículo. Caso a recolha seja feita pelo veículo da empresa, é necessário utilizar uma bomba portátil de 1,12 kW. Em épocas de campanha, de Outubro a Junho, a queijaria recebe leite 4 dias por semana (domingo, segunda-feira, quarta-feira, sexta-feira). Este leite pode estar armazenado no máximo durante dois dias. Os tanques têm a particularidade de terem um sistema de lavagem após a sua utilização. A empresa tem cinco tanques deste tipo, a figura 4.2 mostra-nos um dos exemplos. Na tabela 4.2, estão descritas as respetivas capacidades. É importante referir que o tanque nº4 não é muito utilizado, só mesmo em caso de muita produção.

No seu interior os tanques de refrigeração apresentam um pequeno agitador (figura 4.5), que está ligado no seu exterior a um motor de cerca de 0,37 kW (chapas muito degradadas). Estes agitadores servem para que a nata não se separa do leite e para o evitar que o leite mude de estado (INETI,2001).

Tab.4.1- Capacidade dos tanques.

Número do tanque	Capacidade (l)
1	3000
2	4900
3	11000
4	1000
5	10500

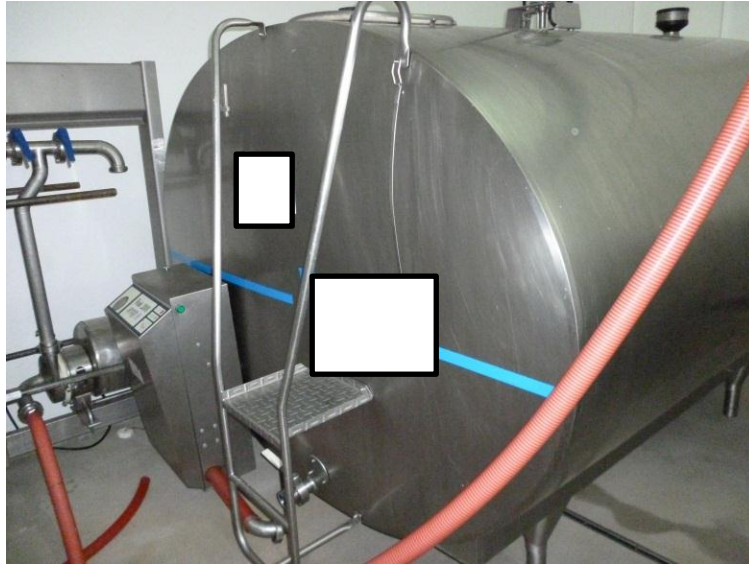


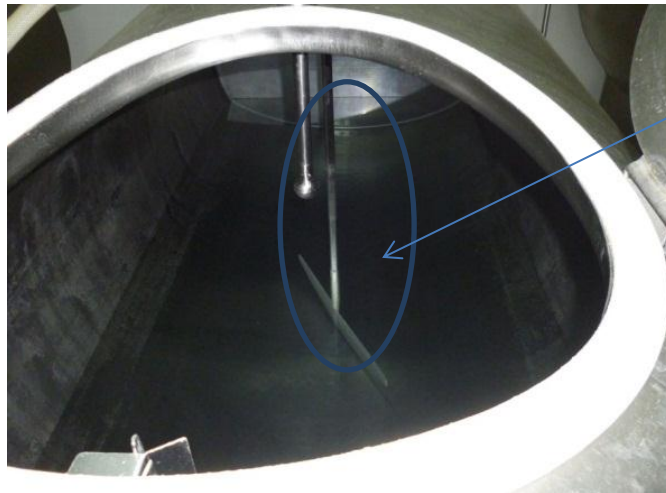
Fig.4.2-Tanque para refrigeração do leite.



Fig.4.3-Pormenor da entrada da água nos tanques para lavagem.



Fig.4.4-Grupo de condensadores para os tanques.



Agitador

Fig.4.5-Agitador no tanque de refrigeração.

Quando se inicia o processo de fabrico de queijo, o leite sofre um pré-aquecimento (termização) num permutador de placas (figura 4.6). Este permutador data de 1989, e funciona na gama de temperaturas de 10°C a 130°C. A sua pressão de serviço é de 13 bar e tem uma capacidade volumétrica de 111,6 litros.



Fig.4.6-Permutador de placas.

Daqui, o leite é bombeado para duas cubas onde se vai dar a coagulação e o corte da coalhada. Existem duas cubas deste género com as respetivas capacidades de 3000 litros e 2400 litros. Estas cubas são aquecidas através de uma camisa de água. Estes dois processos têm uma duração de cerca de uma hora e meia, e é efetuado pelo menos quatro vezes por dia. Durante cerca de meia hora o leite é aquecido e mexido através de duas pás (figura 4.7 e 4.8) que são acionadas por um motor elétrico de 0,37 kW.

Passado uma hora e meia, procede-se ao corte da coalhada, nas mesmas cubas. Manualmente são removidas as 2 pás, e são montadas outras em espécie de grelha para se proceder ao corte da coalha.



Fig.4.7-Pás aplicadas nas cubas de aquecimento.



Fig.4.8-Corte do coalho.

O próximo passo é o dessoramento e o enchimento dos moldes do queijo. A máquina que tem esta tarefa é chamada de dosificadora. O coalho e o soro são enviados das duas cubas para a dosificadora. Nesta máquina acontece a separação da coalha e do soro (figura 4.10).

É neste passo que também se seleciona o peso do produto final. A máquina é composta por dois moldes- um de meio quilo ou de quilo e meio. A coalha é enviada para a dosificadora; os moldes são cheios até que atinja a sonda. Nesse momento, essa parte do sistema é desativado logo depois, inicia-se a segunda parte que é o enchimento automático. A coalha cai por gravidade para os moldes até encontrar as formas do queijo. Tendo a forma cheia, a máquina coloca a tampa na mesma e segue para a prensa, através de um tapete rolante.

O soro que vem das cubas é armazenado no recipiente ao lado dos moldes, seguindo através de mangueiras para a sala de requeijão.

Molde

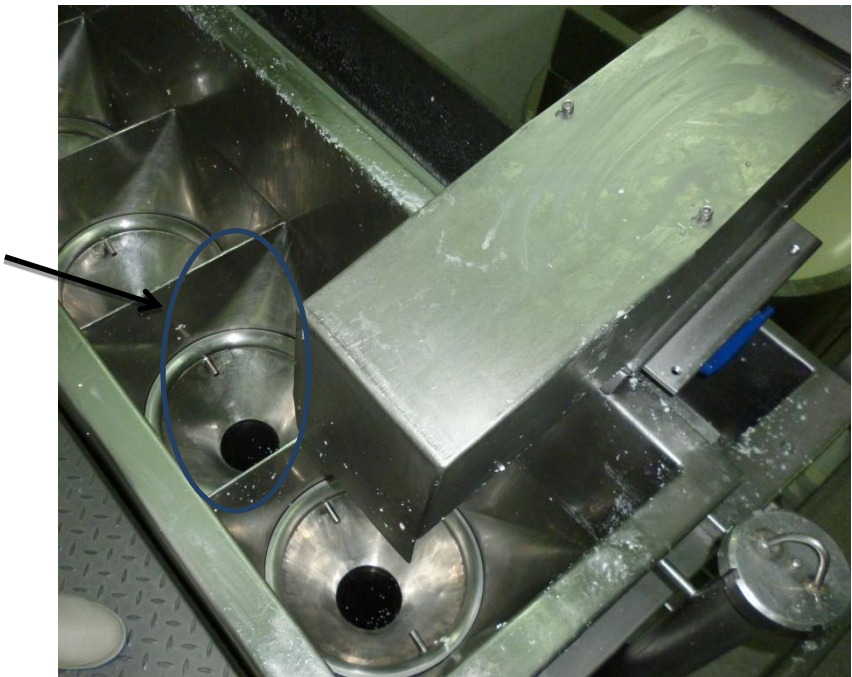


Fig.4.9-Moldes da dosificadora.

Sonda

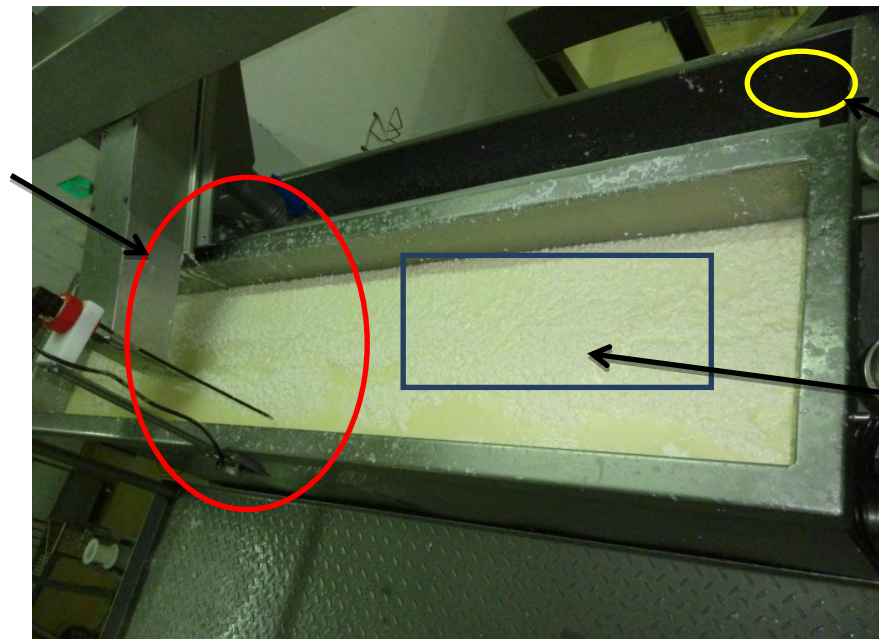


Fig.4.10-Dosificadora em funcionamento.

Depois das formas do queijo estarem devidamente fechadas com a tampa são inseridas uma a uma, manualmente, numa das três prensas (figura 4.11). Com a prensagem pretende-se expulsar o resto do soro e dar a forma e a textura desejada ao queijo. A prensagem deve ser progressiva e a pressão efetuada deve ser calculada por área do queijo.

A prensagem demora cerca de duas horas e é feita a uma pressão de cerca 2 kg-força por queijo. O seu funcionamento é por ar-comprimado, que neste caso é um sistema central.



Fig.4.11-Prensagem de queijo.

Ao terminar a prensagem, os moldes são retirados e inseridos na desmoldadora (figura 4.12). As tampas dos moldes são extraídas e o queijo desmolda-se por ar de baixa pressão. No fim, retiram-se os queijos sem os danificar nas máximas condições de higiene. Depois de os queijos estarem fora dos moldes, seguem através de tapetes rolantes para a sala da salga (figura 4.13) e os moldes são enviados para a máquina de limpeza onde serão lavados a uma temperatura entre os 40 e 50 °C (figura 4.14). O sistema da desmoldadora é também de ar comprimido.



Fig.4.12-Desmoldadora.



Fig.4.13-Queijos em direção da salga.



Fig.4.14-Fim de lavagens de moldes.

Ao chegarem à sala da salga, os queijos são postos manualmente com o auxílio de uma pá de madeira dentro do tanque de salmoura (figura 4.15). Este tanque tem uma capacidade de 9000 litros em que a água está à temperatura ambiente. A manutenção da salga é feita por filtração da água, que é normalmente, mudada uma vez por ano. A concentração de sal é verificada através de um hidrómetro (figura 4.16).

Como na época de verão a água atinge temperaturas um pouco altas no processo de fabrico, está a ser feito um estudo para inserir um sistema de refrigeração no tanque de salmoura.



Fig.4.15-Tanque de salmoura.



Fig.4. 16-Hidrômetro.

Para o processo de maturação existem 5 câmaras de frio para refrigeração e uma de congelação, no caso de ser necessário fazer *stock* do material (tabela 4.3).

Tab.4.2- Características das câmaras frigoríficas.

Tipo	Numero	Temperatura	Humidade	Capacidade media (toneladas)
Frio	1	6 /8 °C	98%	10 T
Frio	2	6 /8 °C	98%	
Frio	3	6 /8 °C	98%	
Frio	4	9/12 °C	88%	
Frio	5	9/12 °C	88%	
Congelação	6	-18°C		20 T

As figuras 4.17 e 4.19 mostram os *layouts* das três câmaras de primeira fase de cura. Em relação ao primeiro *layout*, é perceptível a posição do evaporador em relação à porta. A câmara da direita é de pequena dimensão. Os evaporadores são diferentes, pois esta câmara foi apenas construída para dar apoio à da esquerda, aproveitando uma sala de arrumos que não era necessária. No segundo (figura 4.19) está demarcado o evaporador em relação à porta. Esta câmara situa-se à esquerda da primeira referida.

Em todas as câmaras a iluminação é fluorescente, a sua construção em painel *sandwich*, o piso é em betão. Em termos de ganhos térmicos a porta é manual, fecho manual e não tem antecâmara climatizada.

Os dois sistemas de frio instalados nas câmaras de primeira fase de cura são unidades individuais de expansão direta. É de salientar que nesta primeira fase de cura os queijos são colocados em caixas de plástico como pode ser verificado na figura 4.18.

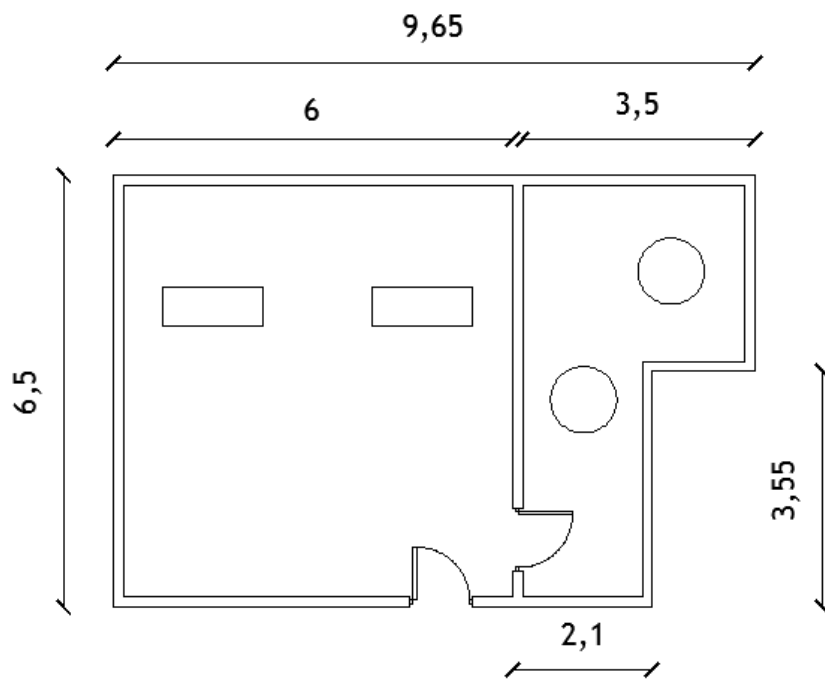


Fig.4. 17- Layout de duas camaras da primeira fase de cura (dimensões em m).



Fig.4. 18-Evaporador da câmara 1 fase de cura.

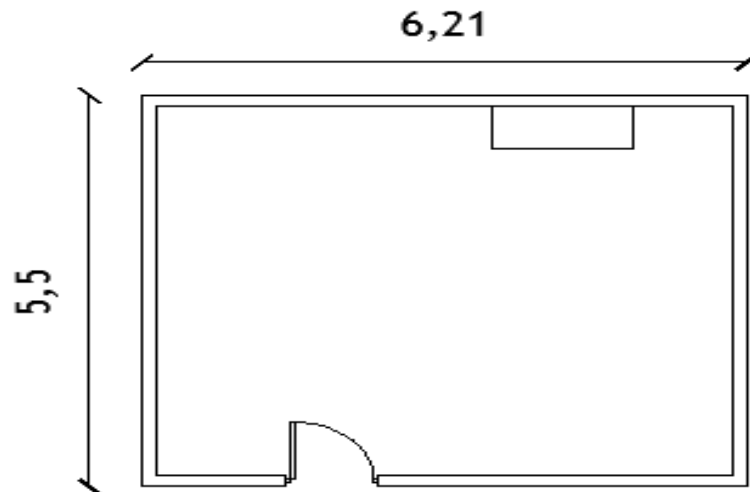


Fig.4.19-Layout da segunda câmara da primeira fase de cura (dimensões em m).



