



Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Paulo Filipe Cabete Ferreira

AUDITORIAS ENERGÉTICAS NA INDÚSTRIA AGROALIMENTAR: FILEIRA DOS PEIXES

Dissertação de Mestrado em Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Setembro de 2014



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Dissertação de Mestrado em engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Auditorias Energéticas na Indústria Agroalimentar: Fileira dos Peixes

Paulo Filipe Cabete Ferreira

Júri:

Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge (Presidente)

Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes (Orientador)

Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar (Co-orientador)

Professor Doutor José Manuel Baranda Moreira da Silva Ribeiro (Vogal)

Coimbra 2014

Agradecimentos

Durante o meu percurso académico muitas foram as pessoas que contribuíram para o meu sucesso e a minha felicidade. A estas pessoas gostaria de deixar algumas palavras de agradecimento e profundo apreço.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes e ao Professor Doutor Adélio Manuel Rodrigues Gaspar pela orientação, pela ajuda e disponibilidade ao longo do trabalho.

Gostaria também de agradecer aqueles que me acompanharam sempre às auditorias energéticas pelo enorme companheirismo, entreaajuda e boa disposição, tanto nos momentos de trabalho como de lazer.

Gostaria de agradecer aos meus colegas e amigos que fizeram do meu percurso académico uma experiencia única e enriquecedora, que irá ficar para a vida.

Por fim, gostaria de deixar um grande agradecimento à minha família, especialmente aos meus pais, pelo grande carinho e motivação, pelo apoio incondicional e por estarem sempre presentes.

Resumo

O desenvolvimento desta dissertação foi realizada no âmbito do projeto Inovenergy, tendo sido focada em auditorias energéticas à fileira dos peixes do sector agroalimentar.

Em Portugal, as pequenas e médias empresas não são abrangidas pelo que o único programa de incentivo nacional, o SGCIE (apenas para consumidores superiores a 500 tep/ano), este tipo de empresas não está estimulada legalmente a melhorar a forma como usa a energia, levando a situações em que facilmente se verificam oportunidades de racionalização de consumos auspiciosas que deveriam ser adotadas para o aumento da eficiência energética das instalações com o benefício da redução de custos monetários.

Na fileira em análise, a forte dependência da refrigeração e da iluminação são os dois usos finais com mais relevo no consumo energético neste tipo de instalações. Dada esta importância, o estudo de medidas de eficiência energética nestes usos finais ganha uma dimensão maior com o objetivo de se identificarem medidas de melhoria que sirvam de suporte para empresas da mesma área. A auditoria possibilita ainda a criação de uma base de dados com indicadores energéticos que será uma mais-valia para as PME's de modo a tornarem mais competitivas no seu mercado.

Muitas das vezes, as pequenas e médias empresas, encaram o custo energético como inevitável não sendo visto como alvo de medidas de racionalização.

O estudo e caracterização da auditoria consistiu numa recolha inicial e análise de dados documentais, nomeadamente o histórico do consumo energético. Seguidamente realizaram-se as monitorizações aos quadros elétricos de cada instalação em estudo, por forma a poder elaborar um relatório com as Oportunidades de Racionalização de Consumos identificadas. Este relatório dá a entender de uma forma geral, as atuais ineficiências energéticas mais comuns neste setor, que podem acarretar custos monetários baixos e no entanto estão a dar prejuízos monetários às empresas.

Palavras-chave: Auditoria Energética, Setor Agroalimentar, Fileira dos Peixes, Eficiência Energética, Oportunidades de Racionalização de Consumo.

Abstract

The development of this dissertation was carried out under the project Inovenergy and it focused on energy audits in the fish sector of the agro-food industry.

In Portugal, small and medium enterprises (SME) are not covered by the only national incentive program – SGCIE (just for 500 toe/year consumers). This type of enterprises are not legally encouraged to improve the way the energy is used which leads to situations in which auspicious opportunities to rationalize consumption (ORC) are identified. Afterward, those ORC should be adopted to increase the energy efficiency of the facilities and to reduce the monetary cost.

In the fish industry, cooling and lighting are the most relevant and energy consuming end use activities. Therefore, the study of energy efficiency measures to those end use activities gains a higher dimension when the goal is to identify improvement measures which can also serve as base for other enterprises in the same or in similar industry branches. Therefore, building a database of energy efficiency indicators will be an added value for SME since it can help them considerably to become more competitive in their market.

Very often and in a wrong manner SME face the cost of the energy as inevitable instead of being targeted for ORC.

The study and characterization of the energy audit consisted of an initial data collection and analysis of documents, namely the history of energy consumption. Afterwards, and in order to make a report based on the identified ORCs, all the panel boards of each facility were monitored. In general, through the analysis of that report, it can be seen that the current and most common energy inefficiencies in the fish sector can lead to lower costs and yet they are still provoking monetary losses to the enterprises.

Keywords: Energy Audit, Agro-food Sector, Fish Industry, Energy efficiency, Opportunities to Rationalize Consumption.

Índice

| | |
|--|-----|
| Lista de Figuras | iii |
| Lista de Tabelas..... | v |
| Lista de Abreviaturas | vii |
| 1. Introdução..... | 1 |
| 1.1. Estrutura do Documento..... | 2 |
| 2. Enquadramento..... | 3 |
| 2.1. Setor Agroalimentar | 5 |
| 2.2. Indústria Agroalimentar..... | 6 |
| 2.3. Indústria do Pescado..... | 7 |
| 3. Auditoria Energética..... | 9 |
| 3.1. Os diferentes tipos de Auditoria Energética..... | 9 |
| 3.2. A importância das Auditorias Energéticas | 10 |
| 3.3. Indicadores Energéticos..... | 11 |
| 3.4. Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC's)..... | 12 |
| 4. Caso de Estudo | 13 |
| 4.1. Caracterização das Empresas | 13 |
| 4.1.1. CAE associado às empresas | 14 |
| 4.1.2. Refrigeração | 14 |
| 4.1.3. Identificação dos Quadros Elétricos Monitorizados | 16 |
| 4.2. Histórico recente do consumo energético..... | 16 |
| 4.2.1. Energia Ativa..... | 16 |
| 4.2.2. Desagregação dos consumos por períodos horários..... | 18 |
| 4.2.3. Energia Reativa | 20 |
| 4.3 Análise da recolha de dados | 21 |
| 4.3.1. Diagrama de Carga..... | 21 |
| 4.3.2. Desagregação por setor/quadro | 23 |
| 4.3.3. Energia Reativa | 25 |
| 4.3.4 Análise do tarifário..... | 25 |
| 4.4. Qualidade e Serviço de Energia | 27 |
| 4.5. ORC's identificadas nas empresas | 29 |

| | |
|--|----|
| 4.5.1. Esquemática do Sistema de Iluminação | 29 |
| 4.5.2. Iluminação..... | 29 |
| 4.5.3. Reforço do isolamento de um depósito de fluido refrigerante..... | 33 |
| 4.5.4 Isolamento térmico de câmaras frigoríficas | 35 |
| 4.5.5. Dimensionamento dos Motores Elétricos (compressores)..... | 39 |
| 5. Conclusão..... | 43 |
| 6. Considerações a ter em linha de conta em auditorias futuras | 45 |
| Referências..... | 47 |
| Anexos | 51 |
| A1 – Consumo Energético das Empresas do ano 2012..... | 53 |
| A2 – Consumo Energético das Empresas do ano 2013..... | 53 |
| B1 – DC da Empresa A (“Frio Novo” + “Frio Antigo” + “Iluminação”)..... | 54 |
| B2 – DC da Empresa B | 55 |
| B3 – DC da Empresa C | 56 |
| C1 – Ciclo Semanal..... | 57 |
| C2 – Ciclo Semanal Opcional..... | 58 |
| D1 – Desagregação da empresa A em percentagem | 59 |
| D2 – Desagregação da empresa B em percentagem | 60 |
| D3 – Desagregação da Empresa C em percentagem..... | 60 |
| D4 – Percentagem média da Desagregação por períodos horários | 61 |
| D5 - Desagregação pelos diversos períodos, em percentagem, para cada Ciclo | |
| Horário | 61 |
| F1 – Custo da energia (€kWh)..... | 63 |
| F2 – Preço das Lâmpadas..... | 63 |
| G – Tabela comparativa da potência lâmpadas LED vs Fluorescentes | 64 |
| H2 – Empresa B | 65 |
| H3 – Empresa C | 66 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Consumo de energia por fonte, em Portugal, no ano de 2012 [2] | 3 |
| Figura 2 – Consumo de energia final em Portugal, por setor de atividade, em 2012 [7]..... | 4 |
| Figura 3 – Evolução temporal do consumo energético das empresas, do ano 2012 e do ano 2013 | 18 |
| Figura 4 – Percentagem do consumo monitorizado nos diversos períodos horário..... | 19 |
| Figura 5 – Evolução da energia reativa da empresa C, durante o ano 2012 até ao mês de Agosto de 2013..... | 20 |
| Figura 6 – Diagrama de Carga da potência ativa total monitorizada da empresa A, primeira monitorização..... | 21 |
| Figura 7 – Diagrama de Carga da potência ativa total monitorizada da empresa A, segunda monitorização..... | 21 |
| Figura 8 – Diagrama de Carga da potência ativa total monitorizada da empresa B | 22 |
| Figura 9 – Diagrama de Carga da potência ativa total monitorizada da empresa C, primeira monitorização..... | 22 |
| Figura 10 – Diagrama de Carga da potência total monitorizada ativa da empresa C, segunda monitorização..... | 22 |
| Figura 11 – Desagregação da empresa A por usos finais..... | 23 |
| Figura 12 – Desagregação da empresa B por usos finais | 23 |
| Figura 13 – Desagregação da empresa C por usos finais | 23 |
| Figura 14 – Valores da tensão no quadro parcial “Frio Novo” | 28 |
| Figura 15 - Danos no depósito de fluidos da empresa A | 33 |
| Figura 16 – Formação de gelo e calhas técnicas com cabos elétricos, na empresa A..... | 33 |
| Figura 17 - Formação de gelo na tubagem da empresa B | 34 |
| Figura 18 - Formação de gelo na tubagem da empresa C | 34 |
| Figura 19 - Reparação feita manualmente numa das câmaras de refrigeração da empresa A | 36 |
| Figura 20 - Danos provocados pelo limitador numa das portas das câmaras de refrigeração da empresa A | 36 |
| Figura 21 - Deterioração junto ao rodapé de uma das câmaras de refrigeração da empresa A | 37 |
| Figura 22 - Corte numa das paredes de uma câmara de refrigeração da empresa B..... | 37 |
| Figura 23 - Formação de bolhas de ar no teto de uma das câmaras de refrigeração da empresa B | 37 |
| Figura 24 – Imagem termográfica de uma das portas da câmara de refrigeração da empresa A, vista do interior. | 38 |

| | |
|--|----|
| Figura 25 – Imagem termográfica de uma das portas da câmara de refrigeração da empresa A, vista do interior..... | 38 |
| Figura 26 - Imagem termográfica de uma das portas da câmara de refrigeração da empresa B, vista do interior..... | 38 |
| Figura 27 - Imagem termográfica de uma das portas da câmara de refrigeração da empresa B, vista do interior..... | 38 |
| Figura 28 – Consumo monitorizado aos compressores da empresa A | 39 |
| Figura 29 – Percentagem do regime carga do quadro parcial “Frio Novo” e respetivo fator de potência..... | 40 |
| Figura 30 – Regime de carga do compressor C2, da empresa B | 41 |
| Figura 31 – Desagregação da energia ativa dos compressores da empresa B | 41 |
| Figura 32 – Desagregação do consumo da energia ativa dos compressores da empresa C..... | 42 |
| Figura 33 – Diagrama de Carga do período monitorizado da primeira visita, kW..... | 54 |
| Figura 34 - Diagrama de Carga do período monitorizado da segunda visita, kW..... | 55 |
| Figura 35 - Diagrama de Carga do período monitorizado, kW | 55 |
| Figura 36 - Diagrama de Carga do período monitorizado da primeira visita, kW | 56 |
| Figura 37 - Diagrama de Carga do período monitorizado da primeira visita, kW | 56 |
| Figura 38 – Desagregação pelos diferentes períodos horários do Ciclo Semanal | 57 |
| Figura 39 - Desagregação pelos diferentes períodos horários do Ciclo Semanal..... | 58 |
| Figura 40 – Regime de carga do compressor C1 | 65 |
| Figura 41 - Regime de carga do compressor C2..... | 65 |
| Figura 42 - Regime de carga do compressor C3..... | 65 |
| Figura 43 - Regime de carga do compressor C4..... | 65 |
| Figura 44 - Regime de carga do compressor CA..... | 65 |
| Figura 45 - Regime de carga do Compressor Conservação..... | 66 |
| Figura 46 - Regime de carga do Compressor Congelação..... | 66 |
| Figura 47 - Regime de carga do Compressor Climatização..... | 66 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Estatísticas do setor agroalimentar português em 2009 [10] | 5 |
| Tabela 2 – Indústria Agroalimentar, caracterização da indústria dos Pescados [10]..... | 7 |
| Tabela 3 - Designação do CAE para as empresas alvo de estudo desta dissertação [12, 13] | 14 |
| Tabela 4 – Valores anuais do consumo energético e respetivo custo de cada empresa, expresso em kWh e tep | 17 |
| Tabela 5 – Desagregação do consumo elétrico por períodos horário das empresas, referente ao ano 2012 e 2013 | 19 |
| Tabela 6 – Comparação de ciclos tarifários em termos de custos anuais da energia ativa, referente ao ano 2012..... | 26 |
| Tabela 7 – Poupanças referentes à substituição da iluminação por tecnologia LED..... | 31 |
| Tabela 8 – Poupanças subjacentes ao melhoramento do isolamento | 35 |
| Tabela 9 – Consumo energético do ano 2012, expressos em kWh | 53 |
| Tabela 10 - Consumo energético do ano 2013, expressos em kWh..... | 53 |
| Tabela 11- Desagregação dos consumos das faturas energéticas pelos períodos horários em percentagem, do ano 2013 | 59 |
| Tabela 12 - Desagregação dos consumos das faturas energéticas pelos períodos horários, do ano 2012 | 59 |
| Tabela 13- Desagregação dos consumos das faturas energéticas pelos períodos horários, do ano 2012 | 60 |
| Tabela 14- Desagregação dos consumos das faturas energéticas pelos períodos horários, do ano 2012 | 60 |
| Tabela 15 - Desagregação dos consumos das faturas energéticas pelos períodos horários, do ano 2012 | 61 |
| Tabela 16 – Média do Consumo de cada Períodos Horário, em percentagem..... | 61 |
| Tabela 17 – Desagregação pelos diversos períodos, em percentagem..... | 61 |
| Tabela 18 – Energia Reativa taxada da empresa C | 62 |
| Tabela 19 – Custo de energia dos diferentes períodos horários | 63 |
| Tabela 20 – Características das lâmpadas sugeridas e usadas para os cálculos..... | 63 |
| Tabela 21 – Preço Considerado para as Lâmpadas Fluorescentes | 64 |
| Tabela 22 – Comparação da potência equivalente das Lâmpadas LED vs Fluorescente, da marca Philips CorePro | 64 |

Lista de Abreviaturas

| | |
|--------|---|
| ADAI | Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial |
| INESCC | Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra |
| QGBT | Quadro Geral de Baixa Tensão |
| CAE | Classificação Portuguesa das Atividades Económicas |
| CEE | Consumo Específico de Energia |
| CIE | Consumidor Intensivo de Energia |
| IC | Intensidade Carbónica |
| IE | Intensidade Energética |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PIBpm | produto Interno bruto a preços de mercado |
| VAB | Valor Acrescentado Bruto |
| PME | Pequena e Média Empresa |
| PRI | Período de Retorno do Investimento |
| SGCIE | Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos Energéticos |
| ORC | Oportunidade de Racionalização de Consumo |
| kVA | Quilovolt-ampere |
| kVAr | Quilovolt-ampere reativo |
| kVArh | Quilovolt-ampere reativo-hora |
| kW | Quilowatt |
| kWh | Quilowatt-hora |
| MT | Média Tensão |
| AT | Alta Tensão |
| MAT | Média e Alta Tensão |
| MWh | Megawatt-hora |
| PHP | Potência em Horas de Ponta |
| DC | Diagrama de Carga |
| FP | Fator de Potência |
| h | Hora |
| Tep | Tonelada equivalente de petróleo |

1. Introdução

A indústria do Setor Agroalimentar é um dos pilares da economia nacional, bem como o sector de bens transacionáveis que mais contrui para o Valor Acrescentado Bruto (VAB) nacional e é um dos setores económicos com maior exposição à concorrência mundial.

Dada a importância deste setor, que tanto contribui para o crescimento das exportações e sendo um setor onde a maioria das instalações não está abrangida pelos limites imposto pelo SGCIE, há uma necessidade de caracterizar este setor por forma a reforçar a competitividade do setor.

O desenvolvimento de programas de apoio ao setor industrial destinados a reforçar a competitividade do mesmo tem sido fundamental para o modelo económico-social. Nesse âmbito o projeto Inovenergy - eficiência energética no Setor Agroindustrial teve como objetivo promover a eficiência energética e a caracterização das indústrias do setor agroalimentar, percebendo as necessidades energéticas de cada fileira, quer no processo produtivo quer no armazenamento dos produtos, já que os requisitos de processo e armazenamento dos produtos (temperaturas e humidade do ar) variam consoante o tipo de produto. Este projeto abrangeu um total de seis fileiras, nomeadamente, Carne, Distribuição, Hortofrutícolas, Leite e Lacticínios, Peixes, e Vinho e Vinha [1].

No âmbito da sua participação no Projeto Inovenergy (COMPETE/SIAC – AAC1/SIAC/2011 – Projeto número 18462), encetou-se uma parceria com a Universidade de Coimbra, através dos seus centros de investigação ADAI e INESCC, para colaborar nas auditorias energéticas, mais concretamente à fileira dos Peixes, da região centro do país, com o objetivo de caracterizar a utilização de energia nas empresas da fileira, e identificar e quantificar medidas de utilização racional de energia (URE's), dando origem à realização desta dissertação.

1.1. Estrutura do Documento

O presente documento encontra-se dividido em seis capítulos, sendo que até ao fim deste tópico corresponde ao primeiro capítulo.

No capítulo dois, é efetuada uma caracterização ao sector industrial português, com foco no subsector da Indústria Agroalimentar, mais concretamente à Fileira dos Peixes. Este capítulo é ultimado com uma abordagem à importância das auditorias energéticas para a indústria.

No terceiro capítulo é descrito o conceito de auditoria energética, sendo abordados os seus objetivos e metodologias.

O capítulo quatro diz respeito aos casos de estudo desta dissertação. Neste capítulo analisa-se o histórico do Consumo Energético, assim como as monitorizações realizadas. Ainda são abordadas as medidas de Oportunidade de Racionalização de Consumo (ORC's) identificadas nas auditorias deambulatória e analítica, sendo ainda apresentados os valores referentes às poupanças e aos investimentos.

No último capítulo são enumeradas as principais conclusões retiradas a partir do presente trabalho, enumerando-se ainda algumas considerações finais para uma eventual auditoria energética futura.

2 Enquadramento

Embora Portugal seja um país com escassos recursos energéticos de origem fóssil, cerca de 79,4% da energia primária nacional é consumida precisamente sob essas fontes de energia (petróleo, carvão e gás natural), o que obriga à importação destes recursos energéticos. Na Figura 1, é apresentado graficamente o consumo de energia primária por fonte, em Portugal, no ano de 2011.

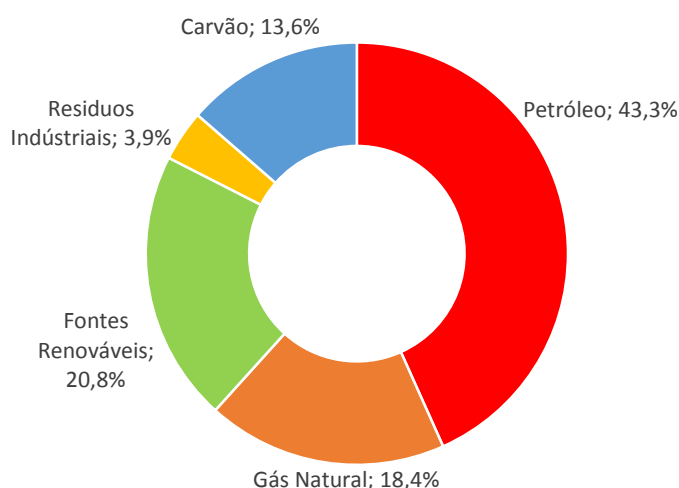


Figura 1 – Consumo de energia por fonte, em Portugal, no ano de 2012 [2]

Segundo dados do Eurostat, Portugal está entre os 10 países da EU-27 com maior dependência energética externa [3]. A forte dependência energética é um dos problemas graves que Portugal enfrenta e num contexto de custo de energia cada vez mais elevado, constitui uma das causas da crise económica que abala a sociedade e o estado português. Segundo a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) [2], a dependência de Portugal, em termos de importação de energia, no ano de 2012, foi de 78,4%. Ainda assim, esta dependência de energia externa tem vindo a diminuir desde 2005, ano que atingiu 88,8% [2].

Em 2013, o Saldo Importador de Produtos Energéticos cifrou-se em 6 232 milhões de euros, registando uma redução de 12,8% face a 2012, e representando 68,6% do saldo da balança de mercadorias e 3,8% do PIBpm [4].

Associada à forte dependência energética, o país depara-se com uma elevada ineficiência na utilização da energia, o que facilmente, se demonstra comparando a quantidade de energia primária consumida em relação ao produto interno bruto (PIB). Por exemplo, em 2009, foram necessárias 187 toneladas equivalente de petróleo (tep) para produzir um milhão de euros de PIB, quando a média europeia (EU-25) foi de 165 tep [3].

Tal como nos restantes países desenvolvidos do mundo, torna-se necessária uma alteração de padrões de produção e de consumo de energia e uma reformulação energética, permitindo aumentar a eficiência energética e ambiental da economia do país e reduzir a sua vulnerabilidade em relação ao comportamento dos mercados internacionais. No ano de 2005, visando promover as energias renováveis, aumentar a eficiência energética e reduzir a dependência externa, Portugal adotou a *New Energy Policy*, comprometendo-se com as seguintes metas [5, 6]:

- 60% da eletricidade ser produzida a partir de fontes renováveis (31% em termos de energia primária);
- Melhoria de eficiência energética equivalente a 10% do consumo final de energia até 2015;
- Forte investimento em projetos de energia solar e das ondas, entre outras. Nas energias renováveis Portugal aponta para o valor de 31% de aumento, e não apenas aos 20% estabelecidos pela U.E., com as «metas 20-20-20».

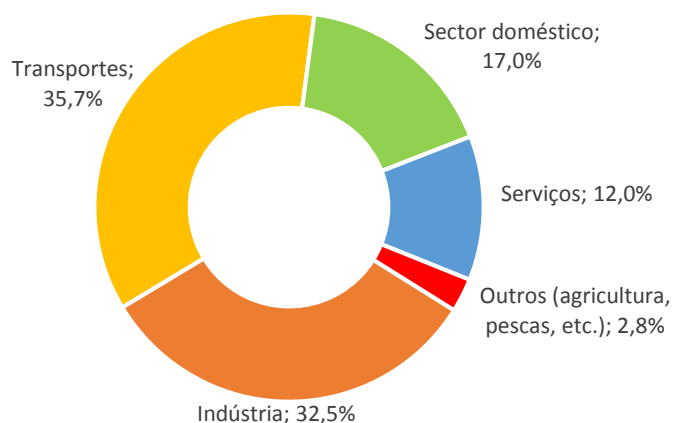


Figura 2 – Consumo de energia final em Portugal, por sector de atividade, em 2012 [7]

Em termos de consumos por sector de atividade em Portugal, destacam-se os sectores dos transportes, indústria e doméstico. Na Figura 2 é apresentado, o consumo de energia final em Portugal, por sector de atividade, no ano de 2012. Em Portugal o consumo de energia final, em 2012, atingiu o valor de 15,591 ktep, tendo-se verificado uma redução de 5,6% face a 2011 [2]. Esta redução advém, em parte, das dificuldades financeiras que se vive atualmente, que tem levado à preocupação de manter os mesmos níveis de produtividade mas de forma mais eficiente.