Fig.4.20-Evaporador da segunda câmara de primeira fase de cura.

A figura 4.21 mostra o *Layout* das câmaras de cura de segunda fase. As duas câmaras existentes são idênticas. Os sistemas de frio instalados são unidades compactas de expansão direta. Este sistema instalado não é totalmente adequado ao processo de fabricação sendo que, por vezes, para ajudar a secagem do queijo é ligado um ventilador de 360 W para auxiliar o processo. É importante referir que nesta fase, outro processo microbiológico de ajuda à maturação é a utilização de prateleiras de madeira (figura 4.22).

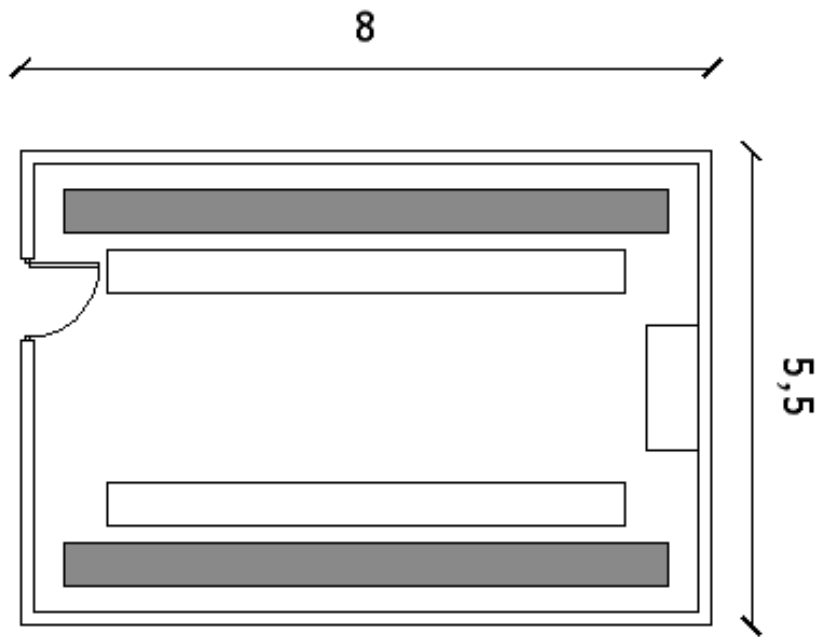


Fig.4.21- Layout câmaras de segunda fase de cura (dimensões em m).



Fig.4.22-Câmaras de segunda fase de cura.



Fig.4.23-Ventilador auxiliar.

Quando acaba a segunda fase de cura, por vezes os queijos criam uma camada de bolor, que é necessário retirar. A lavagem é feita numa máquina de lavagens (figura 4.24), onde corre água potável corrente para evitar contaminações e tem uns rolos com escova sempre em rotação.



Fig.4.24-Máquina de lavagens de queijos.

A figura 4.25 representa o *Layout* da câmara de congelação. Esta câmara é apenas utilizada para conservação de *stock*. A empresa tenta evitar o processo ao máximo para que o produto não perca a qualidade, visto que o queijo é um produto sensível. O sistema de frio instalado é uma unidade individual de expansão direta.

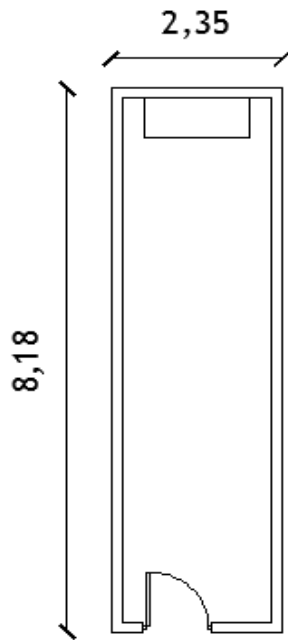


Fig.4.25- Layout da câmara de congelação (dimensões em m).



Fig.4.26-Pormenor do evaporador da câmara de congelação.

No anexo A, encontra-se o fluxograma do processo produtivo do queijo da Serra da Estrela, que é o mais significativo da indústria.

### 4.2.2 Requeijão

O soro do queijo é removido pela dosificadora e enviado através de tubagens para a sala de preparação do requeijão. Esta sala é constituída por quatro cubas aquecidas, cada uma delas com uma capacidade de mil litros. O aquecimento das cubas é da ordem dos 90°C e dura cerca de meia hora. A figura 4.27 mostra o enchimento de uma cuba com soro vindo da dosificadora.



Fig.4.27-Drenagem do soro para as cubas.

Quando a massa é obtida (massa pastosa) é retirada manualmente com a ajuda de uma escumadeira e são enchidos os açafates de plástico para obter forma, tamanho, e consistência (figura 4.28, 4.29). Este processo é completamente manual. Por fim, os requeijões são colocados em prateleiras de alumínio para que arrefeçam gradualmente e para que o requeijão seja escorrido (figura 4.30). No final é embalado e podendo tomar dois caminhos, ou segue logo para expedição ou para a câmara de requeijão.



Fig.4.28-Bancada de fabrico de requeijão.



Fig.4.29- Enchimento de açafates (Associação de Produtores de Queijos do distrito de Castelo Branco,2011).



Fig.4.30-Prateleiras de alumínio para que arrefeçam gradualmente.

A figura 4.31 mostra o *layout* da câmara de requeijão, onde se pode verificar o posição do evaporador em relação a porta. O sistema de frio instalado é uma unidade individual de expansão direta. A temperatura de armazenamento é de  $4/5$  °C, e leva cerca de duas mil unidades.

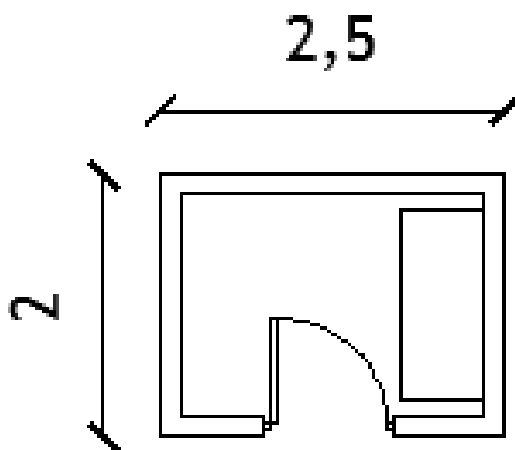


Fig.4. 31-Layout da câmara de requieijão (dimensões em m).



Fig.4.32-Câmara de requieijão.

No anexo B, encontra-se o fluxograma do processo produtivo do Requeijão.

### 4.3 Caracterização da fábrica

Nos seus 1200 m<sup>2</sup> podemos ver três cais: dois cais de expedição e um de recepção de matéria-prima. Na recepção de matéria-prima todos os tanques são refrigerados, os outros dois cais são respetivamente o cais do queijo da serra e o cais do requieijão- ambos refrigerados. Perto das portas do cais estão instalados electrocaçadores de insetos (figura 4.33). O sistema de frio instalado é uma unidade individual de expansão direta. A temperatura de armazenamento é de 12°C, e leva cerca de duas mil unidades. Em toda a volta da fábrica existem caixas para roedores.



Fig.4.33-Electrocaçadores e evaporador

Também em volta de toda a fábrica estão colocados os condensadores dos sistemas de frio. Alguns dos condensadores não têm qualquer tipo de proteção e algumas das tubagens não estão isoladas. Os condensadores dos tanques de receção do leite estão no chão, apesar de protegidos encontram-se em degradação, estando a perder o isolamento e algumas partes da estrutura apresentam corrosão. A figura 4.35 mostra o condensador de um tanque, com dois ventiladores de 650 W e está protegido através de um telheiro de chapas.

No interior da empresa existem nove sistemas de frio. Todos estão registados na agência portuguesa do ambiente, que dizem respeito a câmaras de frio, e cais refrigerados. A tabela 4.4 mostra a marca e algumas características dos respetivos aparelhos, exemplo de registo no anexo G.

Tab.4. 3- Características dos sistemas de frio.

Marca- modelo	Capacidade de refrigeração [kW]	Carga de fluido [Kg]	Gás utilizado
Frascola- D315	2,2	6	R-22
Frascola- F 728	5,5	9	R-404A
Centauro- Cbs-84v22cc.22	7,2	11	R-404A
Centauro- Cbs-44314-2v5.2	9,1	9	R-22
Centauro-	10	22	R-404A
Zanotti-521 418 <sup>a</sup>	1,1	1,29	R-22
Zanotti- SaS 335 T1 80F	3,7	6	R-404A

Zanotti- SaS 335 T1 80F	4	15	R-22
Zanotti- 814 431 A	3,68	15	R-22



Fig.4. 34-Condensadores.



Fig.4.35- Condensador de tanque refrigerado.

Logo ao lado do grupo de condensadores dos tanques de refrigeração do leite, encontra-se o sistema que aproveita o soro sobran­te do requeijão para o aquecimento de água, permutador (figura 4.36). É importante voltar a frisar que este soro sobran­te quando vai para o permutador de calor, está a cerca de 90 °C. A água aquecida por este permutador é utilizada, nos tanques de refrigeração para limpezas, nas quatro cubas de aquecimento do leite, na lavagem das formas do queijo, no aquecimento das quatro cubas do requeijão. Depois do soro sobran­te ser utilizado é bombeado para uma velha cisterna (figura 4.37), e por fim drenado para a ETAR. Este permutador de calor tem capacidade para 210 litros, pressão de serviço de 10 bar e uma temperatura de serviço de 140°C.

Como o permutador não tem capacidade para o aquecimento de água para toda a fábrica, é necessário também uma caldeira para auxiliar.



Fig.4. 36- Permutador de calor de aproveitamento do soro do requeijão.



Fig.4. 37- Panorama de geral do permutado de calor.

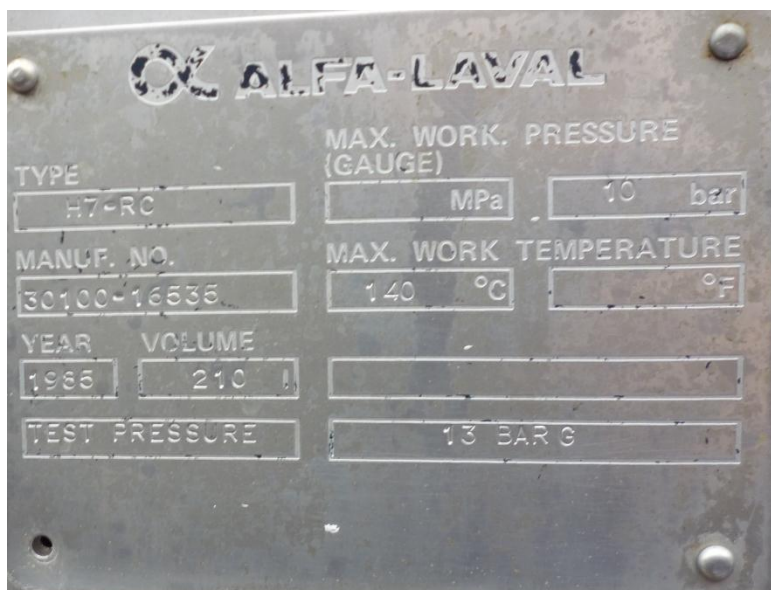


Fig.4.38-Chapa característica do permutador de calor.

Numa pequena casa ao lado da unidade fabril temos a lavandaria. Na sala ao lado, temos a casa da caldeira.

A caldeira foi construída pela TEMAVE-Técnicas e Máquinas para indústrias confeções, Lda. A sua marca é AEME modelo TF 600 tem uma superfície de aquecimento de 15,5 m<sup>2</sup> e uma capacidade volumétrica de 1470 litros. A capacidade de evaporação é de 600 Kg/h e a pressão máxima de serviço é 7 bar (Anexo E). O seu combustível é gás natural. Para aproveitar as perdas de calor produzido pela caldeira, esta pequena sala é utilizada para secagem de uniformes de trabalho. Junto à caldeira é também possível ver algumas das tubagens com o isolamento a degradar-se ou até mesmo sem qualquer tipo de isolamento (figura 4.40).



Fig.4.39-Chapa característica da caldeira.



Fig.4.40- Tubagem da caldeira.

Ao lado da sala da caldeira está outro anexo com um compressor e reservatório para o compressor. Este compressor é da marca Screw Smart modelo Sm 20. A pressão de serviço é

de 10bar, e tem uma potência instalada de 15 kW. Tem também um recipiente com a capacidade volumétrica de 550 litros e uma pressão de serviço de 12 bar. O compressor serve para acionar a dosificadora, as três prensas, máquina de embalagem e desmoldadora.

Para limpeza de águas residuais as instalações necessitam de uma ETAR. Esta necessidade é devida a grande carga orgânica proveniente do nível de nutrientes temperaturas e alguns produtos de limpeza. O Sistema de limpeza chama-se “remoção de gorduras e decantação”.

A ETAR é constituída por 5 tanques, uma máquina de separação dos resíduos, e um compressor. A água é tratada e depois enviada para o ribeiro mais próximo. As lamas são armazenadas e por fim recolhidas por uma empresa de destruição de resíduos.

A figura 4.41 mostra respetivamente a solidificação das lamas com o tempo, e a máquina de resíduos. A máquina que faz a separação dos resíduos das águas tem como princípio de funcionamento a flotação.

A flotação é um processo físico que dissolve superfícies sólidas por finas bolhas de ar. A máquina UF por flotação é para o pré-tratamento, especialmente de esgotos de indústrias de alimentos concentradas (figura 4.42). O sistema de flotação é bastante referenciado nas indústrias de laticínios, carnes e peixes (Vodatcech catalogo). Para o funcionamento desta máquina, é necessário um compressor. Este trabalha a uma pressão máxima admissível de 12 bar, e tem uma capacidade volumétrica de 550 litros.

Tab.4.4- Características da UF-10 (Vodatcech catalogo)

<b>Medidas</b>	<b>Capacidade</b>
Fluxo máximo	10 m <sup>3</sup> /h
Capacidade	2,5 m <sup>3</sup>
Capacidade de trabalho	2 m <sup>3</sup>
Área ocupada	2,7 m <sup>2</sup>
Peso vazio	800 kg
Peso cheio	3300 kg
Potência	4,37 Kw

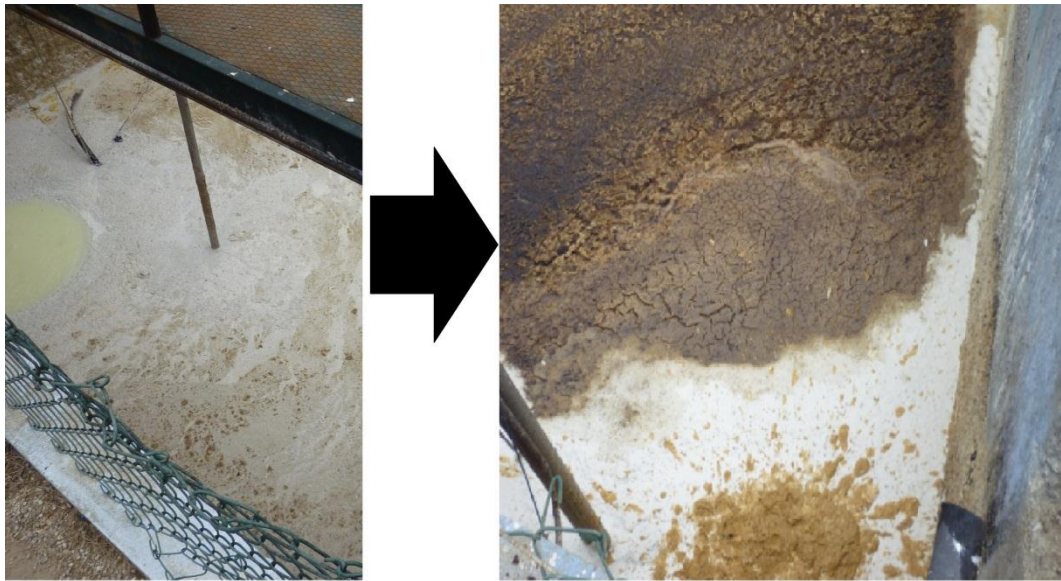


Fig.4.41-Solidificação das lamas.