2.1. Setor Agroalimentar

O sector Agroalimentar compra e processa 70% da produção agrícola europeia, contribuindo positivamente para a balança comercial em cerca de 9,8 biliões de euros, oferecendo diariamente a mais de 500 milhões de consumidores uma vasta gama de produtos alimentares cumprindo requisitos de segurança alimentar, nutricional e preço, adequados aos seus consumidores [8, 9].

Das indústrias transformadoras, a indústria Alimentar e de bebidas é aquela que tem uma contribuição maior para a economia europeia e nacional, represento 16% e 20%, respetivamente, do volume de negócios nacionais [10].

A nível europeu, o sector agroalimentar emprega cerca 4,1 milhões de pessoas, onde estão envolvidas cerca de 274 mil empresas, das quais 99,1% são consideradas PME's. Apesar desta expressiva percentagem, apenas 63%, das PME's, corresponde à empregabilidade do sector, e na sua globalidade contribuem com 48,7% do volume de negócios [10].

Em Portugal, a importância deste sector na economia é comprovada pelo Valor Acrescentado Bruto (VAB) gerado, estimado em cerca 4,9 mil milhões de euros, e que representa 2,9% do PIB nacional [11]. A nível nacional, o sector Agroalimentar é constituído pelas fileiras agrícolas, das pescas e das agroindústrias – alimentares e de bebidas [10], dados estes que podem ser consultados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estatísticas do setor agroalimentar português em 2009 [10]

| | VAB 2009 (milhões de euros) | % PIB | VN 2009 (milhões de euros) | Emprego 2009 (milhares de indivíduos) |
|---|--|--------------|---|--|
| AGRICULTURA | 1.800 | 1,1% | 6.778,5 | 539 |
| PESCA E AQUICULTURA | 181 | 0,1% | 396,6 | 13 |
| INDÚSTRIAS ALIMENTARES | 2.183 | 1,4% | 11.084,6 | 95 |
| INDÚSTRIAS DE BEBIDAS | 692 | 0,4% | 2.907,2 | 14 |
| SECTOR AGROALIMENTAR | 4.856 | 2,9% | 21.139,9 | 661 |
| AGRICULTURA | 1.800 | 1,1% | 6.778,5 | 539 |

2.2. Indústria Agroalimentar

A indústria agroalimentar é considerada a maior indústria portuguesa, devido ao seu volume de negócios (cerca de 14 mil milhões de euros em 2010), o que representou 19% do total da indústria transformadora. Nesse mesmo ano, o sector possuía cerca de 10500 empresas e 110 mil efetivos [12].

Segundo a Classificação Portuguesa das Atividades Económicas (CAE), e apesar da sua grande multiplicidade subsectorial, este sector divide-se, essencialmente em dois grupos, a Indústria Alimentar (CAE10) e a Indústria de bebidas (CAE 11) [13].

As pequenas empresas distinguem-se das médias por terem menos de 50 trabalhadores e um volume de negócios inferior a 7 milhões de euros (ou um balanço inferior a 5 milhões de euros), e as microempresas distinguem-se destas por terem menos de 10 trabalhadores. Segundo dados estatísticos, cerca de 97% das empresas da indústria alimentar fazem parte do grupo das PME's, sendo que 80% são consideradas microempresas. Na indústria de bebidas as PME's representavam 77,2% [14]. Devido à pequena dimensão da maioria das empresas que constitui este sector, estima-se que as mesmas tenham um consumo anual inferior a 500 tep, não podendo serem consideradas Consumidoras Intensivas de Energia (CIE) e consequentemente não estão abrangidas pelo SGCIE.

Em termos comerciais, no ano de 2009, o mercado externo representou 15% do total de vendas da indústria alimentar, enquanto os restantes 85% tiveram como destino o mercado interno. Por sua vez, nesse mesmo ano, a indústria de bebidas apresentou um volume de exportação muito superior, representando o mercado externo cerca de 25,3% das vendas totais [15, 16].

A representatividade da indústria alimentar (CAE 10) na indústria agroalimentar (CAE 10 e CAE 11) é bastante significativa, sendo que representa: 79% do volume de negócios, 90% do número de empresas, 87% de empregabilidade de pessoas e 76% do VAB [12].

2.3. Indústria do Pescado

A indústria do Pescado é constituída pelas indústrias do Pescado Fresco, Pescado Congelado, de Bacalhau e Conservas de Peixes.

Em termos económicos este subsetor é responsável por 218,73 milhões de euros d VAB e por um Volume de Negócios na ordem dos 1036,66 milhões de euros. A estes valores acrescenta-se ainda um valor de exportações em 2011 de 460,96 milhões de euros correspondentes a 127022 toneladas [10].

A tabela demonstra de uma forma mais detalhada o peso setorial que cada uma das indústrias do pescado apresenta neste subsetor.

Tabela 2 – Indústria Agroalimentar, caracterização da indústria dos Pescados [10]

| Indústria do Pescado | | | | |
|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| | Pescado Fresco | Pescado Congelado | Bacalhau | Conserva de Peixe |
| N.º de empresas | 3633 (0,2%) | 29 (0%) | 46 (0,2%) | 30 (0%) |
| Emprego direto | 11686 (91,2%) | 809 (1%) | 1780 (1,9%) | 2195 (2%) |
| VAB (M€) | 117,8 (98,3%) | 16 (1%) | 46,93 (2,1%) | 38 (2%) |
| Volume de Negócios | 344,7 (93,3%) | 119,43 (1%) | 392,53 (3,5%) | 180 (2%) |
| Exportação (Ton) | 38430 | 41081 | 13103 | 34418 |
| Exportação (M€) | 126,96 (72,7%) | 103 (5%) | 83,3 (4%) | 148 (7%) |

Na Tabela 2, as percentagens indicadas entre parenteses correspondem à percentagem global do setor agroalimentar para o caso do número de empresas e para restantes casos, as percentagens estão relacionadas somente com a Indústria do Pescado.

Salienta-se que nesta tabela está caracterizado uma parte da Indústria do Pescados, sendo por isso que as percentagens encontradas não perfazem os 100% da respetiva Indústria.

3. Auditoria Energética

A auditoria energética tem como principal objetivo a caracterização, ajustamento e otimização da utilização da energia elétrica, aplicando adequadamente métodos, procedimentos e sistemas de forma a reduzir as necessidades de energia por unidade de produção, mantendo constante ou reduzindo dos custos totais de produção.

Deste modo, o conceito de auditoria energética pode ser definido como uma análise crítica e detalhada das condições de utilização de energia numa instalação, classificando em termos de eficiência os equipamentos, localizando as fontes de desperdício de energia, com vista à deteção de oportunidades de racionalização de energia, através de medidas com uma viabilidade técnico-económico aliciente [17-25].

Uma Auditoria energética terá necessariamente que iniciar com o conhecimento da situação energética da instalação de modo a caracterizar e quantificar os recursos energéticos usados. Será assim necessário avaliar e quantificar os consumos de energia por sector, produto ou equipamento, relacionar o consumo de energia com a produção, estabelecer potenciais medidas de racionalização e, finalmente, fazer uma análise técnica e económica das soluções encontradas [22-25].

Com efeito, a Auditoria Energética dá uma orientação de maneira a reduzir os custos de energia elétrica, que torna-se vital para as atividades de produção e de serviços públicos. A auditoria ajudará a manter o foco nas variações que ocorrem nos custos de energia, disponibilidade e confiabilidade do fornecimento de energia, decidir sobre *mix* energético adequado, identificar as tecnologias de conservação de energia, *retrofit* para equipamentos de conservação de energia, etc. Em geral, a auditoria energética tem como principal finalidade encontrar soluções tecnicamente viáveis com considerações organizacionais económicos e outros dentro de um período de tempo especificado.

3.1. Os diferentes tipos de Auditoria Energética

Uma visita ao local a ser auditado é fundamental por forma o auditor familiarizar com as instalações e avaliar os procedimentos necessários à realização da auditoria energética. Por isso é essencial implementar alguns procedimentos, de forma sequencial e correta, com o intuito de otimizar a sua execução e de cumprir todos os objetivos inerentes à mesma, devendo como tal compreender as seguintes fases: Preparação da Intervenção, Intervenção no Local e Tratamento dos Dados [18, 22, 24-26].

Na primeira fase, a Preparação da Intervenção, devem ser estabelecidos contactos entre a entidade responsável pela instalação e os auditores para dialogar sobre os objetivos da auditoria energética. Nesta fase é crucial proceder à recolha de informação e ou documentos, nomeadamente faturas elétricas, a planta das instalações, *layout* da empresa, *datasheets* de equipamentos e os tipos e formas de distribuição de energia [27, 28].

Efetuada a primeira fase, procede-se à Intervenção no Local a qual é constituída por duas etapas, a auditoria deambulatória e a auditoria analítica [19, 20, 24, 26, 29].

A auditoria deambulatória consiste numa visita à instalação com o propósito de recolher informação relativa aos diversos equipamentos e utilização de energia e espaços. É durante esta etapa que a preocupação de identificar situações anómalas inerentes às más práticas energéticas por parte dos utilizadores das instalações, nomeadamente ao nível do uso irracional das tecnologias existentes, que conduzem ao desperdício de energia e a consumos desnecessários. Nesta etapa são ainda identificados quais os equipamentos, circuitos, sectores e processos que deverão ser alvo preferencial da auditoria analítica [19, 20, 24, 26, 29].

A auditoria analítica consiste na recolha e análise de dados monitorizados, efetuadas por equipamentos específicos e que possibilitam uma caracterização desagregada dos diversos consumos finais de energia, bem como a determinação de padrões de funcionamento [19, 20, 24, 26, 29].

Na terceira e última fase, Tratamento dos Dados, é feito o tratamento de dados obtidos resultando uma caracterização detalhada do comportamento da instalação. Posteriormente é elaborado um relatório onde devem constar todas as análises e conclusões obtidas, assim como deverão ser mencionadas as oportunidades de racionalização de consumo identificadas após terem sido submetidas a uma análise técnica e económica para averiguar a sua viabilidade [19, 20, 24, 26, 29].

3.2. A importância das Auditorias Energéticas

A atual situação económica do país, bem como as exigências impostas pela legislação no que respeita aos elevados consumos de recursos energéticos para produção e distribuição de energia final, leva a que a eficiência energética seja cada vez mais olhada como um objetivo importante nas organizações.

Embora o argumento da competitividade continue naturalmente a ser aquele que mais sensibiliza a generalidade dos industriais, a crescente pressão ambiental e a concorrência cada vez maior, veio reforçar a necessidade de utilizar eficientemente a energia [11, 30].

Seja por imposição, seja pela necessidade de cumprir requisitos, cada vez mais a eficiência energética está na ordem do dia. Para além disso, é unanimemente aceite que no futuro os instrumentos políticos de mercado, como taxas ou impostos ambientais, venham a introduzir o princípio do poluidor pagador, penalizando fortemente as empresas menos preparadas [11, 30, 31].

É assim que assumem particular importância o levantamento e a auditoria energética. Só com uma caracterização detalhada das condições de utilização da energia dentro de uma instalação se podem identificar oportunidades de racionalização de consumo.

3.3. Indicadores Energéticos

O uso de indicadores energéticos como ferramenta de gestão no que tange ao uso racional de energia elétrica é pouquíssimo explorado no sector Agroalimentar em Portugal. Diante desta realidade, é essencial salientar a importância da análise da energia elétrica e da caracterização de cada processo industrial por forma a permitir às empresas definir os seus próprios indicadores focados em economia de energia.

Segundo o Artigo 7.º do Decreto-Lei n.º 71/2008 [32], no âmbito às auditorias energéticas à indústria e segundo o Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PREn) elaborado deve-se estabelecer metas relativas à intensidade energética e carbónica tendo em conta os três seguintes indicadores, a Intensidade Energética (IE), a Intensidade Carbónica (IC) e o Consumo Específico de Energia (CEE), cujas equações são expressas em (1), (2) e (3) [26].

$$\text{Intensidade Energética (IE)} = \frac{\text{Energia Primária Consumida (kgep)}}{\text{Valor Acrescentado Bruto (€)}} \quad (1)$$

$$\text{Intensidade Carbónica (IC)} = \frac{\text{Quantidade de Gases Emitida (kgCO}_2\text{)}}{\text{Energia Primária Consumida (tep)}} \quad (2)$$

$$\text{Consumo Especifico de Energia (CEE)} = \frac{\text{Energia Primária Consumida (kgep)}}{\text{Produção (ton)}} \quad (3)$$

A intensidade energética é definida como o rácio económico que relaciona o consumo de energia consumida diretamente com a atividade económica da respetiva instalação (VAB). Por sua vez a Intensidade Carbónica define-se como o rácio entre a quantidade de Gases de Efeito de Estufa emitidos e o consumo total de energia.

Por último, o Consumo Especifico de Energia é definido pelos rácios técnicos-económicos que relacionam consumo de energia com um indicador (*output*) da atividade medido em unidades físicas [26].

Estes indicadores energéticos podem também ser aplicados na caracterização e comparação energética das diferentes áreas de produção da empresa [33].

Em Portugal esta informação (dados estatísticos) é inexistente para este sector. Assim a construção de indicadores de referência (*benchmarking*) entre as diversas identidades do mesmo setor industrial ajudará a desenvolver ferramentas indispensáveis para o desenvolvimento das empresas e melhoria da sua competitividade [34].

3.4. Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC's)

A implementação de oportunidades de racionalização de consumos e implementação das medidas correspondentes visam melhorar o desempenho energético da instalação em causa. As ORC's mais evidentes são identificadas durante a auditoria deambulatória e posteriormente analisadas com base nos dados recolhidos/monitorizados [26].

No que diz respeito ao investimento, as ORC's podem ser diferenciadas em dois tipos, com investimento inicial e sem investimento inicial ou com investimento reduzido. Em relação ao primeiro tipo, os custos suportados dizem respeito a mão-de-obra, materiais ou equipamentos. O segundo caso engloba aspetos de manutenção e/ou correção da utilização de equipamentos, bem como, do comportamento dos utentes do edifício face a utilização incorreta da energia [22, 26].

Todas as soluções encontradas ou identificadas devem ser alvo de uma análise técnico-económica adequada com o objetivo de avaliar a viabilidade da implementação, quantificando as potenciais economias de energia e o respetivo período de retorno do investimento (PRI), também designado como *payback* [22, 26, 31].

O PRI é o período de tempo necessário para recuperar o investimento monetário despendido. Por outras palavras, é o tempo necessário para recuperar um investimento através das poupanças que advêm desse mesmo investimento. O custo ou investimento inicial de uma medida, os custos de manutenção, monitorização dos equipamentos e a formação dos funcionários são fatores a ter em conta no cálculo do PRI [26, 31].

Quando se aplicam medidas ORC's, o indicador PRI é fundamental para que o cliente possa escolher o plano de racionalização de consumos que mais se adegue à realidade das instalações auditadas [18, 22]. É importante referir que segundo alguns estudos já realizados, demonstram que as medidas com PRI inferiores a três anos são economicamente atrativas, dado que se obtêm resultados positivos a curto prazo [26, 31].

4. Caso de Estudo

4.1. Caracterização das Empresas

O caso de estudo realizado envolve três empresas do mesmo setor Agroalimentar, sendo todas elas classificadas como Pequenas e Médias Empresas (PME's). Doravante estas empresas serão denominadas Empresa A, Empresa B e Empresa C.

As empresas A e B localizam-se no concelho da Figueira da Foz, mais propriamente junto a dos principais portos pesqueiros nacionais, já a empresa C situa-se no concelho de Cantanhede.

A empresa A dedica-se ao armazenamento, transformação e distribuição de produtos congelados, essencialmente produtos de pesca e aquicultura. A sua fundação ocorreu em 1993 e no ano de 2010 as suas instalações foram ampliadas contando atualmente com uma área coberta de aproximadamente 4600 m² e com 86 colaboradores [35]. Esta empresa tem como principais países de exportação a Espanha, Bulgária e Moçambique. O seu volume de exportação corresponde a 6 milhões de euros, sendo a matéria-prima produzida a sardinha, a cavala, o carapau, o polvo, a dourada e o robalo.

As instalações desta empresa possuem um total de quatro câmaras frigoríficas, das quais duas têm uma área e volume, de 190 m² e 1230 m³, respetivamente. Enquanto as outras duas, correspondem a instalações mais recentes, e contam com uma área de 420 m² e um volume de 2680 m³.

A empresa B dedica-se à mesma atividade que a empresa A. É a mais recente das três empresas alvo de estudo, tendo sido fundada no ano de 2011.

Relativamente à área coberta esta instalação conta com cerca de 3750 m² de área, e em termos de pessoal qualificado, conta com 25 colaboradores [35]. Ao nível do comércio esta empresa realiza somente importações e, segundo informação fornecida, tem como matéria-prima peixe médio congelado, peixe graúdo e molúsculos. Na sua instalação existem quatro câmaras de refrigeração sendo três delas destinadas a congelação com uma temperatura de -18°C e com áreas de 100 m², 200 m² e 490 m². A quarta câmara corresponde ao túnel de congelação e trabalha de forma contínua de Abril a Novembro. Nos restantes meses o seu funcionamento é cerca de um dia por semana, rondando os -35°C de temperatura e tendo uma área de 30 m².

A empresa C dedica-se à salga, secagem e outras atividades de transformação de produtos da pesca e aquicultura, mais propriamente do bacalhau. A sua fundação data o ano de 2006, e apresenta área coberta de 1125 m² e 15 colaboradores [35].

Atualmente, a sua produção destina-se maioritariamente à exportação, representando o seu volume de exportação cerca de 60% do Volume de Negócios e, tendo como principais destinos o Brasil, França e Espanha. Nas suas instalações existem cinco câmaras de refrigeração sendo que três delas apresentam uma temperatura de -20°C , das quais duas têm uma área de 60 m^2 e a outra tem uma área de 25 m^2 .

As instalações em causa são alimentadas em Média Tensão (MT), tendo cada uma um Posto de Transformação para reduzir a tensão 230/400 V. As instalações A e B têm uma potência contratada de 702 kVA enquanto a empresa C tem uma potência contratada de 155 kVA, sendo evidente a diferença dimensional.

4.1.1. CAE associado às empresas

As empresas alvo de estudo desta dissertação estão inseridas no sector da indústria alimentar, contudo, há uma delas cujo CAE Rev. 3 não se insere na indústria alimentar, estando relacionado com o “comércio por grosso de peixe, crustáceos e molusco”. Contudo estando diretamente relacionada com a venda/comércio de produtos alimentares (peixes) congelados pode dizer-se afirmar que é derivado da indústria alimentar (CAE 10).

A Tabela 3 faz um apanhado dos CAE's das empresas referenciadas nesta dissertação.

Tabela 3 - Designação do CAE para as empresas alvo de estudo desta dissertação [12, 13]

| | CAE. Rev. 3 | Designação |
|------------------|-------------|--|
| Empresa A | 10201 | Preparação de produtos da pesca e da aquicultura. |
| Empresa B | 46381 | Comércio por grosso de peixe, crustáceos e moluscos |
| Empresa C | 10204 | Salga, secagem e outras atividades de transformação de produtos da pesca e aquicultura |

4.1.2. Refrigeração

A refrigeração é o processo de arrefecimento ou de redução da temperatura de um espaço, um produto ou de um processo mecânico. Nalguns sectores, com destaque para o sector Agroalimentar e Bebidas, a refrigeração é responsável por uma parte significativa dos custos globais de energia elétrica.

A desagregação dos consumos energéticos das monitorizações pelos diversos usos finais (ver Figura 11, Figura 12 e Figura 13, na página 21) vem realçar a forte dependência da refrigeração neste tipo de sector, em especial na indústria da pesca. No caso da Empresa A, a refrigeração representa 84% do consumo energético total da instalação.

Nos três casos analisados, e como seria expectável, a refrigeração não se cinge ao período de laboração, mas sim a 24 horas por dia. Por isso qualquer alteração ao nível do sistema de frio e que necessite um corte temporário total será de evitar, de modo a precaver prejuízos avultados. Devido ao seu funcionamento de 24 horas diárias e à forte dependência da produção de frio, o controlo de movimentações de cargas em cada câmara de refrigeração revela-se extremamente importante por forma a evitar despesas energéticas desnecessárias na conservação do produto.

Segundo os dados fornecidos, a Empresa A tem na parte mais antiga da sua instalação três compressores Mycom FM160L-ME (*economizer*) com uma potência nominal de 147,7 kW (200 hp) cada, dos quais um trabalha 24 horas/dia durante sete dias/semana e o funcionamento dos outros dois varia consoante as necessidades de armazenamento. Nas instalações mais recentes, tem dois compressores Mycom 200 VSH-H (*economizer*) cuja potência nominal é de 132 kW (180 hp) e apresentam um funcionamento de 16 horas/dia (correspondente a dois turnos de laboração), sendo usados para arrefecer os tanques de salmoura, e manter uma temperatura de -18°C.

Na empresa B são usados cinco compressores da marca Leroy Somer, no entanto o modelo não foi possível identificar. Desses cinco, dois possuem uma potência nominal de 30 kW, outros dois motores com uma potência de 110 kW e o último tem uma potência de 75 kW, sendo que a potência nominal total dos compressores perfaz 355 kW.

Por último, a empresa C tem três tipos de compressor de modo a satisfazer as suas necessidades de produção. Para a climatização existe três compressores Blitzer 4EC-6.2Y-40S com uma potência de 14,1 kW para manter uma temperatura de 10°C. Utiliza três compressores da Blitzer 4TC-12.2Y-40P com uma potência de 13,8 kW para manter uma temperatura de -10°C. Para a Congelação é usado três compressores da marca Blitzer 4NC-12.2Y-40P para manter uma temperatura de -30°C e possuem uma potência nominal de 14,1 kW. Todos estes compressores contêm isolamento IP65.

Caracterizado o sistema de frio de cada empresa, é necessário referir que a performance de cada sistema é dependente dos principais componentes que o constituem: compressor, evaporador, condensador e líquido refrigerante. Como tal a manutenção do sistema é essencial de modo a mitigar a sua degradação.

4.1.3. Identificação dos Quadros Elétricos Monitorizados

Na empresa A, a monitorização foi efetuada nos quadros elétricos parciais designados da seguinte forma:

- “Frio Antigo” (referente à instalação frigorífica original, compressores 1 a 4);
- “Frio Novo” (referente à instalação frigorífica da ampliação, compressores 5 e 6);
- “Iluminação” (referente à iluminação da instalação);
- “Outros” (torres de arrefecimento e restantes cargas não monitorizadas).

As cargas monitorizadas nas instalações da empresa B foram designadas da seguinte maneira:

- “Quadro de Controlo”, este alimenta os diversos compressores monitorizados, torres de arrefecimento, bombas de climatização e um motor de 22 kW.
 - “Compressores” (referente a cada compressor de climatização (C1 a C4) e túnel de congelação (CA));
 - “Outros” (restantes cargas não monitorizadas).