Fig.4.42-Máquina de limpeza de água Uf-10.

## 4.4 Observações

Depois de ter analisado o processo produtivo do queijo e as características da unidade foi feita um breve resumo de observações que são facilmente visíveis.

### 4.4.1 Exterior

O clima na região de Seia é muito rigoroso como mostra a figura (4.1), sendo um problema para a degradação do material. Um dos problemas verificados em alguns equipamentos é a falta de um resguardo dos mesmos, esta situação verifica-se em:

- Bombas de soro sobranante;
- Permutador de calor;
- Tanque de refrigeração de leite;

- Grupo de compressor e condensadores;
- Tubagem sem isolamento.

A manutenção aplicada nestes equipamentos é corretiva o que pode levar a situações como a figura 4.43 onde se verifica uma fuga numa bomba de soro sobranete.



Fig.4.43-Fuga numa bomba de soro sobranete.

#### 4.4.2 Interior

No interior das instalações foi verificado um erro na câmara de refrigeração de “apoio” à primeira fase de cura, pois quando a porta da câmara é aberta o sistema de refrigeração deve desligar o que não aconteceu pois durante o ensaio, desde do momento em que a porta foi aberta o sistema nunca se desligou ao contrário do sistema de frio da câmara ao lado.

Outro problema verificado foi o excesso de matéria inserida nas câmaras de secagem do queijo (figura 4.44). Por vezes o sistema não tem potência de secagem necessária para a quantidade de produtos que são inseridos na câmara, o que leva a empresa a ter que ligar um ventilador para auxiliar o sistema como mostra a figura 4.23. Por fim foi também verificado formação de gelo no evaporador da câmara de requeijão (figura 4.45)

É importante referir que esta empresa já tomou algumas iniciativas de eficiência energética, tais como: Banco de condensadores para a retificação do fator de potência, permutador de calor para o aquecimento de águas e um secador de ar comprimido. Num futuro próximo ira ser instalado um sistema de refrigeração na salmoura.



Fig.4.44-Por fim foi também verificado formação de gelo no evaporador da câmara de requeijão

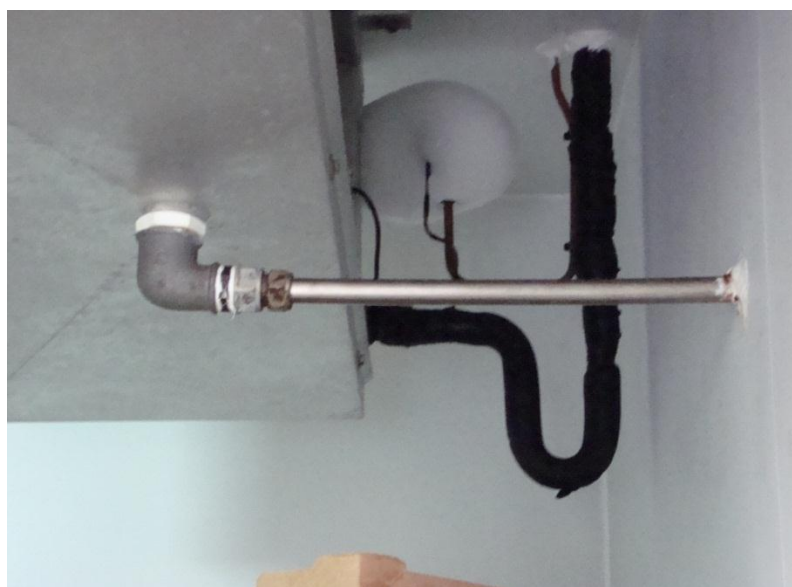


Fig.4.45-Formação de gelo no evaporador da câmara do requeijão.

## 4.5 Nota conclusiva

Este capítulo tem por base a descrição da unidade industrial e dos processos produtivos do queijo da Serra da Estrela e Requeijão. São apresentadas fotografias dos mesmos bem como das instalações e ainda dos equipamentos nela existente.

No fecho do capítulo são expostas algumas observações críticas sobre as instalações e funcionamentos de equipamentos utilizados nesta unidade industrial.

No capítulo seguinte será efetuada uma análise do desempenho desta indústria.



# Capítulo 5

## Análise de desempenho de equipamentos

Neste capítulo começa-se por apresentar o método de levantamento de dados e apresentam-se todos os resultados obtidos pela análise experimental, resultantes de um balanço de massa e balanço de energia. Apresenta-se também as características dos equipamentos medidos. Por fim faz-se uma comparação desta empresa com outras do mesmo setor.

### 5.1 Método de recolha de dados

Na realização de uma auditoria deve-se fazer o levantamento de todos os dados que possam caracterizar a empresa. Este levantamento pode ser feito de várias formas, sendo que neste caso foi realizado um inquérito em papel e medições no terreno.

#### 5.1.1 Inquérito

Na realização do inquérito é importante levantar todos os dados que caracterizam a empresa, desde o âmbito da engenharia à caracterização económica. Os dados que devem ser levantados no inquérito são: económicos - Classificação da CAE; área coberta; horário de funcionamento; mercados de exportação; investimentos feitos em investigação e desenvolvimento.

No âmbito da engenharia - levantamento de todas as quantidades de matérias prima em kg para a transformação de alimentos; levantamento de todos os produtos comercializados (para realizar o balanço de massa); levantamento de todos os tipos de energia utilizados na indústria transformadora e quantidades para depois converter em tep (para realizar o balanço de energia); levantamento dos consumos dos equipamentos; estudo do processo produtivo; *layout*; levantamento de todo o tipo de iluminação e construção das câmaras; tipos de isolamentos dos tubos; caracterização das fontes de calor; caracterização dos sistemas de frio e de ar comprimido; caracterização dos fluidos frigoríferos; características dos geradores de fluidos térmicos (levantamento de potência de serviço e combustível); verificação dos isolamentos, levantamento de melhorias no âmbito de eficiência energética e os custos associados.

#### 5.1.2 Levantamento no terreno

Este estudo pode-se dividir em duas partes. Na primeira parte estudou-se o processo produtivo. Nesta levantaram-se todas as informações possíveis sobre os equipamentos e procedeu-se a medições das câmaras. Estas medições foram efetuadas através de um medidor ultrassónico modelo *Casals Measure VMU 18*. Na segunda parte foram medidos os tempos de funcionamento de três sistemas durante uma manhã de produção. Os equipamentos em funcionamento foram: tanque de refrigeração para leite; câmara de primeira fase de cura e

sistema de ar-comprimido. Por fim fez-se o levantamento quantitativo da produção e do consumo de energias.

As variações das temperaturas exteriores durante a semana dos ensaios estão representadas na figura 5.1.

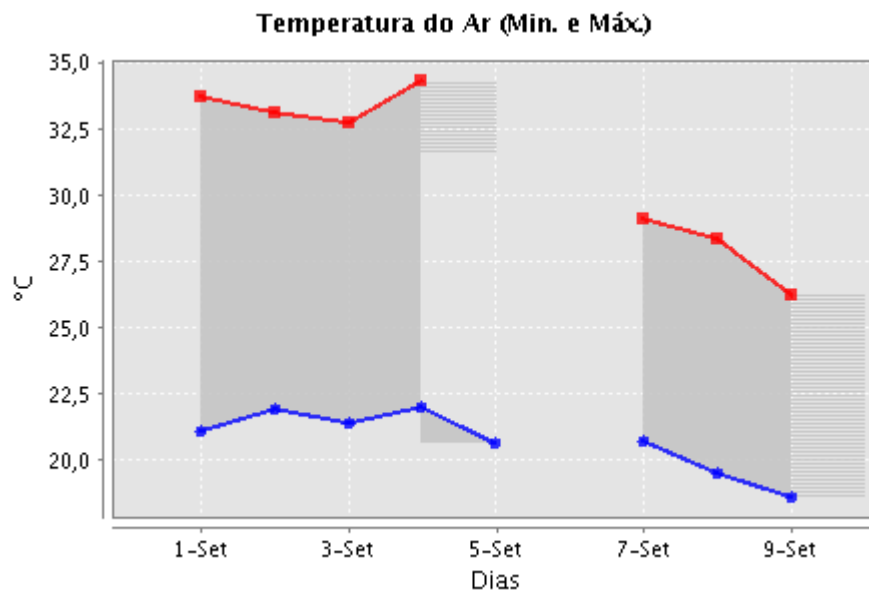


Fig.5.1 Variações de temperaturas na semana dos ensaios(IMP)

### 5.1.2.1 Tanque de refrigeração

O tanque de refrigeração está localizado no cais de descarga do leite, fora das instalações ainda assim coberto pelo telhado da empresa como se pode verificar na figura 5.2. Contudo, durante grande parte da manhã está exposto a grande radiação solar. A sua capacidade volúmica é de 10 500 litros e é constituído pelo sistema de frio, sistema de lavagem e por um agitador. Todo o sistema é autónomo.

### 5.1.2.2 Funcionamento do tanque

A receção do leite é controlada. O leite é recebido a uma temperatura máxima de 4.0°C. O veículo faz a descarga através de uma bomba própria. Depois do leite se encontrar dentro do tanque a sua temperatura nunca ultrapassara os 4.0°C, caso contrário o leite não segue para a produção. Quando a temperatura atinge os 4.0°C o sistema de refrigeração liga em simultâneo com o agitador. A temperatura do leite irá diminuir gradualmente até que o sensor atinga o valor de 3.5°C, aí o sistema de refrigeração desliga, mas o agitador continua a funcionar durante cerca de 1,5 minutos até a temperatura do leite estabilizar. A figura 5.3 representa o sistema de frio do tanque onde se podem verificar os seguintes pormenores; 1- telhado, 2- isolamento das tubagens, 3-compressor, 4-válvula de expansão, 5- reservatório de fluido frigorígeno, 6- condensador e respetivos ventiladores.

Também foram realizadas duas medições para conseguir determinar o *Delay* do sistema, em que foram obtidos os seguintes valores: 4 segundos e 3 segundos.

O sistema de refrigeração é constituído por um compressor, condensador, ventiladores do condensador e válvula de expansão. O Compressor é de marca *Danfoss* modelo MTZ 125 HU4VE. As suas características estão representadas na tabela 5.1.

Existem dois ventiladores no condensador que são da marca Copland modelo MOD 207. As suas características estão representadas na tabela 5.2.

Tab.5.1- Característica do compressor (Danfoss MT/MTZ).

Pressão de serviço	Linha	Corrente Max	Corrente de entrada	Tensão	Potência de entrada	Fluido Frigorígeno	Capacidade de refrigeração	COP
22, 6 [bar]	3-	27 A	13.79 A	400 V	8.44 KW	R-404 A	15710 W	2.91

Tab.5. 2- Características dos ventiladores do condensador (Chapa característica)

Linha	Tensão	Corrente	Potência
3-	230 V	1,1 A	253 W

Relativamente ao evaporador, este tem uma potência de 1,25 kW. O sistema de lavagem é da marca Alfa Laval e tem uma potência de 680 W e por fim o motor do agitador tem uma potência de 373 W.

As tubagens estão isoladas com neopreno, mas estão bastante degradadas principalmente junto ao compressor, chegando mesmo a estar envolvidas com fita isoladora como mostra o ponto 2 das figuras 5.3 e 5.4.



Fig.5. 2- Tanque de refrigerado.



Fig.5. 3 Compressor e ventiladores do condensador do tanque.

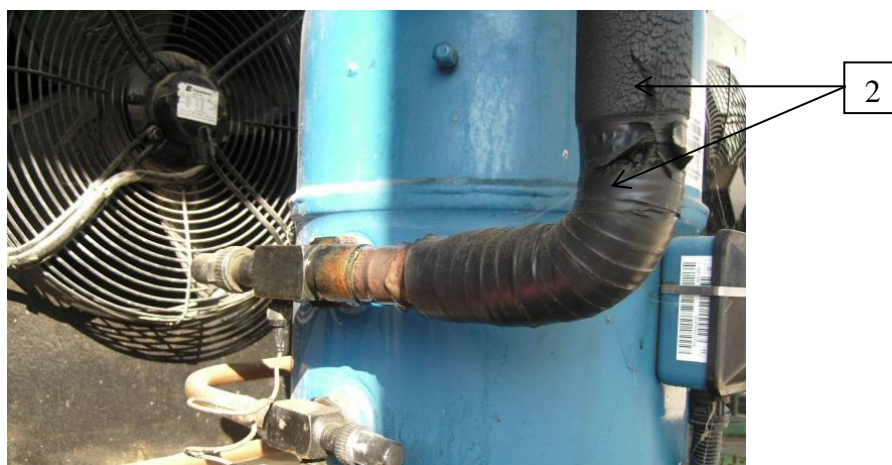


Fig.5.4- Compressor do tanque.

### 5.1.2.3 Câmara

O sistema de frio analisado pertence à “câmara de apoio” à primeira fase de cura. A disposição da porta e dos evaporadores são como indica o *layout* representados na figura 5.5. No lado de fora encontramos o condensador, compressor e válvula de expansão. As características dos elementos enunciados podem ser analisadas nas tabelas 5.3, 5.4 e 5.5.

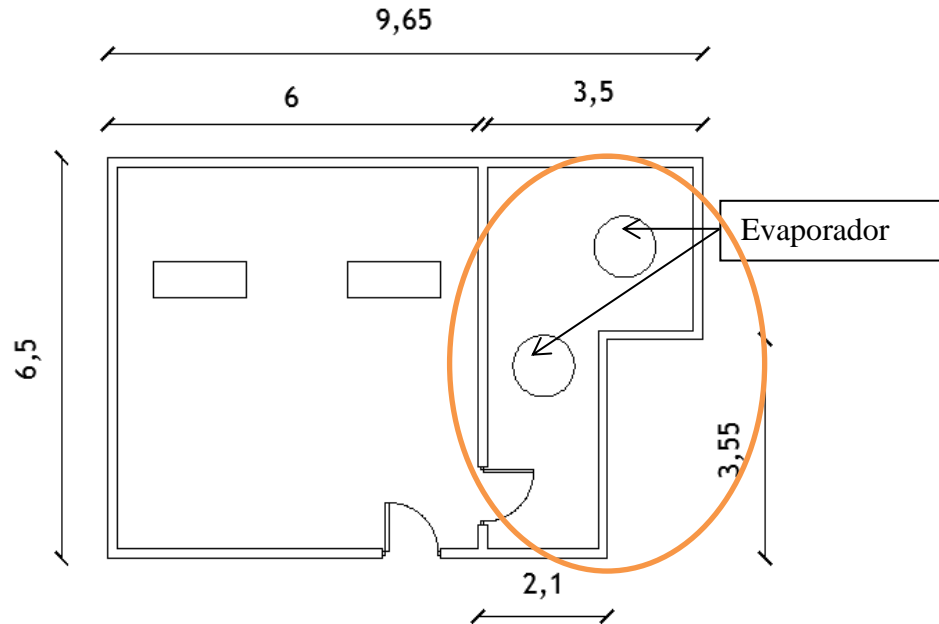


Fig.5. 5-Layout da câmara de “apoio” à primeira fase de cura (dimensões em m).

Tab.5. 3- Características do ventilador (Chapa característica).

Número	2
Potência	160 w
Corrente	0,71A
Tensão	230 V

Tab.5. 4 Características do compressor (Chapa característica).

Ligação	3-
Corrente de arranque	76,6 A
Corrente Máxima	16,4 A
Velocidade Nominal	1450 rpm
Tensão	230 V
Potência Máxima	5,6 kw
Baixa pressão	19 Bar
Alta pressão	28 Bar
Caudal	16,24 m <sup>3</sup> /h
Gás	R404a

Tab.5. 5- Características do evaporador (Chapa característica).

Tipo	ERC
Potência	1840 W
Corrente	0,96A
Tensão	230 V



Fig.5.6-Compressor e ventiladores do condensador da câmara.



Fig.5.7 Evaporador ERC.

### 5.2.2.4 Ar comprimido

O sistema de ar comprimido tem as características referidas na tabela 5.6.