Na empresa C foram analisados quatro compressores de produção de frio, designados por “conservação”, “congelados”, “climatização” e “túnel de congelação”. Mais tarde, foi efetuada uma monitorização ao quadro parcial que alimenta a iluminação.

4.2. Histórico recente do consumo energético

4.2.1. Energia Ativa

A variabilidade da intensidade na pesca em diferentes anos e períodos do ano, reflete-se nas necessidades energéticas das instalações, sendo por isso imprescindível proceder a uma análise do histórico dos consumos energéticos com o objetivo de quantificar as necessidades de cada empresa. A quantidade de dados obtidos da parte de cada empresa não foi análoga entre elas, assim a análise foi feita consoante os dados fornecidos. Obteve-se os dados listados na Tabela 4 onde está representado o consumo energético anual das empresas.

Tabela 4 – Valores anuais do consumo energético e respetivo custo de cada empresa, expresso em kWh e tep

| | 2012 | | | 2013 | | |
|------------------|-----------|---------------------|----------|----------------------|--------|----------|
| | kWh | tep | €(Total) | kWh | Tep | €(Total) |
| Empresa A | 2 113 660 | 454,43 ¹ | 234 035 | 1 901 463 | 408,81 | 208 320 |
| Empresa B | 1 827 741 | 392,96 | 192 759 | DNF ² | | |
| Empresa C | 496 593 | 107,77 | 60 920 | 314 342 ³ | 67,58 | 39 468 |

Ao analisar estes valores depreende-se que estas instalações não podem ser consideradas Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), visto que o seu consumo de energia elétrica não ultrapassa os 500 tep, não sendo como tal abrangidas pelo SGCIE. Os dados correspondentes às toneladas equivalentes por petróleo dizem respeito somente ao valor anual da energia elétrica, e segundo dados fornecidos pelas empresas é única fonte de energia, caso tenham outras fontes de energia não elétrica, a Empresa A poderá andar perto do limite estabelecido pelo SGCIE e caso esteja acima dos 500 tep pode estar a infringir as normas e estando exposta ao pagamento de uma coima.

Outro aspeto que se verifica é a redução de consumo energético por parte da empresa A. Uma justificação plausível para esta redução é a sazonalidade do setor da pesca. Relativamente à empresa C, no ano 2013, apenas foram disponibilizados dados até ao mês de Agosto e, comparando com o período homólogo do ano anterior verifica-se que o consumo energético sofreu um aumento de 58%, que poderá estar relacionado com o aumento de produção, mas que infelizmente não pode ser confirmado dado que tais dados não foram fornecidos. A empresa B, por falta de dados não é possível analisar a evolução temporal do consumo energético.

Com o auxílio da Figura 3 é possível analisar mais detalhadamente a evolução do consumo energético correspondente ao seu mês homólogo do ano adjacente. Esta figura indica ainda que no primeiro trimestre os consumos energéticos das três empresas é inferior em relação ao restantes trimestres. Um possível fator para este acontecimento deve-se às péssimas condições climatéricas/marítimas que se costuma verificar nesses meses e que coincide com uma maior escassez da pesca ou então devido às temperaturas mais baixas que se fazem sentir nesses meses, havendo uma menor necessidade de produção de frio o que leva a um consumo menor. Este fenómeno deverá afetar mais a empresa A uma vez que é a única que trabalha com a frota pesqueira local. Mais uma vez, com os dados da produção seria possível tirar conclusões mais concretas.

¹ 1 kWh = 0,000215 tep

² Dados Não Fornecidos

³ Dados correspondente aos primeiros oito meses do respetivo ano

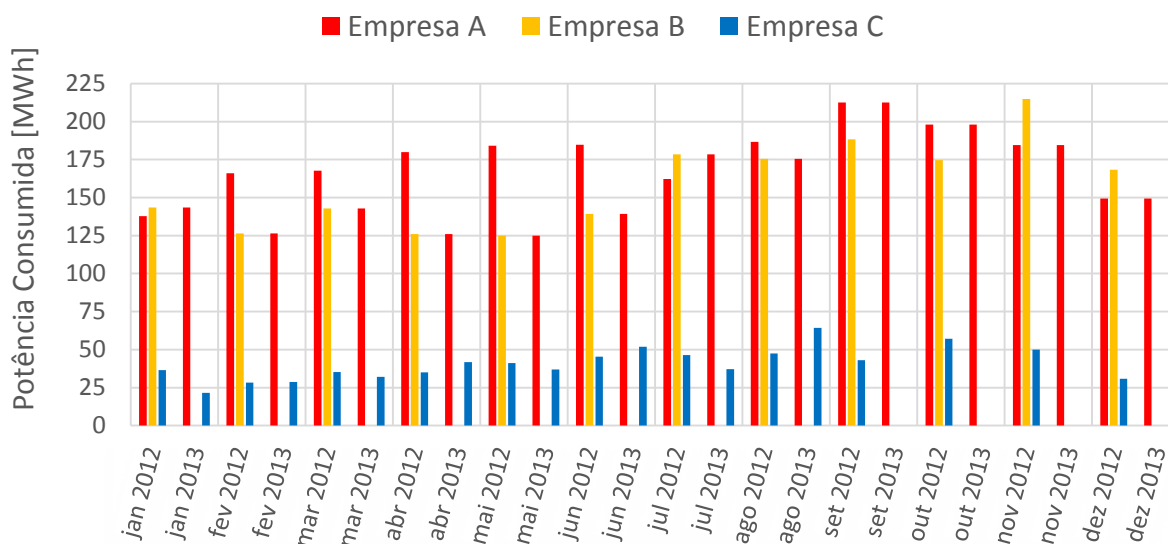


Figura 3 – Evolução temporal do consumo energético das empresas, do ano 2012 e do ano 2013

4.2.2. Desagregação dos consumos por períodos horários

O histórico da desagregação do consumo energético por períodos horário é fundamental para compreender possíveis mudanças de funcionamento do processo produtivo, ou verificar possíveis medidas de racionalização de consumo implementadas.

As três empresas em estudo têm em comum o ciclo horário, semanal. No entanto, as comercializadoras de energia não são as mesmas. As empresas A e B têm como fornecedor a Union Fenosa, e a empresa C tem contrato com a EDP Comercial.

Deste modo a análise relativa aos custos entre as empresas torna-se mais intuitiva visto partilharem o mesmo ciclo horário. A desagregação foi efetuada a partir dos dados fornecidos, correspondentes ao ciclo de inverno.

Tabela 5 – Desagregação do consumo elétrico por períodos horário das empresas, referente ao ano 2012 e 2013

| | | Horas de Ponta | Horas de Cheia | Horas de Vazio | Horas de Super Vazio |
|-------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 2012 | Empresa A | 14% | 53% | 16% | 17% |
| | Empresa B | 14% | 46% | 23% | 18% |
| | Empresa C | 12% | 46% | 27% | 14% |
| 2013 | Empresa A | 14% | 53% | 16% | 17% |
| | Empresa B | DNF ⁴ | DNF | DNF | DNF |
| | Empresa C | 12% | 46% | 27% | 14% |

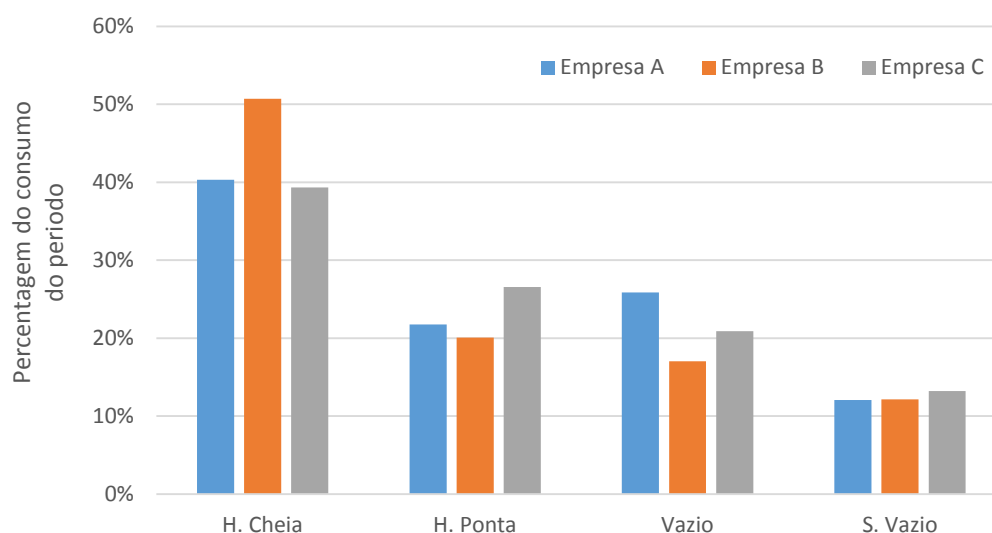


Figura 4 – Percentagem do consumo monitorizado nos diversos períodos horário

Como se depreende a partir da Tabela 5 e Figura 4, existe um maior consumo nas horas de cheias, (um total de 12 horas diárias ou 14 horas diárias, para o período de Inverno e de verão respetivamente) que coincide com grande parte do período de laboração e onde se registam os maiores ganhos térmicos devido à movimentação de cargas, abertura frequente das câmaras de refrigeração e congelação e iluminação. É ainda visível que a distribuição do consumo energético manteve-se inalterado de um ano para o outro, podendo este ser um padrão do consumo energético das empresas em análise. Contudo, uma vez que estas instalações apresentam uma forte dependência da produção de frio durante todo dia, é justificável que os períodos de Vazio e Super

⁴ Dados Não Fornecidos

Vazio apresentem consumos enérgicos também consideráveis, sendo que estas percentagens são algo semelhantes às percentagens que um ciclo semanal apresenta no ciclo de inverno.

4.2.3. Energia Reativa

Nos equipamentos cujo princípio de funcionamento necessita da existência de campos magnéticos (como é o caso dos motores, dos balastos das lâmpadas fluorescentes, entre outros), a energia responsável pela criação desse campo é a energia reativa.

Esta energia não útil provoca perdas nos transformadores e nas redes de transporte e de distribuição pelo que o seu consumo apresenta um custo elevado que tem de ser suportado pelos consumidores. Como tal, mencionar a análise dos encargos com a energia reativa é também importante quando se é cliente de MT, MAT ou AT [36].

Somente a empresa C forneceu documentos com esta informação, as faturas elétricas. Dessa forma a análise do histórico será feita somente para esta empresa. Na Figura 5 é possível observar a variação da energia reativa consumida e taxada ao longo de um ano e meio, como início em Dezembro d 2011 e fim em Agosto de 2013.

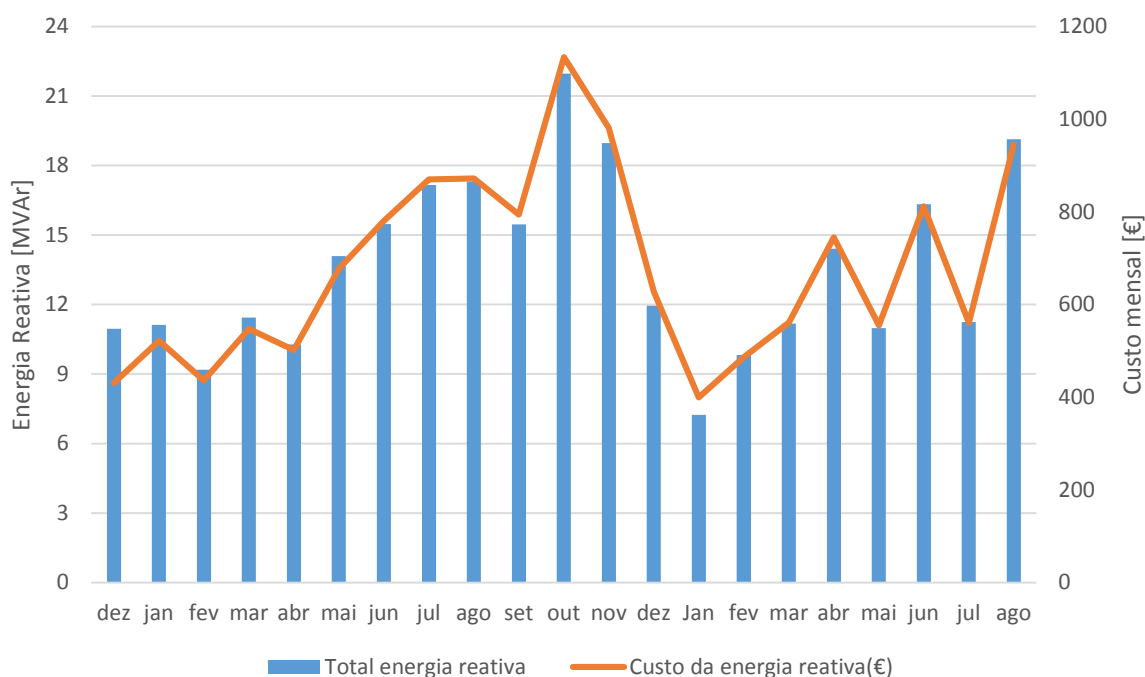


Figura 5 – Evolução da energia reativa da empresa C, durante o ano 2012 até ao mês de Agosto de 2013

Perante estes elevados custos de energia reativa, a empresa mandou instalar um banco de condensadores no final do mês de Agosto de 2013. A partir dessa data não foram disponibilizadas

mais faturas elétricas, mas é expectável que o pagamento de reativa tenha sido anulada. A sua análise será feita mais à frente.

4.3 Análise da recolha de dados

4.3.1. Diagrama de Carga

Por forma a entender melhor as necessidades energéticas destas empresas procedeu-se a uma monitorização do consumo de energia da instalação, bem como de diversos usos finais.

Nas Figura 6 e Figura 7 estão representados os Diagramas de Carga (DC) da instalação A, correspondentes à primeira e segunda monitorização, sendo que estes correspondem à potência ativa total da instalação. No período da primeira monitorização registou-se um consumo energético acumulado de 57 MWh, e a uma potência ativa média de 26 kW, em que o pico máximo atinge os 55 kW (em períodos de 15 em 15 minutos). Na segunda monitorização regista-se um aumento, sendo que a potência ativa média é 43 kW, tendo um pico que atinge os 66 kW.

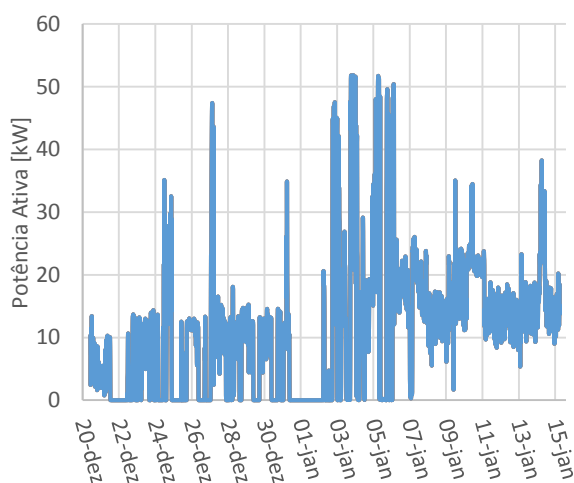


Figura 6 – Diagrama de Carga da potência ativa total monitorizada da empresa A, primeira monitorização

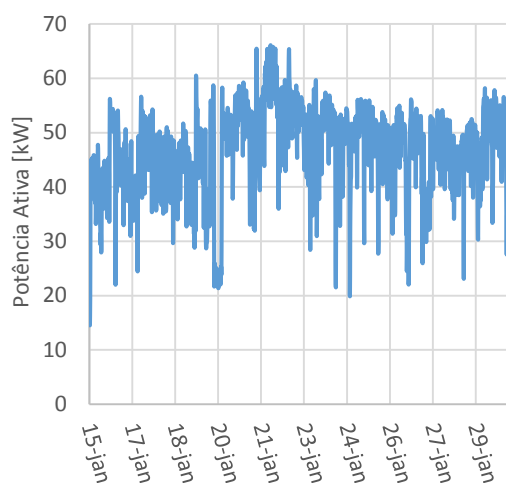


Figura 7 – Diagrama de Carga da potência ativa total monitorizada da empresa A, segunda monitorização

Para a instalação B foi realizada apenas uma monitorização e o consumo energético pode ser observado na Figura 8. Neste diagrama, a potência ativa registada corresponde ao quadro parcial dos compressores, e não à potência total da empresa nesse período de monitorização. No período monitorizado registou-se um consumo elétrico acumulado de 19 MWh, e a uma potência ativa média é de 88 kW, em que o pico máximo atinge os 250 kW.

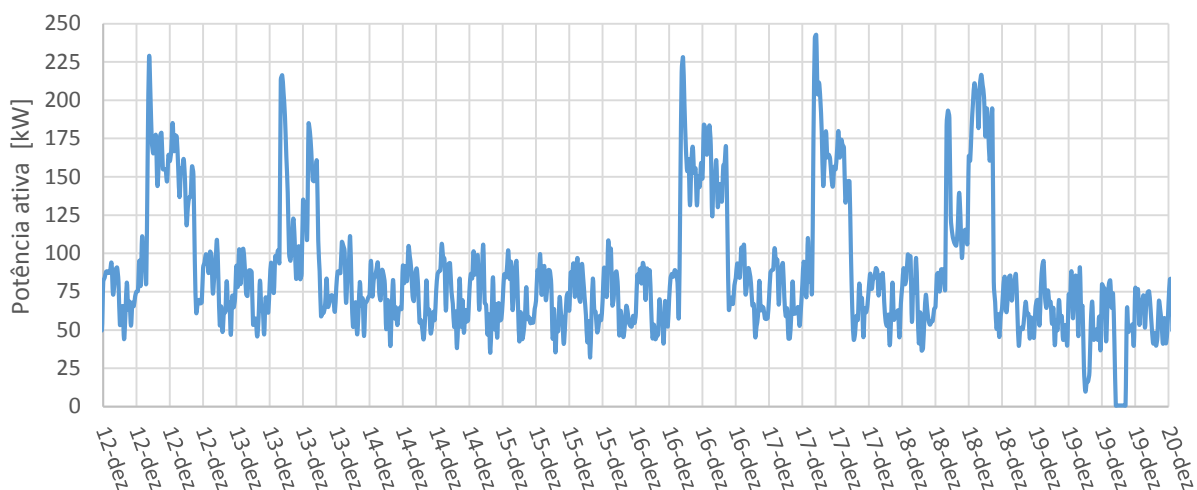


Figura 8 – Diagrama de Carga da potência ativa total monitorizada da empresa B

A Figura 9 e Figura 10 ilustram a potência ativa registada durante dois períodos de monitorização, das instalações C. Mais uma vez, estes diagramas de carga não representam a potência ativa total da instalação no período monitorizado. Durante a primeira fase de recolha de dados, registou-se um consumo elétrico acumulado de 10 MWh.

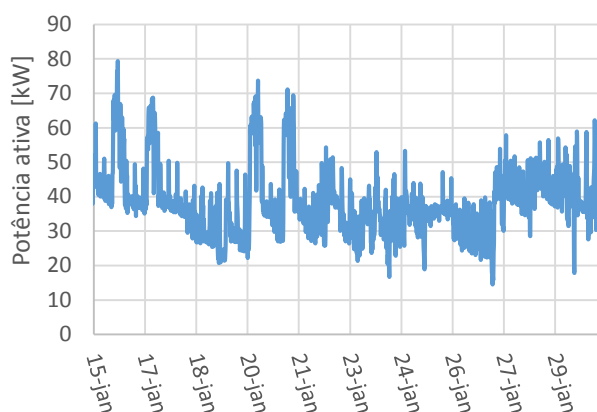


Figura 9 – Diagrama de Carga da potência ativa total monitorizada da empresa C, primeira monitorização

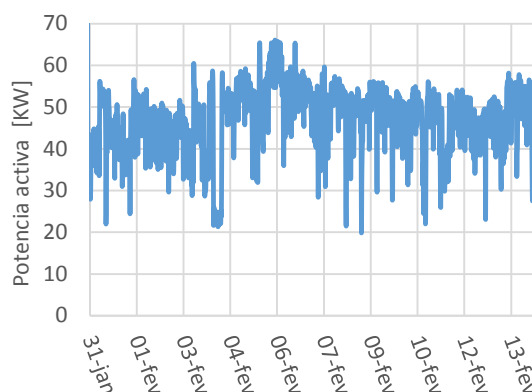


Figura 10 – Diagrama de Carga da potência total monitorizada da empresa C, segunda monitorização

Na Figura 9, os maiores picos de potência ativa, correspondem ao início do respetivo dia, embora não regularmente, sendo que o pico máximo corresponde a 80 kW., para a segunda monitorização o pico máximo é de 67 kW, e a sua potência ativa média é de 47 kW. No anexo B segue-se os respetivos diagramas das três empresas para uma melhor visualização.

4.3.2. Desagregação por setor/quadro

Identificado o consumo geral de cada empresa durante o período da monitorização, a análise da desagregação por uso final é fundamental para melhor entender o peso final de cada setor.

A análise da desagregação do consumo geral de cada instalação só é possível ser feita para a Empresa A, uma vez que foi a única empresa a fornecer os dados do consumo geral durante o tempo de monitorização. No entanto, para as outras duas empresas a análise será feita em relação ao consumo geral monitorizado, mesmo que este não seja o consumo total naquele período.

Tendo em conta a descrição dos quadros parciais redigida no capítulo da caracterização das empresas, fez-se a desagregação por finais que deu origem à Figura 11, Figura 12 e Figura 13.

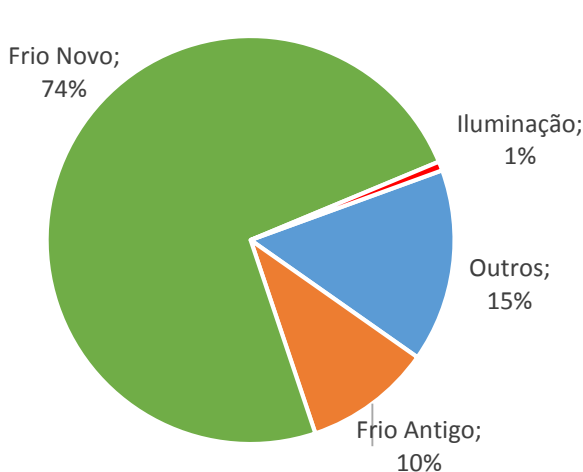


Figura 11 – Desagregação da empresa A por usos finais

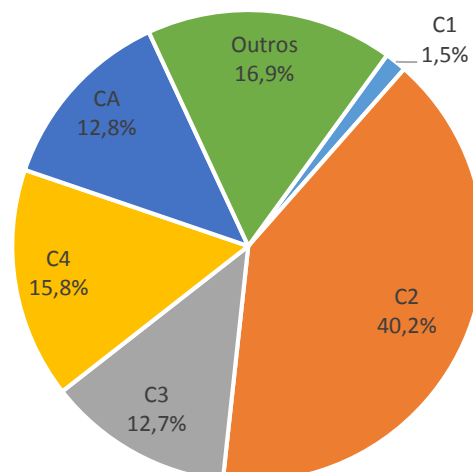


Figura 12 – Desagregação da empresa B por usos finais

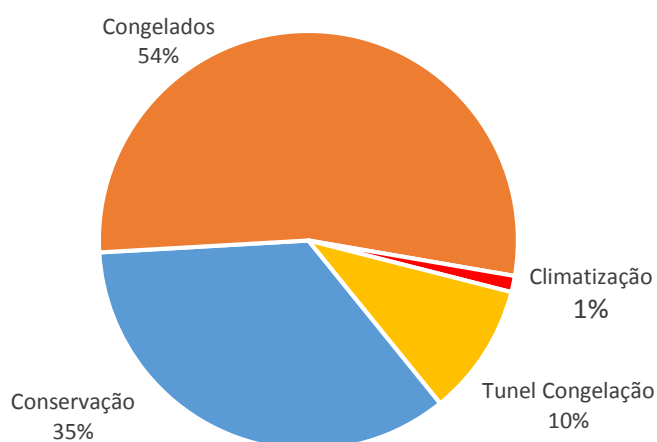


Figura 13 – Desagregação da empresa C por usos finais

A Figura 11 ilustra, de forma expressiva, a forte dependência da empresa A face à produção de frio que foi aproximadamente 84% (± 48 MWh) do consumo total da instalação, apesar do Frio Antigo ter sido pouco requisitado neste período. Embora a iluminação tenha uma representação de 1%, corresponde a um consumo de 0,5 MWh (num período de duas semanas) e, como tal não deixa de ser um valor considerável. A iluminação monitorizada nesta empresa corresponde à parte mais antiga, deste modo ficou em falta a monitorização da iluminação da parte nova, onde se pode encontrar lâmpadas ligadas 24 horas por dia nas câmaras de refrigeração.