Tab.5.6-Características do sistema de ar comprimido (Chapa característica).

Modelo	SM 20
Potencia instalada	15 kW
Caudal	2.03 m <sup>3</sup> /mim
Pressão de serviço	10 bar

## 5.2 Análise experimental

### 5.2.1 Recolha de dados Tanque nº5

Os dados levantados em relação ao funcionamento do tanque de refrigeração nº5, estão presentes na tabela 5.7. O gráfico da figura 5.8 representa a diferença entre o funcionamento do sistema e o tempo que este está parado.

Com o levantamento da informação concluímos que a empresa recebe leite 160 vezes por ano, mas como os tanques raramente estão todos cheios, e nem sempre estão os cinco a funcionar, vamos admitir que a empresa recebe leite 38 vezes por ano, resultado obtido pela divisão da capacidade total dos tanques pelo volume de leite recebido. E admitindo que alguns tanques estejam a funcionar 36 horas, concluímos que o peso dos tanques em funcionamento com o global da empresa seja cerca de 2%, como pode ser verificado no gráfico da figura 5.9.

Tab.5. 7-Ensaio do tanque.

Tanque nº5				
Número do ensaio	Hora de início de funcionamento	Duração (minutos)	Hora de paragem	Tempo que o sistema teve parado (minutos)
1	09:07	4,7	09:11:42	12,3
2	09:24	4,65	09:28:39	12,35
3	09:41	4,32	09:45:19	13,68
4	09:59	4,22	10:03:13	13,78
5	10:17	4,3	10:21:18	12,7
6	10:34	3,7	10:37:42	15,3
7	10:53	3,17	10:56:10	12,83
8	11:09	3,33	11:12:20	17,68
9	11:30	3,15	11:33:09	15,85
10	11:49	3	11:52:00	12
11	12:04	3,03	12:07:02	24,97
12	12:32	2,93	12:34:56	21,07
13	12:56	2,85	12:58:51	21,15
14	13:20	2,43	13:22:26	

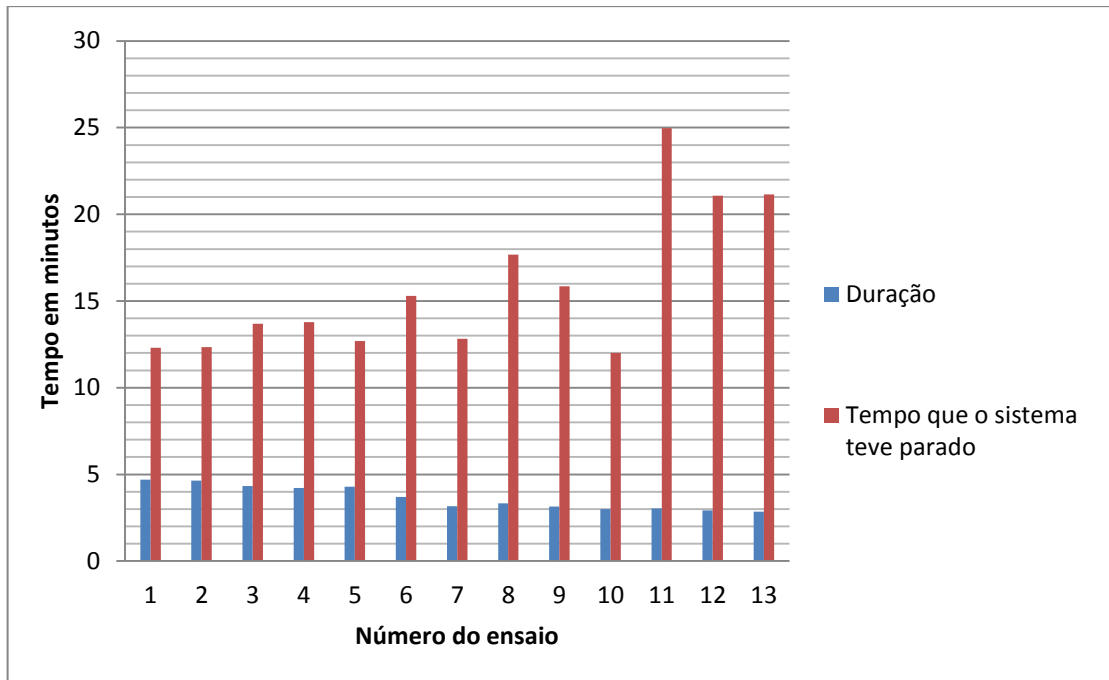


Fig.5.8-Funcionamento do tanque.

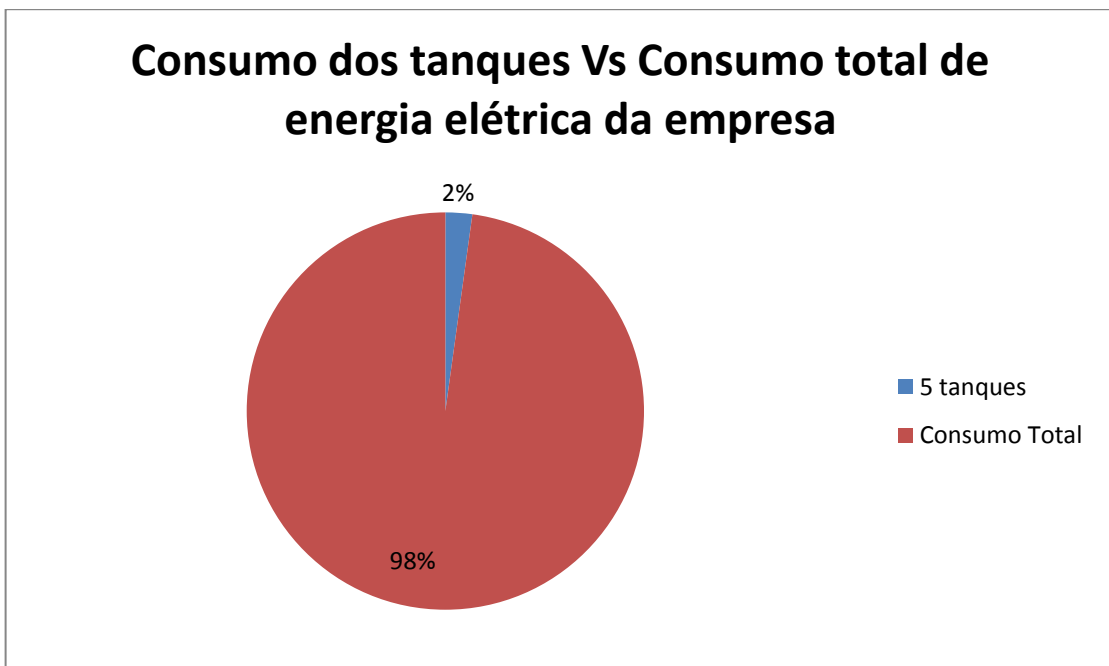


Fig.5.9-Consumo de energia elétrica dos tanques em relação ao consumo global de energia elétrica da empresa.

### 5.2.2 Recolha de dados experimentais do ar comprimido

O ensaio do ar comprimido durou 210,45 minutos, sendo que o sistema teve em funcionamento 192,3 minutos. A tabela 5.8 descreve os dados do ensaio. A figura 5.10 faz a comparação entre os tempos de funcionamento do sistema. É importante realçar o ensaio 12

onde o sistema teve em funcionamento cerca de duas horas. Este tempo de funcionamento deveu-se ao início da prensagem dos queijos e do início ao embalamento dos produtos.

O peso do ar comprimido em funcionamento no consumo global da empresa é de cerca de 5%, como pode ser verificado no gráfico 5.11.

Tab.5.8-Ensaio do ar comprimido

Hora de arranque	Fim	Tempo de funcionamento (minutos)	Tempo de paragem (minutos)
09:05:00	09:32:13	27,22	0,4
09:32:37	09:36:07	3,5	1,35
09:37:28	09:40:58	3,5	1,35
09:42:19	09:45:49	3,5	1,33
09:47:09	09:50:38	3,48	1,53
09:52:10	09:55:41	3,52	1,87
09:57:17	10:00:46	3,48	1,58
10:02:21	10:05:50	3,48	1,7
10:07:30	10:11:01	3,52	1,7
10:12:41	10:16:10	3,48	1,78
10:17:56	10:21:25	3,48	1,6
10:23:01	12:15:50	112,82	0,28
12:16:07	12:19:37	3,5	0,98
12:20:36	12:24:04	3,47	0,9
12:24:58	12:28:29	3,52	1,07
12:29:33	12:33:04	3,52	1,03
12:34:06	12:37:37	3,52	1,08
12:38:42	12:42:12	3,5	

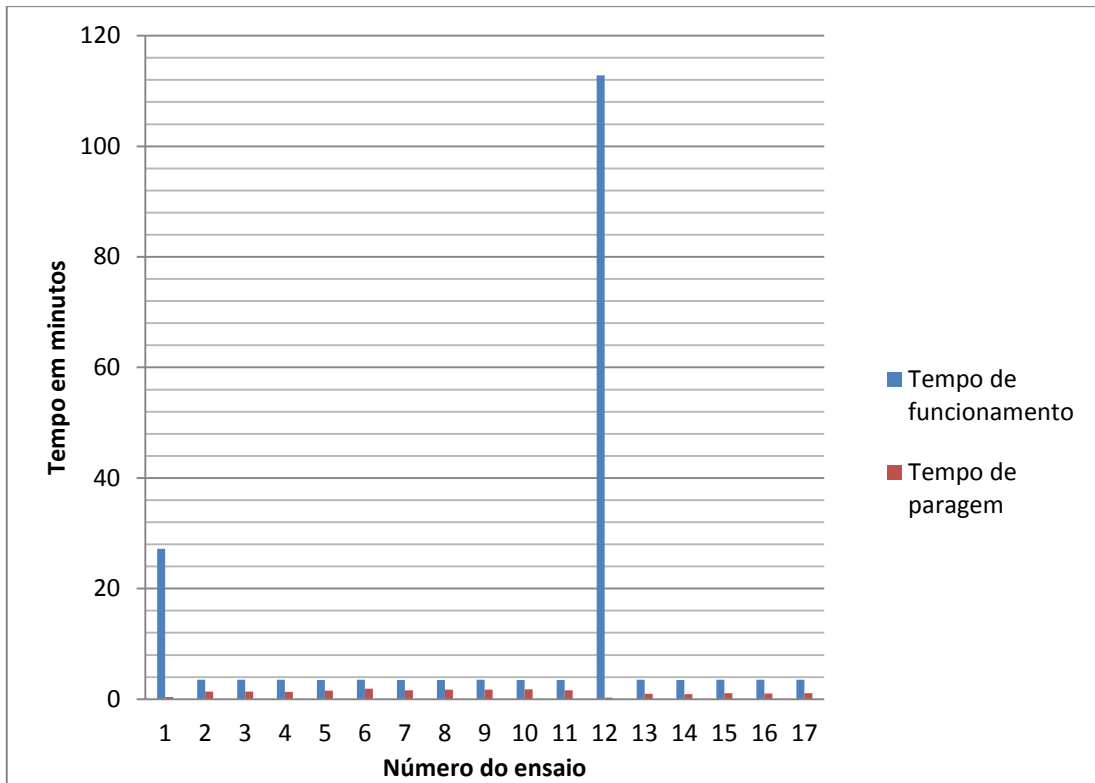


Fig.5.10-Variação do tempo de funcionamento do ar comprimido.

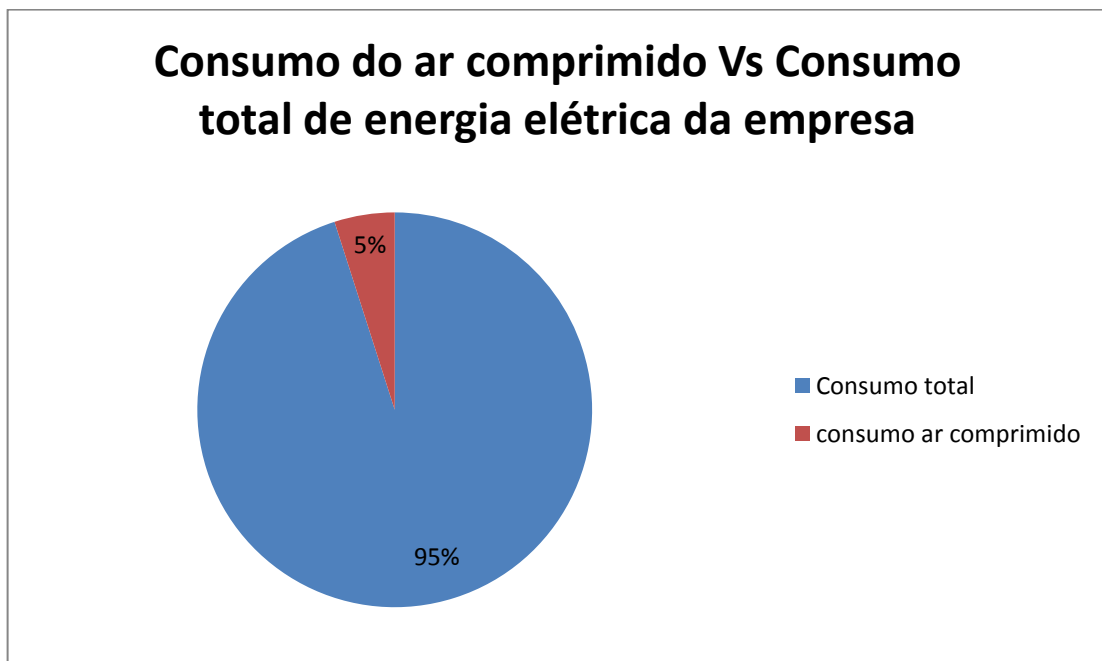


Fig.5.11-Percentagem do consumo do ar comprimido em funcionamento em relação ao consumo global.

### 5.2.3 Recolha de dados experimentais da Câmara

Os dados medidos na câmara de apoio, na primeira fase, estão representados na tabela 5.9. Estes dados são apresentados graficamente nas figuras 5.12 e 5.13. Os cálculos foram

efetuados considerando que a fábrica está a funcionar 8 horas por dia e que durante essas 8 horas o seu funcionamento será equivalente ao descrito na tabela 5.9, onde se considera a situação em que a câmara tem a porta fechada e aberta. Durante as restantes 16 horas consideraram-se os ensaios assinalados a verde, visto que representam a hora de almoço da empresa onde não existe movimentos dentro das câmaras. É importante referir que neste dia foi feita a reposição de queijos pela totalidade da câmara, logo as potências requeridas pelo sistema serão maiores. Relativamente aos movimentos da câmara, foram tidos em consideração apenas 182 dias, não havendo movimentos nos restantes 183 dias. Considerando a potência do compressor, dois ventiladores do condensador, 4 lâmpadas e 2 evaporadores, obtemos os seguintes gráficos representados nas figuras 5.14 e 5.15.

Tab.5. 9-Ensaio da câmara de apoio.

Ensaio	Hora de arranque do compressor	Fim do funcionamento (minutos)	Duração	Tempo de paragem (minutos)
1	09:30	9:35	5	0,07
2	09:39	9:44	5	0,1
3	09:50	9:55	---	--
4	11:29	11:35	6,21	0,03
5	11:38	11:48	10,8	0,07
6	11:53	12:02	9,37	0,05
7	12:06	12:11	5,68	0,03
8	12:14	12:21	7,95	0,33
9	12:42	12:47	5	0,05
10	12:50	12:55	5	0,37
11	13:17	13:22	5	0,05
12	13:25	13:30	5	

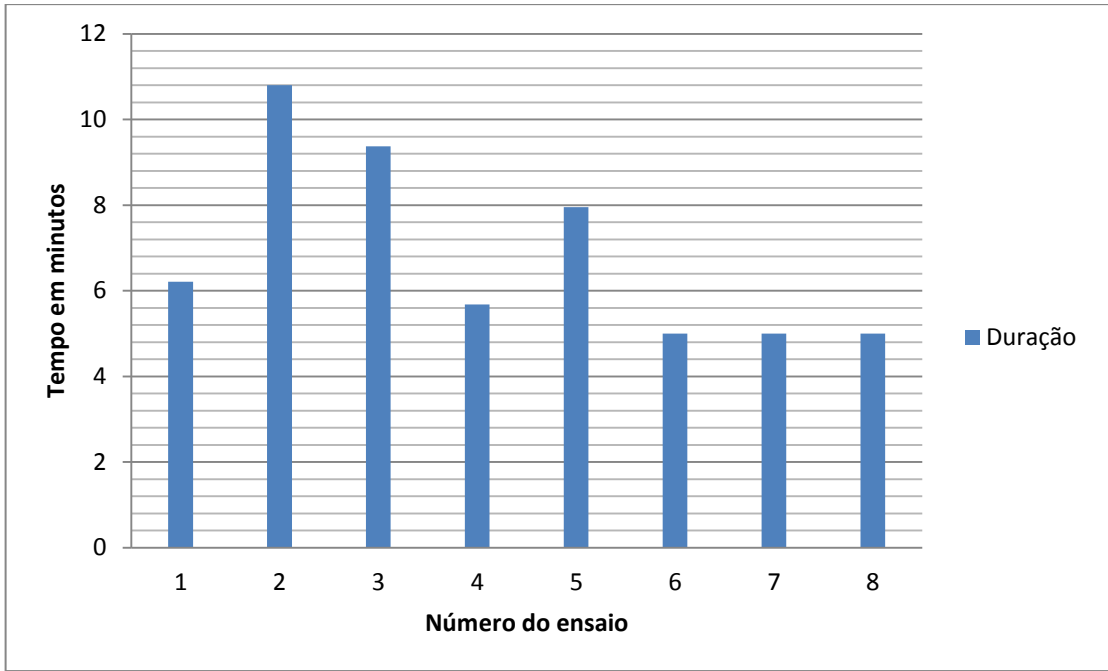


Fig.5.12-Tempo de funcionamento do sistema de refrigeração da câmara.

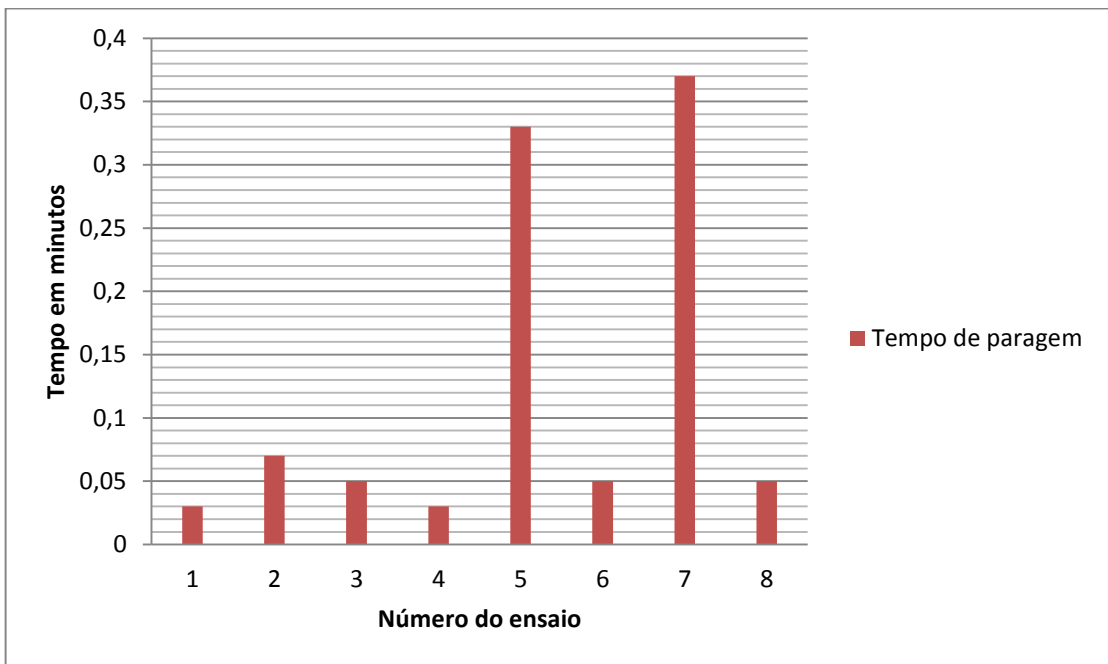


Fig.5.13-Tempo de paragem do sistema de refrigeração da câmara.

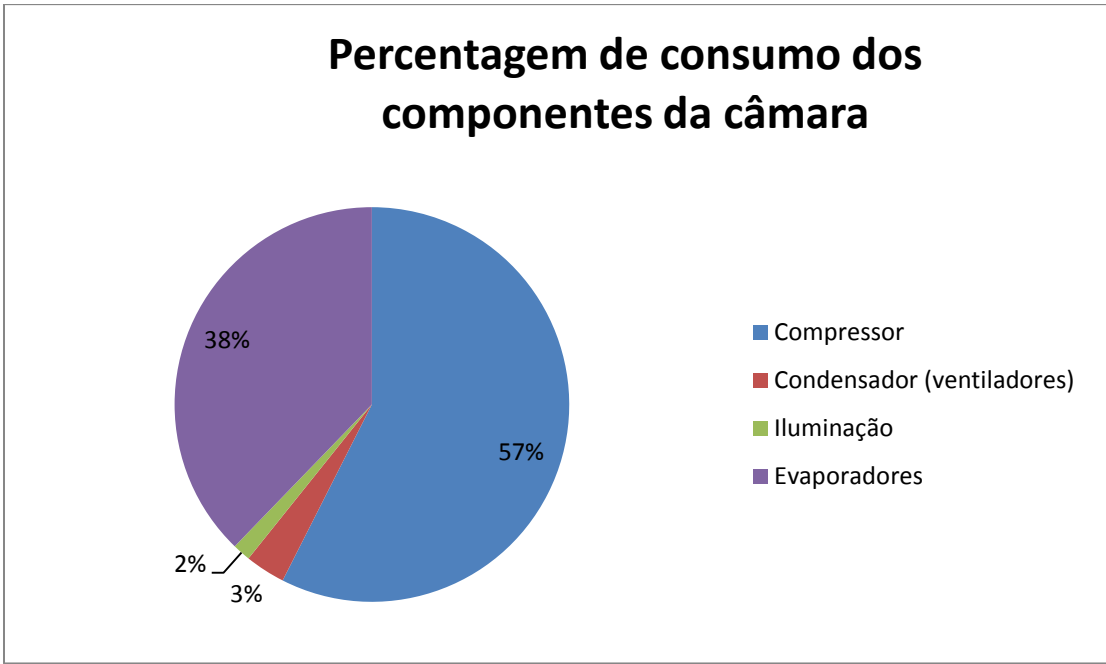


Fig.5.14-Percentagem do consumo de energia de elétrica dos elementos da câmara.

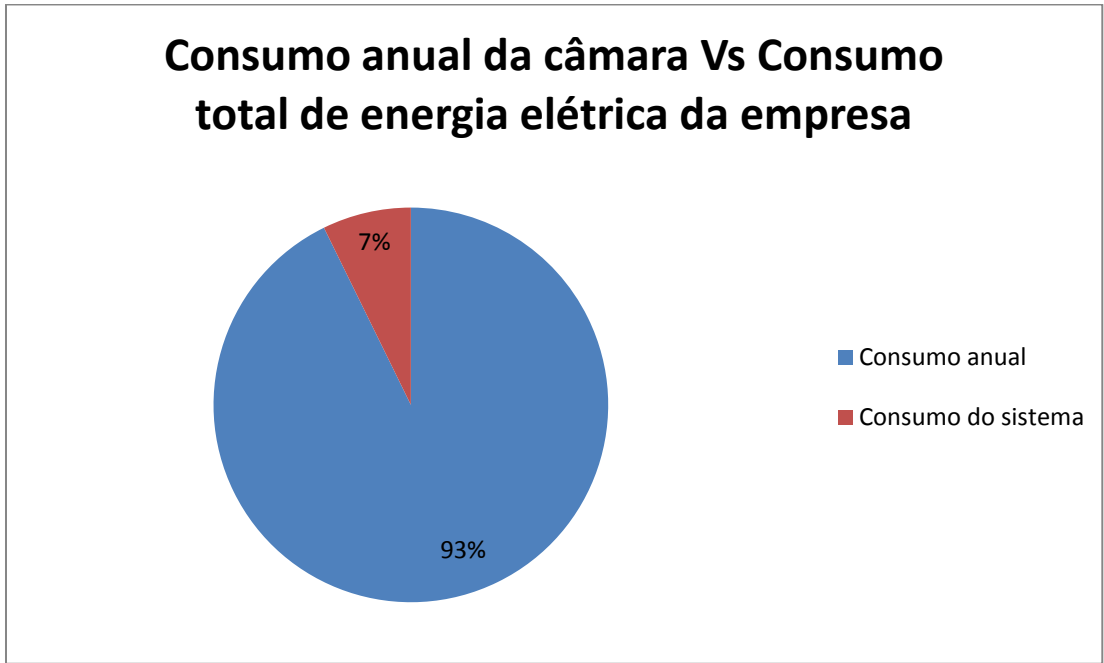


Fig.5.15-Percentagem do consumo da câmara em funcionamento em relação ao consumo global.

Com a junção destes sistemas podemos verificar o peso de cada um em relação ao global da empresa, como é representado no gráfico da figura 5.16. Estes valores são estimativas sendo que estão a faltar considerações, tais como:

- A indústria tem três câmaras com características diferentes;
- Não foram contabilizadas as resistências de descongelamento, visto que é um sistema muito antigo não havendo informação sobre tal;

- Apenas foram contabilizados os dias de produção, não englobando dias de limpezas e manutenção da indústria;
- A quantidade do leite nos tanques depende da saída de produto.

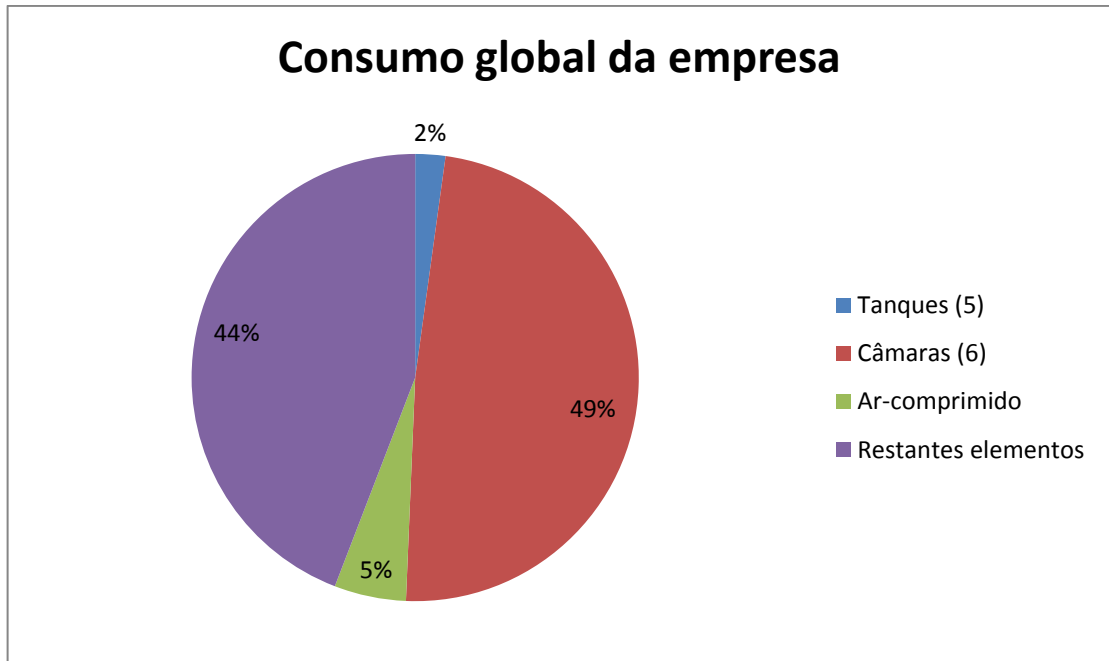


Fig.5.16-Estimativa da percentagem dos elementos.

Verificou-se que após a construção da ETAR, o consumo de energia elétrica da empresa quase duplicou em virtude dos gastos energéticos associados ao funcionamento dos equipamentos. Pois, quanto maior for a produção dos produtos finais obtidos por esta indústria, maior será o tempo de funcionamento destes equipamentos e por consequência maior será o seu consumo de energia elétrica.

A figura 5.16 apresenta as percentagens de energia gastas pelos diferentes elementos referidos anteriormente: tanques de refrigeração, câmara, ar comprimido e restantes elementos, onde se inclui a ETAR, sistemas de limpezas de queijos, sistemas de limpezas da indústria, bombas de leite, bombas de soro, motores, ventiladores para remoção de calor da secção de produção, tapetes rolantes, escritórios e dois cais de carga ambos refrigerados.

### 5.3 Balanço de massa

O balanço de massa é fundamental para análise de um novo processo ou de um processo já existente.

A operação de um processo pode ser classificada conforme o comportamento das variáveis ao longo do tempo. Numa operação em regime estacionário, o valor das variáveis (temperatura, pressão, caudal), não variam ao contrário do que acontece em regime transiente.

### 5.3.1 Balanço de massa global da empresa

Através do inquérito foi feito o levantamento dos dados representados na tabela 5.10. Estes dados dizem respeito a matérias-primas utilizadas (leite de ovelha, cardo, sal), e por fim ao respetivo produto (queijo de ovelha), que irão servir para realizar o balanço de massa global. Na figura 5.17, está representado o esquema do balanço de massa do processo produtivo.

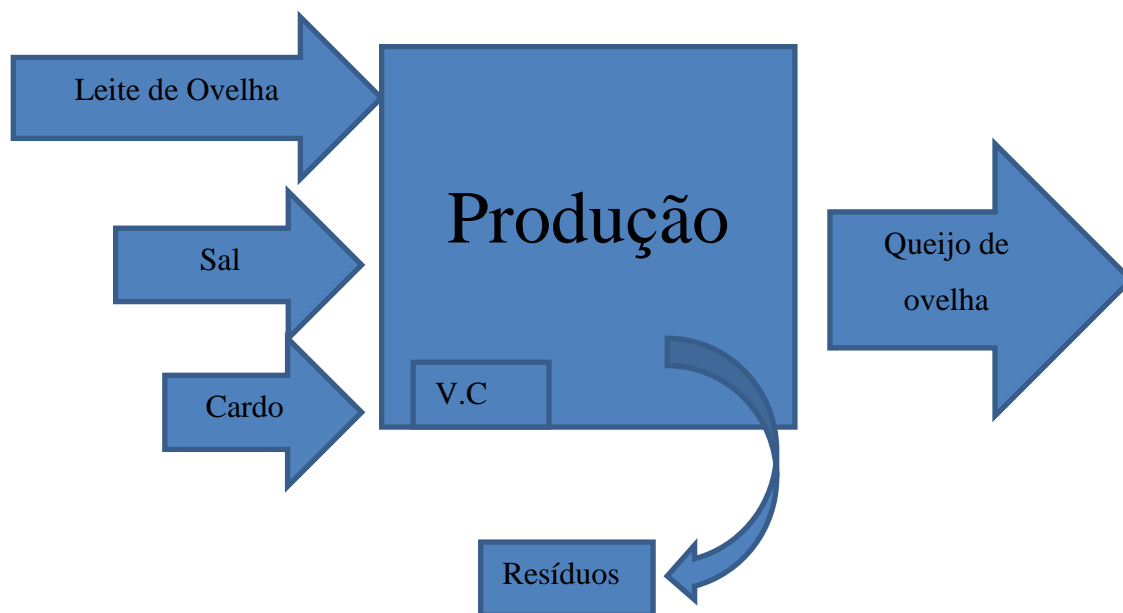


Fig.5. 17- Esquema do balanço de massa de produção.

Tab.5.10- Dados do processo produtivo.