O consumo energético, da instalação da empresa B, correspondente ao conjunto dos compressores é de 83% (± 11 MWh), como é visível na Figura 13. Contudo, a carga designada por “Outros” apresenta a segunda maior fatia, que se justifica com o funcionamento de um motor com potência nominal de 22 kW, e que opera apenas quando um dos compressores da casa das máquinas está à plena carga.

De salientar que estes 83% referentes aos compressores não são referentes à percentagem do consumo geral, e por falta de dados até à data esse cálculo fica em falha. No entanto é espectável que o consumo energético dos compressores de climatização seja acima do 70% do consumo total, em comparação com dados de anos anteriores.

Na empresa C as percentagens visíveis dizem respeito ao consumo energético total monitorizado, porque à semelhança do sucedido na empresa B os dados não foram fornecidos. O consumo energético monitorizado relativo aos compressores de climatização é de 22 MWh. Pela Figura 13 é perceptível que os compressores dos Congelados e da Conservação são responsáveis por 89% do consumo energético proveniente do Quadro Parcial de Frio. Como tal, em relação ao consumo total é de esperar que continue a representar uma percentagem bastante significativa, no entanto inferior a 89% e superior a 73%, baseando em dados de anos anteriores.

A iluminação tanto para a empresa B como para a C não fazem parte da desagregação acima descrita devido ao facto de a sua monitorização ter sido efetuada posteriormente à realização da primeira monitorização. Contudo, a percentagem referente ao consumo energético acumulado da iluminação para o caso da instalação B é de 0,5 MWh (correspondente a 15 dias de monitorização) e a empresa C apresenta um consumo energético de 0,1 MWh durante uma semana. Estes valores preveem-se que sejam constantes de semana para semana, isto porque estas empresas funcionam apenas com luz artificial. Comparativamente com os consumos energéticos da produção de frio, a iluminação deverá corresponder a uma pequeníssima percentagem.

O estudo sobre a iluminação será realizado com maior detalhe no Capítulo 4.5.2.

4.3.3. Energia Reativa

Durante a instalação dos aparelhos de monitorização verificou-se que todas as empresas tinham um banco de condensadores instalado no QGBT.

A data da instalação do banco de condensadores não é conhecida ao certo, em especial na empresa A e B. No entanto sabe-se que a empresa C o instalou em agosto de 2013 e teve um retorno do investimento ao fim de três meses.

Relativamente às poupanças na fatura elétrica apenas a empresa C forneceu a informação. Contudo só forneceu faturas até à data da instalação do banco de condensadores. Entre o período de Dezembro de 2011 e Agosto de 2013, registou-se, em valores médios mensais, um fator de potência de 0,77, um acumulado de energia reativa de 13 MVar e o seu custo rondava os 700€ mensais.

4.3.4 Análise do tarifário

De modo a realizar esta parte do trabalho foram solicitadas propostas de tarifas a várias comercializadores, no entanto os dados que as comercializadoras de energia pretendiam eram dados confidenciais e que não podiam ser facultados devido ao compromisso do projeto Invoenergy para com as empresas em análise. Deste modo esta análise resume-se à alteração do ciclo horário.

Segundo a ERSE [37], os clientes de Média Tensão (MT) ou superior, Portugal Continental, estão impossibilitados de deter o ciclo diário, dessa forma a análise será feita apenas a comparação do ciclo semanal opcional em relação ao ciclo semanal já existente.

Por forma a comparar a variação dos custos anuais de cada ciclo horário foi feita uma comparação das percentagens de cada um dos períodos horários (do ciclo semanal e ciclo semanal opcional) e aplicado aos consumos energéticos dos anos anteriores.

Na empresa A, a maior variação percentual do período horário do ano 2012 em relação ao ano 2013 corresponde a 5%, mas no geral a variação percentual do consumo energético é estável ao longo dos meses. No que diz respeito à empresa B não é possível comparar com outro ano. No entanto, como estas empresas têm uma grande dependência do consumo energético devido ao funcionamento dos motores 24 horas por dia, é espectável que o seu consumo seja idêntico como aconteceu na empresa A. Já a empresa C apresenta um mês no ano 2012 onde o consumo energético foi superior em 9% em relação ao ano 2013. Contudo, nos restantes meses verifica-se uma variação mínima (ver o anexo D).

De salientar que estes dados foram ainda comparados com as percentagens do consumo energético monitorizado de cada empresa e em todas elas a percentagem do consumo energético registado são equiparáveis ao registado nos anos anteriores.

Desta forma, fazer uma estimativa do ciclo horário semanal opcional durante o período de monitorização e comparar com o ciclo semanal é uma estimativa admissível.

Tabela 6 – Comparação de ciclos tarifários em termos de custos anuais da energia ativa, referente ao ano 2012

| <i>Ciclo</i> | <i>Empresa</i> | <i>Horas de Ponta</i> | <i>Horas de cheia</i> | <i>Horas de vazio</i> | <i>Horas de Super Vazio</i> | <i>Custo total (€)</i> |
|-------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| <i>Ciclo semanal</i> | Empresa A | 14% | 53% | 16% | 17% | 193 899 |
| | Empresa B | 14% | 46% | 23% | 18% | 174 624 |
| | Empresa C | 12% | 46% | 27% | 14% | 43 294 |
| <i>Ciclo semanal opcional</i> | Empresa A | 16% | 53% | 14% | 17% | 195 423 |
| | Empresa B | 15% | 49% | 23% | 13% | 175 072 |
| | Empresa C | 13% | 46% | 26% | 15% | 43 476 |

A Tabela 6 diz somente respeito ao ano de 2012, dado que é o único ano completo com dados do consumo energético fornecido pelas empresas.

Pela sua análise verifica-se que a mudança para o ciclo semanal opcional envolve custos superiores relativamente ao ciclo atual, para as três empresas em análise. O custo acrescido, em percentagem, com a mudança do ciclo horário da empresa A, da empresa B e da empresa C são de 0,8%, 0,3% e 0,5%, respetivamente.

Relativamente a uma descrição supramencionada no capítulo 4.1.2., aquando foi mencionada a potência nominal dos compressores da empresa B, facilmente se percebe que a potência nominal de todos os compressores é de 355 kW e face ao valor fornecido da potência contratada, de 702 kVA, percebe-se que as instalações apresentam uma potência bem superior das suas necessidades, a não ser que haja um outro equipamento elétrico que justifique tal potência. Esta é uma análise que deverá ser feita com mais detalhe, nomeadamente por forma a verificar se a potência contratada poderá ser reduzida ou não, esta análise depende da potência instalada no PT, mas como esta informação não foi facultada, não é possível verificar esta situação.

4.4. Qualidade e Serviço de Energia

O estudo de fenômenos de perturbação, como por exemplo, oscilações da frequência, cavas de tensão, tremulação (*flicker*), desequilíbrio da tensão, sobretensões transitórias, tensões harmônicas e interrupções de curta ou longa duração, são essenciais de modo a garantir o bom funcionamento das instalações elétricas [38].

De acordo com a norma EN 50160 [39] existem limites estabelecidos pelo regulamento da Qualidade de Serviço por forma os clientes deverem garantir que as suas instalações não introduzem perturbações nas redes do Sistema Elétrico Nacional.

Analisando os dados monitorizados das três empresas em causa, mais concretamente os quadros elétricos parciais dado que são os que apresentam uma maior relevância no consumo total da instalação, e visto que o quadro geral de cada instalação não foi monitorizado, verifica-se que estão todos dentro nas normas estabelecidas, salvo duas anomalias detetadas. Porém é preciso salientar que os dados monitorizados foram recolhidos em períodos de tempo de 5 em 5 minutos, sendo que este período de monitorização é desadequado para uma análise à Qualidade e Serviço de Energia.

Uma das anomalias detetadas ocorreu na instalação da empresa A, e como é perceptível a partir da Figura 14, foi a ocorrência de uma interrupção na tensão (anomalia no valor da tensão) no compressor de Frio Novo, tendo sido verificada uma queda de tensão de 62% (151 V, valor registado), sendo que esta interrupção teve uma duração menor a 5 minutos. A ocorrência deste fenómeno pode originar causas nefastas na instalação elétrica interna e, em especial, nos equipamentos elétricos:

- Na instalação elétrica interna, pois o arranque dos motores requererá uma corrente elevada que poderá disparar as proteções;
- Nos equipamentos elétricos, uma vez que os arranques sucessivos tendem a diminuir a vida útil dos aparelhos;
- A eletrónica de potência (arranadores suaves, variadores eletrónicos de velocidade) presente nos equipamentos elétricos pode ser danificada.

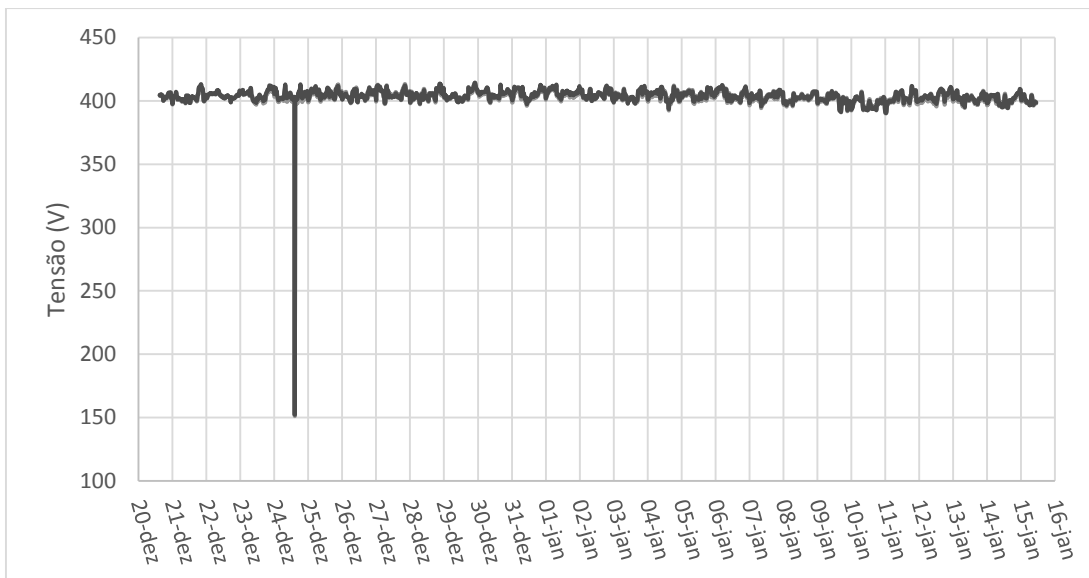


Figura 14 – Valores da tensão no quadro parcial “Frio Novo”

Caso este fenómeno seja recorrente, visto que pode originar diversos prejuízos e em última instância a paragem da produção, é conveniente contactar o fornecedor de energia.