Produtos	Quantidade
Leite de ovelha	1145351,18 l
Sal	31850 Kg
Flor de cardo	500 Kg
Queijo	273232,77 Kg
Requeijão	55960,4 Kg

Em primeiro lugar devem ser tidos em conta os seguintes aspectos para a realização do balanço de massa (Soares,2008):

- A densidade do leite de ovelha é 1,03.
- Na transformação do queijo, com 5,5 litros de leite de ovelha consegue-se produzir um queijo de 1Kg

O primeiro passo foi converter os litros de leite em kg, usando a densidade (equação 5.1):

$$11453551,18 \times 1,03 = 1179710 \text{ Kg} \quad (5.1)$$

Da equação anterior obtiveram-se 1179710 Kg de leite de ovelha.

Através da figura 5.18 podemos deduzir a equação 5.2 utilizada para o balanço.

$$\text{Leite de ovelha (Kg)} + \text{Sal (kg)} + \text{Flor do cardo (Kg)} - \text{Queijos (kg)} = \text{Resíduos (Kg)} \quad (5.2)$$

De seguida calculou-se a percentagem de desperdício (d) através da equação 5.3:

$$\frac{\text{Resíduos (kg)}}{\text{Leite de ovelha (Kg)} + \text{Sal (kg)} + \text{Flor do cardo (Kg)}} \times 100 = d \quad (5.3)$$

Tab.5.11- Resultados do balanço de massa.

Resíduos	Percentagem de desperdício (d)
882867 Kg	72,84%

Por fim calculou-se a relação litro de leite total por queijos processados a fim de verificar quantos litros de leite são necessários para processar 1 Kg de queijo. Este cálculo foi realizado na equação 5.4.

$$\frac{\text{Litros de leite total}}{\text{Quantidade total de queijos produzidos em kg}} \approx 5,429l/kg \quad (5.4)$$

Os resultados das equações 5.2 e 5.3 estão mencionados na tabela 5.11. Destes, podemos concluir que na produção de queijos apenas se tira partido de 27,16% das matérias primas utilizadas, havendo um desperdício de 72,84%. Do cálculo efetuado na equação 5.4 podemos concluir que se situa muito próximo de referido por (Soares, 2008).

## 5.4 Balanço de energia

O balanço de energia diz respeito ao princípio da conservação de energia que estabelece que a energia total de um sistema deve permanecer constante. A energia não pode ser criada nem destruída apenas transformada e pode compreender várias divisões, como, energia cinética, energia térmica e energia potencial.

A equação de balanço da taxa de energia é dada pela equação 5.5:

$$\dot{Q}_{vc} - \dot{W}_{vc} + \sum_e \dot{m}_e \left( h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) - \sum_s \dot{m}_s \left( h_s + \frac{V_s^2}{2} + gz_s \right) = 0 \quad (5.5)$$

As suas variáveis são:  $\dot{Q}_{vc}$ , taxa de transferência de calor no volume de controlo (kW),  $\dot{W}_{vc}$  potência num volume de controlo (kW),  $h_e$  entalpia específica na entrada do volume de controlo (kJ/kg);  $h_s$  entalpia específica na saída do volume de controlo (kJ/kg),  $\dot{m}_e$  caudal mássico a entrada do volume de controlo,  $\dot{m}_s$  caudal mássico a saída do volume de controlo.

Desprezando as variações da energia cinética e potencial, a equação da primeira lei da termodinâmica é representada pela equação 5.6:

$$\dot{Q}_{vc} - \dot{W}_{vc} + \sum_e \dot{m}_e - \sum_s \dot{m}_s = 0 \quad (5.6)$$

A segunda lei da termodinâmica determina que a entropia total de um sistema termodinâmico isolado aumenta ao longo do tempo. E pode ser representada pela equação 5.7 :

$$\dot{S}_{ger,vc} + \sum \left( \frac{\dot{Q}_{vc,i}}{T_i} \right) + \sum_e \dot{m}_e - \sum_s \dot{m}_s = 0 \quad (5.7)$$

Em primeiro lugar, devem levantar-se os dados de todo o tipo de energias utilizadas nas instalações onde é feita a auditoria. Devemos converter todas as unidades em tep/t. Os valores de conversão estão exarados em Diário da República, N.º 122 de 26 de Junho de 2008, despacho n.º 17313/2008. Este despacho dá-nos a conversão direta em relação à alguns combustíveis. A conversão de energia elétrica de kWh para tep/t é dada pela equação 5.8 (Fiomari, 2004)

$$\text{Energia elétrica} \left( \frac{\text{tep}}{\text{kWh}} \right) = \frac{\eta_{\text{elétrico}}}{86 \times 10^{-6}} \quad (5.8)$$

Para efeitos deste Despacho e de acordo com o Anexo II da Diretiva 2006/32/CE, o valor de  $\eta_{\text{elétrico}}$  é igual a 0,4, pelo que 1 kWh = 215 x 10<sup>-6</sup> tep”. Alguns dos outros valores estão tabelados (tabela 5.12). Nesta tabela PCI (MJ/kg) é o poder calórico inferior do combustível expresso em MJ por kg; PCI (tep/t) é o poder calórico inferior do combustível expresso em

(tep/ t). FE (kgCO<sub>2e</sub>/GJ) é o fator de emissão de gases de efeito de estufa em kg de CO<sub>2</sub> por energia libertada do combustível expressa em Giga-joule; FE (kgCO<sub>2e</sub>/tep) é o fator de emissão de gases de efeito de estufa em kg de CO<sub>2</sub> por energia libertada combustível, expressa em tep.

Tab.5. 12-Poderes Caloríficos Inferiores e Fatores de Emissão para Combustíveis (Fonte: Diretiva 2006/32/CE)

Combustível	PCI (MJ/kg)	PCI (tep/t)	FE (kgCO <sub>2e</sub> /GJ)	FE (kgCO <sub>2e</sub> /tep)
Antracite	26,7	0,638	98,2	4111,4
Betume / Alcatrão	40,2	0,96	80,6	3374,6
Biogásolina e Biodiesel	27	0,645	0	0,0
Briquetes de lignite	20	0,478	101,1	4232,9
Briquetes de turfa	16 — 16,8	0,382 — 0,401	105,9	4433,8
Carvão betuminoso	25,8	0,616	94,5	3956,5
Carvão sub-betuminoso	18,9	0,451	96,0	4019,3
Carvão vegetal	29,5	0,705	0	0,0
Combustível para motor (gasolina)	44 — 45	1,051 — 1,075	69,2	2897,3
Coque de Carvão	28,2	0,674	94,5	3956,5
Coque de forno / lignite ou gás	28,2 — 28,5	0,674 — 0,681	107	4479,9
Coque de Petróleo	31 — 32,5	0,740 — 0,776	97,5	4082,1
Etano	46,4	1,108	61,6	2579,1
Fuelóleo pesado	40 — 40,4	0,955 — 0,965	77,3	3236,4
Fuelóleo	41,2	0,984	77,3	3236,4
Gás de Alto Forno	2,5	0,060	259,4	10860,6
Gás de coqueria e de fábricas de Gás.	38,7	0,924	44,7	1871,5
Gás de forno de acaeria a oxigénio	7,1	0,170	171,8	7192,9
Gás de petróleo liquefeito	46 — 47,3	1,099 — 1,130	63,0	2637,7
Gás de Refinaria	49,5	1,182	51,3	2147,8
Gás natural (superior a 93% de metano)	47,2 — 48	1,127 — 1,146	56,1	2348,8
Gás natural liquefeito	44,2 — 45,2	1,056 — 1,081	64,1	2683,7
Gás natural (1)	45,1	1,077	64,1	2683,7
Gases de aterro/ lamas de depuração e outros biogases	50,4	1,204	0	0,0
Gasóleo / Diesel	42,3 — 43,3	1,010 — 1,034	74,0	3098,2
Hulha	17,2 — 30,7	0,411 — 0,733	97,5	4082,1
Lignite castanha	5,6 — 10,5	0,134 — 0,251	101,1	4232,9
Lignite negra	10,0 — 21	0,239 — 0,502	101,1	4232,9
Lubrificantes, ceras parafínicas e outros produtos Petrolíferos	40,2	0,960	73,3	3068,9
Madeira / resíduos de Madeira	13,8 — 15,6	0,330 — 0,373	0	0,0
Matérias-primas para refinaria	43	1,027	73,3	3068,9
Metano	50	1,194	54,9	2298,6
Monóxido de Carbono	10,1	0,241	155,2	6497,9
Nafta química / Condensados de gasolina	44,5	1,063	73,3	3068,9
Óleo de xisto	38,1	0,910	73,3	3068,9

### 5.4.1 Balanço de energia da empresa

A conversão para tep foi retirada da tabela 5.12 considerando os seguintes valores:

- Eletricidade 1 kWh = 215 x 10<sup>-6</sup> tep.
- Gás natural = 1,077 tep/ tonelada de gás .

Tab.5. 13-Dados retirados através do inquérito sobre consumo de energia.

Tipo de energia	Quantidade (ano)	Conversão em tep
Eletricidade	432 258 kwh	92,93547 tep
Gás natural	33336 kg	35,9 tep
Total		128, 83547 tep

### 5.4.2 Determinação do SEC da empresa

É também conhecido por intensidade do uso de energia e tem sido adotado como referência de intensidade de energia a fim de avaliar o desempenho de uma unidade fabril. O SEC é definido como o consumo de energia em qualquer forma seja ela primária ou final. É importante referir que valores de SEC menores representam uma maior eficiência

$$SEC = \frac{E_i}{P_i} \quad (5.10)$$

$$SEC = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{P} \quad (5.11)$$

Para a sua determinação podem-se utilizar as equações (5.10) e (5.11). A primeira apenas considera um passo do processo de fabrico em específico; a segunda pode ser usada no processo produtivo global. Na equação  $E_i$  representa-se o uso de energia atual na etapa do processo,  $n$  número de etapas do processo,  $P$  produção total de queijo,  $P_i$  quantidade de produção para no processo (Nunes et al, 2011; Xu et al, 2009)

Tab.5.14-Cálculo do SEC

Energia elétrica	92,93547 tep
Gás natural	35,9 tep
Massa total de queijos	273232,77 Kg
SEC total	19,73 MJ/kg

Conclui-se no estudo efetuado nesta empresa que o valor de SEC não se encontra no intervalo de intensidade média de energia referido anteriormente, situando-se ainda assim na parte

inferior dos valores referidos pelos autores. Na tabela 5.15 é possível verificar esse mesmo valor.

Tab.5. 15-Diferentes valores de SEC. (Xu *et al*, 2009)

SEC range MJ/kg cheese <sup>a</sup>	# Plants	Total <sup>b</sup>		Electricity <sup>b</sup>		Fuel <sup>b</sup>		Sources
		Low	High	Low	High	Low	High	
USA	12	2.3	16.8	0.5	2.3	0.4	14.7	[35,36]
Australia	5 or more	1.8	6.8	0.8	0.8	1.0	43 <sup>c</sup>	[9,37,38]
Europe	n/a	2.1 <sup>e</sup>	68.2 <sup>e</sup>	0.7	26.4 <sup>d</sup>	1.4	41.8 <sup>d</sup>	[39]
Scandinavia	12	3.9	26.8	N/A		N/A		[40]
Netherlands	34	2.4 <sup>a,f</sup>	10.8 <sup>a,f</sup>	N/A		N/A		[41]

Neste sentido, como não foi encontrado qualquer estudo de referência nacional, foi recolhida informação de outras três empresas do mesmo setor, a fim de se poder fazer uma comparação dos valores obtidos (tabela 5.16).

A empresa A localiza-se no concelho de Seia e produz exatamente o mesmo tipo de queijo que a empresa em estudo, contudo é de menor dimensão e as suas instalações apresentam, de igual modo alguma degradação. Ainda assim o seu valor de SEC é um pouco menor.

Relativamente à empresa B, situa-se no concelho da Fundão e produz outros tipos de queijo diferentes. É também uma empresa de menor dimensão mas as suas instalações apresentam um melhor estado de conservação comparativamente às anteriores. É importante referir que os seus proprietários fizeram recentemente um grande investimento em equipamentos de produção e conservação a fim de reduzir os custos de energia. Dessa forma o valor de SEC obtido é de aproximadamente 8 MJ/Kg sendo esta situada na média referida pelos autores referidos anteriormente.

No respeitante à empresa C, localiza-se no concelho da Guarda e produz especificamente queijos de ovelha amanteigado. É uma empresa em expansão, apresentando no momento atual 18 empregados. Os equipamentos de produção são idênticos aos da empresa em estudo mas estes não fazem reaproveitamento de energia. O valor de SEC obtido foi de cerca de 25 MJ/Kg sendo o maior valor obtido. Esta informação está resumida na tabela 5.16.

Tab.5.16-Valores de SEC obtidos.

	Empresa em estudo	Empresa A	Empresa B	Empresa C
Número de empregados	31	19	21	18
Tipo de energia utilizadas	Energia elétrica e gás natural	Energia elétrica e gás natural	Energia elétrica e gás natural	Energia elétrica e gás natural
SEC (MJ/Kg)	19,73	18,54	7,95	25,16

## 5.5 Nota conclusiva

Este capítulo reporta-se à apresentação dos resultados obtidos da análise experimental. Inicialmente apresenta-se o método utilizado no levantamento dos dados da auditoria.

Em seguinte faz-se uma explicação do funcionamento dos três equipamentos: tanque de refrigeração, câmara de apoio a primeira fase de cura e sistema de ar comprimido.

Em seguida são expostos os resultados obtidos desta auditoria.

Antes do fecho do capítulo foi calculado o balanço de massa e de energia e, por fim, determinado o valor de SEC.

Para completar este estudo ainda foram recolhidos dados de outras três empresas similares da região, a fim de comprar os seus desempenhos.

No capítulo seguinte apresentar-se-á a conclusão final do trabalho.

## 6 Conclusão

No estudo em causa, verificou-se que Portugal tem uma grande dependência de energias primárias em relação aos restantes países da União Europeia, ainda assim para combater essa tendência Portugal assumiu o compromisso de reduzir os valores em 8% até 2020. O subsector dos lacticínios, em 2010 era composto por 310 mil empresas, com 4,4 milhões de postos de trabalho na União Europeia. O seu volume de negócios era de 965 mil milhões de euros, e responsável por 70% da produção agrícola da União Europeia. No setor agroalimentar as PME representam 48,7% do total da faturação e geram 63% do total de postos de trabalho. Em 2008 este setor detinha 12,9 % do peso da economia das indústrias transformadoras. Em 2005, a indústria dos lacticínios, em Portugal representava cerca de 11 % do VAB.

Relativamente ao consumo global de energia da empresa obtiveram-se algumas conclusões. Grande parte da energia é utilizada na refrigeração dos produtos tendo um peso de 49% e os outros elementos constituem os restantes 51%. Desses 51 %, 5 % são unicamente consumidos pelo ar comprimido e 2% pelos tanques de refrigeração. A fatia de 44% representa o consumo do resto da empresa que engloba a ETAR, escritórios; dois cais de expedições com refrigeração; iluminação global, entre outros. Relativamente à câmara onde foram efetuadas as medições, conclui-se que os elementos com maior consumo são o compressor e os evaporadores, sendo que o primeiro consome 57% do total da câmara e os dois evaporadores da câmara 37%.

O valor de SEC obtido na empresa em estudo foi de 19,73 MJ/kg. A fim de complementar o estudo, foi realizado um estudo complementar a quatro empresas da região a fim de comprar os valores de SEC. Verificou-se que das quatro, a empresa em estudo é a terceira que tem o valor maior valor de SEC. De entre eles destaca-se a empresa B que tem um SEC de aproximado de 8 MJ/kg. Esse valor pode ser devido à modernização das infraestruturas. Das restante empresas foi verificado que as instalações estavam um pouco degradadas, bem como os equipamentos (devido a falta de manutenção). Estes fatos podem ser confirmados em algumas figuras apresentadas ao longo do trabalho. Da temática de estudo feita pelos autores Xu et al.(2009),é dito que os valores de SEC variam normalmente entre 2,1 a 68,2 MJ/kg e é também referido que o valor médio normalmente encontrados era de 4,9 a 8,9 MJ/kg. Assim conclui-se que a empresa em estudo não se enquadra nos valores médios estando ainda assim afastado do valor médio. Do balanço de massa efetuado, o resultado obtido foi de 5,429 l/kg, valor bastante aproximado dos 5,5 l/kg verificados em bibliografias consultadas.

Pelos dados expostos acima, é possível concluir que o primeiro passo para reduzir o valor de SEC da empresa será tirar melhor partido dos equipamentos e que para tal a empresa deverá fazer uma manutenção devida, isto é uma manutenção preventiva. Foi também verificado que

a empresa em estudo já tomou algumas iniciativas de eficiência energética, onde os seus proprietários estão dispostos a apostar.

## **6.2 Sugestões para um trabalho futuro**

Futuramente seria interessante acrescentar os seguintes tópicos a este estudo a fim de se realizar um trabalho mais completo:

- Fazer uma análise especificamente a cada uma das câmaras;
- Fazer uma análise a cada tanque;
- Análise exegética à caldeira, permutadores e às cubas;
- Estudo intensivo à ETAR;
- Avaliar o desempenho do ar comprimido em funcionamento com o secador;
- Fazer uma auditoria completa.

## Bibliografia

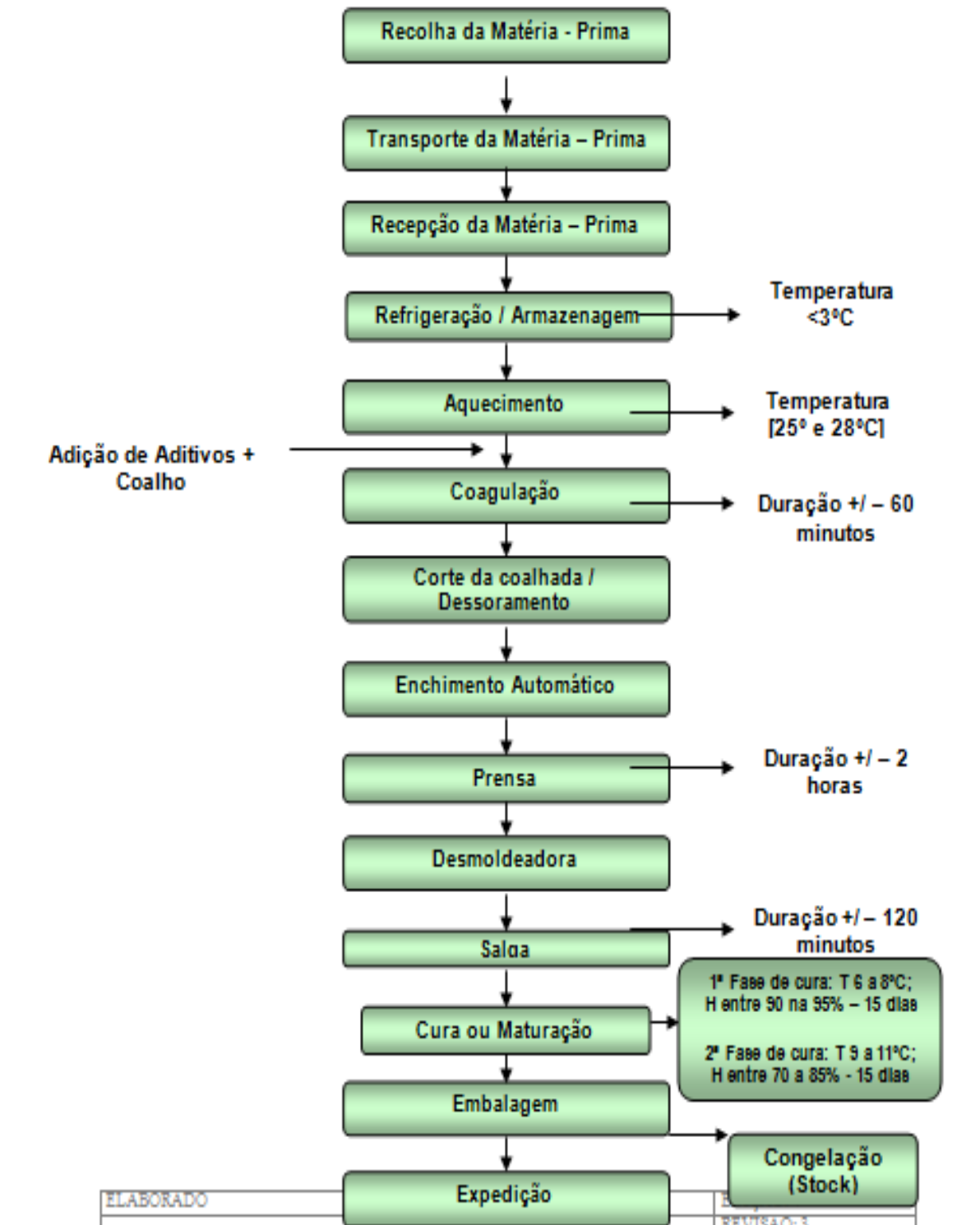
- ANEB; ANIL; APCRF; APIC; FENALAC; FEPABO; FEPASA; FIPA; FPAS; IACA. (Fevereiro, 2011). *Uma Fileira Agro-Alimentar Unida pela sobrevivência*. Obtido de Agro-Portal: <http://www.AgroPortal.pt/a/2011/fileiraAA.htm>
- ASHRAE Handbooks. (2006). *Refrigeration*. Atlanta: ASHRAE Handbooks.
- ASHRAE Handbooks. (2007). *HVAC*. Atlanta: ASHRAE Handbooks.
- Associação de Produtores de Queijo do Distrito de Castelo Branco. (2010). *Queijo da Serra da Estrela, denominação da origem*. Castelo Branco: Associação de Produtores de Queijo do Distrito de Castelo Branco.
- Associação de Produtores de Queijo do Distrito de Castelo Branco. (2011). *Requeijão da Beira Baixa, denominação da origem Protegida*. Castelo Branco: Associação de Produtores de Queijo do Distrito de Castelo Branco.
- Baptista P., Dinis P. (2007). *Higiene e Segurança Alimentar na Distribuição de Produtos Alimentares*. Guimarães: Forvisão
- Berglöff, K. (August 21-26, 2011). Performance inspections with innovative analysing equipment result in significant energy savings in air-conditioning and refrigeration systems. *International Congress of Refrigeration*. Prague, Czech Republic.
- Cameirão A., Completo C., Janela, F., & Carneiro, J. (Fevereiro 2003). *Projecto de Indústrias Químicas*. SOMARG.
- Camelo S., Santos C. P., Ramalho Á., Horta, C., Gonçalves, H. & Maldonado, E. (Setembro 2006). *Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios*. Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial.
- CIAA (2010), Data & trends of the European Food and Drink Industry -2009, Confederation des Industries Agro-Alimentaires de l'Union Européenne, Bruxel.
- Chaves F. (2009). *Instalações de climatização e refrigeração, I parte*. Abrantes: Instituto Politécnico de Tomar.
- Costa D. C. (2011). *Caracterização e tratamento de efluentes resultantes da actividade de produção de queijos*. Lisboa: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Danfoss compressor MT/MTZ, manual de instalação, operação e manutenção.
- Dinis Gaspar P., Gonçalves L. C. & Pitarma, R. (2006). Influência da ventilação no desempenho térmico e energético de expositores refrigerados.
- Fiomari M., Mashiba M., Lima R., Maia C., Ramos R. (Dezembro, 2004) análise termodinâmica de uma usina sucroalcooleira que produz excedentes de energia para comercialização.
- FIPA (2009), Federação das Indústrias Portuguesas Agro-Alimentares.. *Políticas de competitividade para o sector agro-Alimentar*. Lisboa: Federação das Indústrias Portuguesas Agro-Alimentares.
- Gregório J. P (2010). *Medição do Desempenho na Cadeia de Abastecimento Agro-industrial*. Aveiro: Universidade de Aveiro.

- Guo, Z., & Fu, Z. (April 2009). Current situation of energy consumption and measures taken for energy saving in the iron and steel industry in China.
- Hackett B. & Chow S. (2005). Energy Efficiency Opportunities in Fresh Fruit and Vegetable Processing/Cold Storage Facilities. *Summer Study on Energy Efficiency in Industry*. New York
- IMO , instituto de meteorologia Portugal (<http://www.meteo.pt/pt/>)
- INETI (Outubro, 2001) ,Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial. *Guia técnico industria dos lacticínios*. Lisboa: Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial.
- INE (Março, 2003),Instituto Nacional de Estatística.. *Estatística Agro-industrial, 1999-2001*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- INE (Fevereiro,2009). Instituto Nacional de Estatística. *Boletim mensal da agricultura, pesca e agro-indústria 2008*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- INE (2009) Instituto Nacional de Estatística. *Estatística agrícola 2008*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- INE (Dezembro 2011).Instituto Nacional de Estatística.. *Estatística Ambiente 2010*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- James S. & James C. (November 2009). The food cold-chain and climate change.
- James S. & James C. (August 21-26,2011). An energy balance, a new way of approaching energy reduction. *International Congress of Refrigeration*. Prague, Czech Republic.
- James S. & James C. (August 21-26,2011). Improving energy efficiency within the food cold-chain . *International Congress of Refrigeration* . Prague, Czech Republic
- Khemiri, A., & Annabi, M. (1996). Models for energy conservation to be used in energy audits.
- Lawder J. H. (2012). Análise Energética e econômica em uma agroindústria de laticínios . Paraná: Universidade estadual do Oeste do Paraná.
- MAOTDR (março 2007) ,Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e do desenvolvimento Regional. *Estratégia nacional para os efluentes Agro-pecuario e Agro-indústria*. Lisboa: Maiadouro
- Marinhas. (August 21-26,2011). Certification of performance of refrigerated display cabinets. *International Congress of Refrigeration* . Prague, Czech Republic
- Martinelli L. (2003). *Refrigeração e ar condicionados Parte II*. Rio do Sul : Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.
- Mills E. & Rosenfelds A. ( August de 1995). Consumer non-energy benefits as a motivation for making energy efficiency improvements.
- Metalplan . (2010). *Manual de ar comprimido* . São Paulo : Metalplan
- Mirade P. S.,Perret B., Guillemain H., Picque D., Desserre B., Montel M. C., et al. ( February de 2012). Quantifying energy savings during cheese ripening after implementation of sequential air ventilation in an industrial cheesemaking plant
- Moreira, C. P. (2011). *Desenvolvimento de metodologias analíticas para queijos*. Lisboa : Universidade Técnica de Lisboa

- Nunes J., Silva P. D., & ANDRADE L. P. (August 21-26, 2011). Energetic efficiency evaluation in refrigeration systems of meat industries . *International Congress of Refrigeration* . Prague, Czech Republic.
- Pemmartz. A. & Van Den Bovenkamp M. (August 21-26,2011). The energy consumption of refrigeration installations and refrigerant charges in dutch industrial sectors . *International Congress of Refrigeration* . Prague, Czech Republic
- Ramírez, C., Patel, M., & Blok, K. (November de 2004). From fluid milk to milk powder: Energy use and energy efficiency in the European dairy industry
- Réne Gerwen (R.J.M.) (August 21-26,2011). Ens user strategies for indstrial refrigeration. *International Congress of Refrigeration* . Prague, Czech Republic
- Rocha C. R. & Monteiro, M. A. (2011). *Eficiencia energética em sistemas de ar comprimido manual pratico*. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS/PROCEL
- Rochartre L., Azevedo S. & Tavares J. (Novembro de 2005). Manual de boas práticas de eficiencia energetica. (C. Departamento de Eng. Eletrotécnica e de computadores, Ed.) *Implementar o desenvolvimento sustentável nas empresas*.
- Saidel M. A. & Alves S. S. (January de 2003). Energy efficiency policies in the OECD countries
- Saidur, R., & Mekhilef, S. (December de 2009). Energy use, energy savings and emission analysis in the Malaysian rubber producing industries
- SERAP. (s.d.). First 6000 s.e. *Tanque de refrigeração*. France : SERAP
- Sharifi, M., & Young, B. (February de 2011). Dimensional spatial monitoring of tanks for the milk processing industry using
- Simia soluções termicas, equipamentos de estufagem, cura e maturação
- Silva J. A., Ferreira, R. N., & Miranda, S. M. (2010). *Auditorias energéticas* . Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Soares A. M. O., Fontinha C.S.P (Abril 2008). Projeto de uma queijaria . Instituto politécnico de Viseu
- USAID (julio 2011),Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Guía de prácticas de eficiencia energética en sistemas de refrigeración industrial. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
- Vodatcech, Dissolved air flotation UF
- Weber, & F. (1985). *Organisation des Nations Unies Pour l'alimentation et l'agriculture* . Roma.
- Worrell E., Laitner J. A., Ruth M., & Finman H. ( December de 2001). Productivity benefits of industrial energy efficiency measures.
- Xu T., Flapper J., & Kramer K.J. (August de 2009). Characterization of energy use and performance of global cheese processing. *Elsevier*.

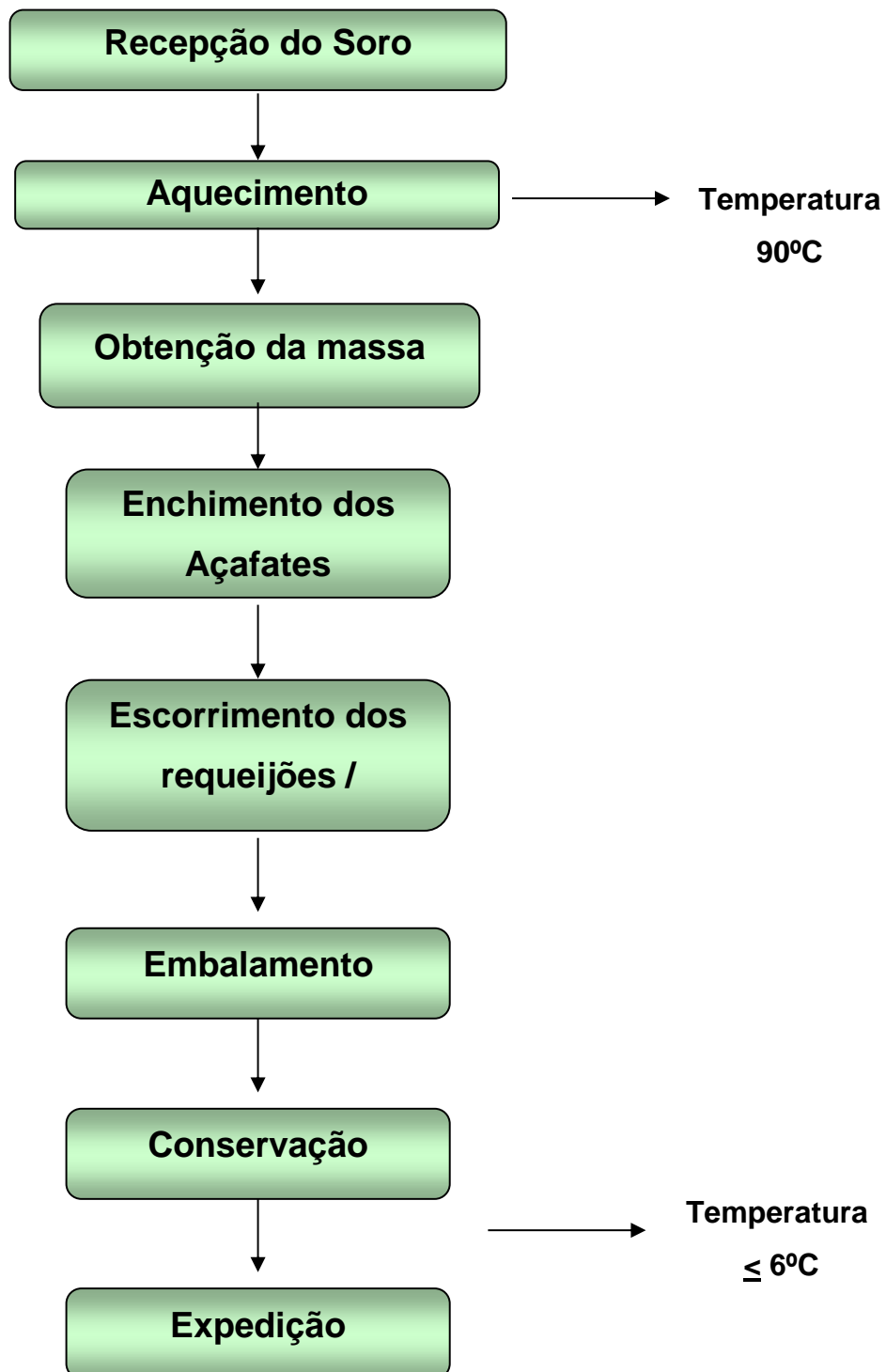


## Anexo A: Diagrama de fluxo do Produto- Queijo de Ovelha Curado





## Anexo B: Diagrama de fluxo do Produto - Requeijão










# Anexo D: Fatura de electricidade EDP




**serviço universal**

www.edpsu.pt  
apoio comercial  
808 505 000 (dias úteis, das 8 às 20h – custo chamada local)

**EDP Distribuição**  
avarias eléctricas  
800 506 506 (24h – chamada grátis)

TITULAR CONTRATO/MORADA LOCAL CONSUMO  
LACTIVNIOS CORREIA & BARREIRAS LDA  
STIO COVELOS MT  
SANTA EULALIA  
6270 SANTA EULALIA SEI

CÓDIGO IDENT. LOCAL: 0 074 189 695 1/3



CLIENTE / CONTA

NÚMERO DE CLIENTE : 1 502 904 518  
NÚMERO DE CONTA : 200 304 303 128  
NÚMERO ID. FISCAL : PT 502 904 518

N.º DE FACTURAÇÃO: 114 006 268 436

CÓDIGO DE PONTO DE ENTREGA  
**PT 0002 000 074 189 695 SR**

**Facturação, de 19 de Abril de 2010**

**débito a partir de: 2010-05-22**

**€ 3.818,88**

**RESUMO DA CONTA-CORRENTE - Período de 2010-03-19 a 2010-04-19**

Movimentos no período (€)	Débitos	Créditos	Saldo
<b>Saldo anterior</b>			7.146,92 (D)
Pagamentos efectuados		-7.146,92	0,00
Valores facturados	3.818,88		3.818,88 (D)
<b>Saldo actual</b>			<b>3.818,88 (D)</b>

(D) – Débito; (C) – Crédito

**Factura de electricidade, n.º 10383527289, correspondente ao período de: 2010-03-20 a 2010-04-19**

NOME DA INSTALAÇÃO	N.º EQ.	POT. REQUISITADA	POT. INSTALADA	POT. CONTRATADA	DATA	N.º CONTRATO	TARIFA DO CONTRATO	CICLO HORÁRIO
LACTI CORREIA-SEI	1	250 kVA	250,0 kVA	131,68 kW	06-2009	B303128001	MTB-Médias UT, Tetra-Horário	DIÁRIO

ELEMENTOS DE FACTURAÇÃO	PERÍODO A FACTURAR	QUANTIDADES	PREÇO UNIT.	FACTOR/DIAS	VALORIZAÇÃO	IVA
	Data Início Data Fim	(kWh/kVAh/kW)	(Euros)	(X)	(Euros)	(%)
Termo tarifário fixo		1,00	1,4042	31,000	43,53	5
En Activa super vazio	2010-03-20 2010-03-31	2.041,00	0,0490	1,000	100,01	5
En Activa super vazio	2010-04-01 2010-04-19	3.230,00	0,0514	1,000	166,02	5
En Activa vazio normal	2010-03-20 2010-03-31	3.328,00	0,0523	1,000	174,05	5
En Activa vazio normal	2010-04-01 2010-04-19	5.270,00	0,0553	1,000	291,43	5
En Activa ponta	2010-03-20 2010-03-31	2.547,00	0,1114	1,000	283,74	5
En Activa ponta	2010-04-01 2010-04-19	4.033,00	0,1174	1,000	473,47	5
En Activa cheias	2010-03-20 2010-03-31	6.860,00	0,0840	1,000	576,24	5
En Activa cheias	2010-04-01 2010-04-19	10.863,00	0,0844	1,000	916,84	5
Potência contratada		131,68	0,0371	31,000	151,45	5
Potência horas de ponta		53,06	0,2648	31,000	435,56	5
En Reactiva fornecida vazio	2010-03-20 2010-04-19	0,00	0,0138	1,000	0,00	5
En Reactiva cons fora vazio	2010-03-20 2010-04-19	1.247,00	0,0184	1,000	22,94	5

Base tributável	IVA (%)	Valor IVA (€)	kWh	38.172,00	SUBTOTAL	3.635,28
3.635,28	5,00	181,76				
					<b>Total sem IVA</b>	3.635,28
					<b>Valor IVA</b>	181,76
<b>Parcela relativa ao acesso às redes, sem IVA</b>					<b>€ 799,49</b>	<b>Valor em débito</b>
<b>(valor independente do fornecedor de energia eléctrica)</b>						<b>€ 3.817,04</b>

**OUTROS DÉBITOS / CRÉDITOS (€)**

TIPO DE DOCUMENTO	QTD	DESCRIÇÃO	VALOR IVA (%)

(CONTINUA NA FOLHA SEGUINTE)


**EDP Serviço Universal, S.A.**

Estimado(a) Cliente

Informamos, nos termos do Aviso do Banco de Portugal, n.º 10/2005, publicado no DR I Série B N.º 120, de 24 de Junho de 2005, relativo ao Sistema de Débitos Directos, do dever do cliente em conferir, através do Multibanco/ATM ou Banco, os dados da Autorização do Débito em Conta (ADC) aqui reproduzidos.

**Cobrança por débito directo**

**BANCO: CAIXAS DE CREDITO AGRICOLA MUT**



01e03\_201004225317 005317



# Anexo E: Certificado com as características da caldeira

MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DA INOVAÇÃO	
DIRECÇÃO REGIONAL DA ECONOMIA DO CENTRO	
<b>CERTIFICADO Nº</b> [REDACTED]	
<b>Autorização de Funcionamento</b>	
<b>Gerador de Vapor – Registo nº 018697/C</b>	
(Decreto-Lei nº 90/2010, de 22 de Julho)	
Proprietário: <i>LACTICÍNIOS</i> [REDACTED]	
Utilizador: <i>LACTICÍNIOS</i> [REDACTED]	
Actividade:	
Local de Instalação: [REDACTED]	Freguesia: [REDACTED]
Concelho: <i>SEIA</i>	Distrito: <i>GUARDA</i>
<b>Características do Equipamento Sob Pressão (ESP):</b>	
Construtor: <i>TEMAVE – TÉCNICA E MÁQUINAS PARA A INDÚSTRIA CONFECÇÕES, LDA.</i> País: <i>PORTUGAL</i>	
Marca: <i>AEME</i>	Modelo: <i>TF 600</i>
Nº de Fabrico: <i>RS 600 / 1</i>	Ano de Fabrico: <i>1997</i>
Certificado de Aprov. Construção: <i>ART.º 46.º DL 97/2000</i>	Categoria:
<i>RSP – 4609 / 1 – DRN – 04/12/1997</i>	
Superfície de Aquecimento: <i>15,5 m²</i>	Combustível/Fonte Energética: <i>GPL</i>
Vaporização: <i>600 kg/h (MW)</i>	Potência Nom. (saída):
Temperatura Máx. Admissível (TS): °C	Pressão Máx. Admissível (PS): <i>7bar</i>
Capacidade (V): <i>1470 litros</i>	Fluido a conter: <i>VAPOR / ÁGUA</i>
Prova de Pressão realizada em: <i>05-08-2010</i> , por:	
Inspeção Técnica realizada em: <i>05-08-2010</i> , por:	
OBS:	
<i>O ESP deverá ainda ser submetido a Inspeção Intercalar até 2013-02-05, nos termos dos Números 8.6 e 9.6 do Despacho n.º 22332/2001 (2.ª série), de 30 de Outubro.</i>	
<b>O presente Certificado é válido até: 2015-08-05.</b>	
Coimbra, 2011-05-04.	
	O Director Regional [REDACTED]
/PSS	
<small>DSQ/QUA/ESP Cert 02/Rev 01/05</small>	
<small>Rua Câmara Pestana, 74   3030-163 COIMBRA Tel. 239 700 200   Fax 239 405 611 - 239 405 986   E-n-ail: dre.centro@drce.min-economia.pt GPS: 40º 11' 37.23" N, 8º 24' 20.21" W   www.dre.min-economia.pt</small>	




# Anexo F: Certificado com as características do compressor da ETAR

MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DA INOVAÇÃO	
DIRECÇÃO REGIONAL DA ECONOMIA DO CENTRO	
<b>CERTIFICADO</b> [REDACTED]	
<b>Aprovação de Instalação e Autorização de Funcionamento</b>	
<b>Equipamento Sob Pressão – Registo nº 018643/C</b>	
(Decreto-Lei nº 97/2000, de 25 de Maio)	
<hr/>	
Proprietário: <i>LACTICÍNIOS</i> [REDACTED]	
Utilizador: <i>LACTICÍNIOS</i> [REDACTED]	
Actividade:	
Local de Instalação: [REDACTED] Freguesia: [REDACTED]	
Concelho: <i>SEIA</i>	Distrito: <i>GUARDA</i>
<hr/>	
<b>Características do Equipamento Sob Pressão (ESP):</b>	
Construtor: <i>ANTUNES &amp; IRMÃO, S.A.</i>	País: <i>PORTUGAL</i>
Marca: <i>ANTUNES &amp; IRMÃO, S.A.</i>	Modelo: <i>500 V</i>
Nº de Fabrico: <i>0088</i>	Ano de Fabrico: <i>2002</i>
Certif. Aprov. Constr.: <i>CV "CE" Nº VCE-020556 – 19/12/2002</i>	Ref.º Empresa: <i>---</i>
Pressão Máxima Admissível (PS): <i>12 bar</i>	Capacidade tot.(V): <i>550 litros</i>
Temperaturas Máx./Mín. de funcionamento: <i>+50 / 0 °C</i>	
Fluido(s) a conter: <i>AR</i>	
<hr/>	
Prova de Pressão realizada em: <i>05-08-2010</i> , por: <i>ITG</i>	
Inspeção Técnica realizada em: <i>05-08-2010</i> , por: <i>ITG</i>	
<b>O presente Certificado é válido até: 2016-08-05.</b>	
Coimbra, 2010-11-12.	
	O Director Regional [REDACTED]
/PSS	
<small>DSO/QUA/ESP Cert 01/Rev 01/05</small>	
<small>Rua Câmara Pestana, 74   3030-163 COIMBRA Tel. 239 700 200   Fax 239 405 611 - 239 405 986   E-mail: dre.centro@drce.min-economia.pt GPS: 40° 11' 37.23" N, 8° 24' 20.21" W   www.dre.min-economia.pt</small>	



# Anexo G: Certificado com as características de uma câmara

 **AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE**  
Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

**FICHA DE INTERVENÇÃO**  
(De acordo com o Anexo II do Decreto-Lei n.º 35/2008)

**1. Identificação do Proprietário/Detentor do Equipamento:**

Nome: \_\_\_\_\_  
Morada: \_\_\_\_\_  
Contacto (telefone, telemóvel, fax ou e-mail): \_\_\_\_\_ NIF: \_\_\_\_\_

**2. Identificação do(s) Técnico(s) Responsável(ais) pela Intervenção:**

Nome: \_\_\_\_\_  
Morada: \_\_\_\_\_  
Contacto (telefone, telemóvel, fax ou e-mail): \_\_\_\_\_ NIF: \_\_\_\_\_  
 Grupo A Certificado n.º: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_  
Morada: \_\_\_\_\_  
Contacto (telefone, telemóvel, fax ou e-mail): \_\_\_\_\_ NIF: \_\_\_\_\_  
 Grupo B Certificado n.º: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_  
Morada: \_\_\_\_\_  
Contacto (telefone, telemóvel, fax ou e-mail): \_\_\_\_\_ NIF: \_\_\_\_\_  
 Grupo C Certificado n.º: \_\_\_\_\_

**3. Características do Equipamento e Identificação do Fluido Refrigerante contido no Equipamento:**

Tipo de Equipamento, de acordo com o Regulamento (CE) n.º 2037/2000, de 29 de Junho:

Equipamento de Refrigeração  
 Equipamento de Ar Condicionado  
 Bomba de Calor  
 Sistema Reversível de Ar Condicionado/Bomba de Calor

Marca: Frascopa Modelo: D395  
N.º de Série: 8F2087 Data de Fabrico (dd/mm/aaaa): \_\_\_\_\_  
Designação Química do Fluido: R22 (Hcfc)  
Fórmula Química do Fluido: C<sub>2</sub>HClF<sub>2</sub>  
Código da Lista Europeia de Resíduos, Publicado na Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março, aplicável ao fluido:  
140603  
Carga de Fluido (kg): 6 Capacidade de Refrigeração (kW): 0.3

1



**FICHA DE INTERVENÇÃO**

(De acordo com o Anexo II do Decreto-Lei n° 35/2008)

**4. Intervenção(ões) Efectuada(s):**

Tipo(s) de intervenção(ões), de acordo com o Anexo I do Decreto-Lei n° 35/2008, de 27 de Fevereiro:

- Transferência de Fluido
- Manutenção/Assistência, incluindo Detecção de Fugas
- Recuperação para Análise do Fluido
- Recuperação antes da Desmontagem ou Remoção de Parte ou Totalidade dos Equipamentos Principais
- Recuperação antes da Desmontagem ou Remoção de Acessórios e/ou Equipamento Auxiliar do Circuito Primário
- Recuperação sem Desmontagem e/ou Remoção do Equipamento
- Reciclagem de Fluido
- Valorização de Fluido
- Destruição de Fluido


**Fluido Frigorigénico:**

Recuperado: \_\_\_\_ (kg), para efeitos de:  Recarga no Mesmo Equipamento  
 Destruição  
 Reciclagem  
 Valorização

Nova Carga: \_\_\_\_ (kg) Recuperado do Mesmo Equipamento  
\_\_\_\_ (kg) Reciclado  
\_\_\_\_ (kg) Fluido Virgem  
\_\_\_\_ (kg) Valorizado  
\_\_\_\_ (kg) Novo Fluido - identificação: \_\_\_\_\_

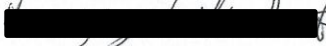
Reciclado: \_\_\_\_ (kg)  
Valorizado: \_\_\_\_ (kg)  
Destruído: \_\_\_\_ (kg)

**5. Observações**

Local: 

Data (dd/mm/aaaa): 11/11/2011

O(s) Técnico(s) Responsável(ais),

  
\_\_\_\_\_

O Proprietário/Responsável,



# Anexo H Registo de temperaturas da câmara de primeira fase.

Ano: 2012

Mês: Agosto

Dias	Câmara de Conservação				Câmara de Conservação do Produto Final				Observ.	Resp
	8H		18H		8H		18H			
	T °C	Hr (%)	T °C	Hr (%)	T °C	Hr (%)	T °C	Hr (%)		
1	13	77	11	75	12,5	83	13	79		8
2	13	75	11	74	13	79	12,5	81		8
3	10	74	10	73	13	83	13	82		8
4										
5										
6	10	74	10	72	12,5	84	13	81		8
7	12	83	11	87	12	82	12,5	83		8
8	11	73	11	81	PA	PA	12	84		8
9	10	75	11	79	12,5	83	12	81		8
10	11	84	11	81	12,5	82	12,5	84		8
11										
12										
13	11	79	10	81	13	84	12,5	83		8
14	11	76	10	89	12,5	82	12	84		8
15	<del>.....</del>									
16	10	76	11	78	PA	PA	12,5	81		8
17	11	82	10	77	12	82	12	81		8
18										
19										
20	11	79	10	70	12	81	13	81		
21	10	76	9	71	12	84	12,5	83		
22	12	84	12	84	12	83	13	89		
23	11	83	10	72	13	83	12,5	82		
24	10	77	10	79	PA	PA	13	81		
25										
26										
27	10	81	11	76	13	80	12,5	77		
28	10	87	11	82	PA	PA	12,5	79		
29	12	86	12	83	13	82	13	85		
30	10	73	12	86	12,5	78	12	83		
31	10	82	12	79	12	76	12,5	80		

Nota : Sempre que se verificar uma das seguintes situações, assinalar:

- Avaria – (AV)
- Porta aberta – (PA)
- Desligada – (D)

Em caso de avaria preencher a ficha de registo FR – 10