Na empresa C foi registado uma anomalia, no quadro parcial da iluminação, na distorção harmónica de tensão, mais precisamente o sétimo e decimo primeiro harmónico, cujos limites máximos devem ser 5% e 3,5% [38], respetivamente, da tensão. No caso do sétimo harmónico foi registado uma percentagem de 6,18 enquanto no décimo primeiro foi registado uma percentagem de 6,01.

Contudo, este quadro elétrico parcial, que alimenta a iluminação da instalação, está a jusante do quadro geral. A magnitude da distorção harmónica, deste quadro parcial, é baixa o suficiente para ser desprezável dado que não causará poluição harmónica do quadro elétrico a montante, como se verificou na análise aos restantes quadros elétricos. Esta análise poderia ser feita com mais detalhe se o esquema unifilar fosse disponibilizado, podendo assim verificar as características dos cabos.

4.5. ORC's identificadas nas empresas

Como visto anteriormente, estas três empresas têm uma forte dependência em relação à produção de frio, estando as câmaras frigoríficas em funcionamento 24 horas por dia. As medidas ORC's identificadas no decorrer deste trabalho serão descritas em seguida.

4.5.1. Esquematização do Sistema de Iluminação

Apesar de não ser considerada uma ORC em sentido estrito, a esquematização do sistema de iluminação torna-se importante para entender melhor se o sistema de iluminação está bem distribuído e organizado, ou ainda para o caso de ocorrência de avaria de uma das fases analisar como reage o sistema de iluminação das instalações, por forma a determinar se as instalações apresentam requisitos mínimos de iluminação para a laboral dos trabalhadores.

Das três empresas estudadas, somente a empresa A forneceu a esquematização do sistema de iluminação, as outras duas empresas não facultaram a informação. Portanto, nestas duas empresas o levantamento da luminárias ter sido executado no local, ocupando tempo extra e, conseqüentemente atrasando a realização de diversas tarefas planificadas previamente.

4.5.2. Iluminação

Na maioria das empresas a primeira opção passa pela aposta numa boa iluminação natural nas diversas áreas de trabalho, sempre com o intuito de minimizar o consumo energético em luminárias. Porém, no sector agroalimentar, onde manter as temperaturas de congelação e conservação dentro dos limites estabelecidos é extremamente importante, é necessário evitar fontes de calor provenientes do exterior.

Desse modo, é difícil conseguirem-se zonas com boa iluminação natural, dado que acarretariam trocas térmicas acrescidas com o exterior das instalações, aumentando o nível temperatura no seu interior. Por sua vez este incremento faria com que houvesse uma maior necessidade por parte dos compressores em produzir uma maior quantidade de frio, o que originaria um maior consumo energético.

Assim a solução passa pelo uso de iluminação artificial que, apesar de implicar um consumo energético será sempre mais vantajosa comparativamente à implementação da luz natural. Nas três empresas em análise, apenas existem zonas com luz natural nos escritórios.

Após a realização do levantamento do sistema de iluminação verificou-se que nas três instalações havia dois tipos de lâmpadas dominantes: as lâmpadas fluorescentes T8 e lâmpadas de vapor de sódio.

Na empresa A, as câmaras de refrigeração estão equipadas com a tecnologia de lâmpadas Philips Master TL-D Xtra Polar 32 mm de 58 W, havendo no total 32 lâmpadas, visto que este modelo é especificamente desenhado para ter um melhor desempenho que as lâmpadas T8 sob condições de temperatura negativa.

O arranque da lâmpada a valores de temperaturas negativas é demorado, fenómeno que se deve ao facto de a lâmpada ser constituída essencialmente por gases que condensam diminuindo assim o nível de iluminação que a lâmpada consegue fornecer. Apesar da lâmpada Philips ter sido concebida para estas condições de temperatura, o problema do arranque da lâmpada persiste, contudo de maneira menos acentuada.

As zonas laborais, arrumos e de escritório contêm 164 lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W. Para a zona dos escritórios o tempo médio de utilização diário das lâmpadas estima-se que seja de 15h. As zonas de laboração apresentam uma utilização da iluminação de 24 horas devido à ausência de iluminação natural supramencionada e devido há existência de dois turnos de laboração, que não compensa desligar as lâmpadas devido ao elevado tempo de acendimento verificado às temperaturas existentes.

Nas instalações da empresa B as câmaras de refrigeração apresentam lâmpadas de vapor de sódio de 230 W e 150W, perfazendo, respetivamente, um total de 15 e 16 lâmpadas. Estas possuem um tempo de funcionamento de 13 horas diárias, havendo ainda na instalação uma câmara de refrigeração com seis lâmpadas T8 fluorescentes de 18 W.

Já na zona de laboração o tipo de lâmpada existente é a fluorescente T8 de 58 W, num total de 70 luminárias de duas lâmpadas cada uma e com estimativa de tempo de utilização de 12 horas diárias.

Relativamente à empresa C, a iluminação predominante provem de lâmpadas fluorescente T8 de 36 W, estando presente em todas as zonas da instalação, exceto no hall de entrada (8 W) e no túnel de secagem que contêm lâmpadas de 18 W. No seu total há 226 lâmpadas das quais 172 são de 36 W, 48 lâmpadas são de 18 W e 6 lâmpadas de 8 W.

No mercado atual encontra-se soluções adequadas para este tipo de meio, onde as temperaturas são negativas e apresentando vantagens face às lâmpadas fluorescentes tradicionais. A tecnologia em causa é a T8 LED, concebida para ambientes extremos de temperaturas de -20° Celsius.

O LED tem como principal vantagem o facto de se ligar instantaneamente e tem um comportamento bastante interessante em ambientes de baixas temperaturas, isto é, o aumento do

fator de luminosidade [40, 41], enquanto as lâmpadas fluorescentes apresentam o caminho inverso. Assim, para além de haver um menor consumo e um maior fator de luminosidade, a tecnologia LED tem um maior aproveitamento da energia consumida, cerca de 25% é transformada em luz visível, para as tecnologias mais recentes e os restantes 75% em forma de calor. Revela-se assim uma vantagem significativa visto que nas lâmpadas fluorescentes T8 apenas 15% da energia consumo é transformado em luz visível.

Embora estas lâmpadas sejam indicadas para temperaturas mínimas até -20° Celsius, a substituição em câmara de refrigeração não é recomendada, visto que para trocar lâmpadas nestes locais é preciso chegar a uma altura de 3 a 7 metros (no caso das instalações em estudo), bem como interromper o funcionamento da câmara.

Para o cálculo das poupanças inerentes à substituição considerou-se que as lâmpadas fluorescentes T8 de potência 18 W, 36 W e 58 W, contêm um balastro eletrónico, respetivamente, de 4 W, 10 W e 9 W. De forma a facilitar o estudo desta poupança foi feita análise aos principais espaços de utilização, isto é, onde a iluminação artificial é necessária por mais de 4 horas diárias.

A partir da Tabela 7, é possível observar a existência de uma clara poupança que advém com a substituição sugerida e poupança da possível diminuição do números de horas de utilização, podendo atingir no da empresa A um valor até 4048 € anuais, na empresa B até 2499 € e na empresa C um máximo de 2563 € anuais.

Tabela 7 – Poupanças referentes à substituição da iluminação por tecnologia LED.

| | | Utilização média (horas por ano) | Redução de potência (kW) | Redução Anual do Consumo (kWh) | Poupança anual (€) | Investimento (€) | Payback (anos) |
|------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------|------------------|----------------|
| Empresa A | Câmaras de refrigeração | 8760 | 1,58 | 13840 | 1386,80 | 1466 | 1,2 |
| | Escritórios + receção | 3240 | 4,75 | 15390 | 1542 | 5496 | 3,6 |
| | Zonas de laboração | 5643 | 1,98 | 11173 | 1119,53 | 3319 | 2,9 |
| Empresa B | Câmaras de refrigeração | 4135 | 2,17 | 8973 | 899 | 1699 | 1,9 |
| | Escritórios + receção | 2675 | 1,2 | 3210 | 321,64 | 1466 | 4,5 |
| | Zonas de laboração | 4015 | 3,18 | 12767 | 1279,25 | 2665,6 | 2,1 |
| Empresa C | Câmaras de refrigeração | 4135 | 1,8 | 7443 | 745,788 | 1919 | 2,1 |
| | Escritórios + receção | 2755 | 0,78 | 2148 | 215,23 | 1466 | 3,4 |
| | Zonas de laboração | 3645 | 1,65 | 6014 | 602,60 | 959,76 | 2,3 |

Caso tivesse sido feita uma análise à intensidade luminosa emitida pelas lâmpadas da zona laboral, seria possível fazer uma simulação para comparar os níveis de lumens nas áreas de trabalho e consequentemente verificar se os níveis de luminosidade são os adequados. A simples análise à intensidade luminosa referida no *datasheet* [42] da lâmpada não é válida nestes casos pois são valores de referência para temperaturas ambientes positiva. Sendo sabido que a luminosidade varia com a temperatura, certamente que a tecnologia LED terá uma intensidade superior [40].

Desse modo poderia haver a possibilidade de colocar apenas uma lâmpada LED no lugar das duas lâmpadas fluorescente T8 existentes em cada luminária, mantendo assim o mesmo nível de luminosidade nas áreas laborais e acarretando um custo de investimento mais reduzido e consequentemente uma poupança anual maior.

De salientar que nas câmaras de refrigeração com temperaturas inferiores a -20°C não foram alvo de estudo de substituição, porque segundo o *datasheet* [42] da lâmpada LED a gama de temperatura para um funcionamento correto apresenta um mínimo de -20°C .

Finalmente para a zona dos escritórios foi usada uma tipologia de lâmpada LED diferente, com a vantagem de possuir um maior tempo de vida apesar do aumento de preço. Visto que esta já não é recomendada para ambientes extremos, conseguem emitir uma intensidade luminosa superior e a solução de colocar apenas uma lâmpada LED invés das duas lâmpadas fluorescente é mais viável neste caso.

4.5.3. Reforço do isolamento de um depósito de fluido refrigerante

Nas três instalações em estudo verificou-se a ocorrência de problemas semelhantes, relacionados com a formação de gelo na “carcaça” de alguns dos depósitos de fluido refrigerante (ver Figura 15) que origina a acumulação de água no chão e a deterioração do revestimento. Esta situação é também potencialmente perigosa, podendo originar um curto-circuito nos fios elétricos que passam nas calhas técnicas, ver Figura 16. Como medidas de prevenção recomenda-se:

- Em primeiro lugar a retificação do isolamento do depósito (diminuindo a ocorrência de formação de gelo e os ganhos térmicos para o interior do depósito).
- Em segundo lugar, e como medida de prevenção, a criação de uma barreira (uma base impermeabilizada com um murete em alvenaria ou betão) sob o depósito, de forma a confinar a zona alagada e instalar uma tubagem para drenagem dos condensadores.

A correção do sistema de isolamento térmico do circuito de frio pode originar poupanças até 10% e apresenta um investimento normalmente reduzido [43]. No caso da empresa A, existe uma área da tubagem com uma falha, como se verifica na Figura 15, é expectável que a poupança seja maior que as outras duas empresas em questão.

Na empresa B regista-se uma situação análoga de formação de gelo e água a escoar para uma calha técnica onde passam fios elétricos, ver Figura 17, enquanto na empresa C verificou-se a formação de gelo, como é visível na Figura 18.



Figura 15 - Danos no depósito de fluidos da empresa A



Figura 16 – Formação de gelo e calhas técnicas com cabos elétricos, na empresa A



Figura 17 - Formação de gelo na tubagem da empresa B



Figura 18 - Formação de gelo na tubagem da empresa C

De modo a calcular a poupança inerente a esta medida, é preciso saber à priori como é que o isolamento influencia, essencialmente, os consumos dos compressores, torres de arrefecimento e das bombas de arrefecimento [43].

Como ao longo do ano, nas três instalações, o consumo energético, apresenta uma variação pequena (ver anexo D4 – Percentagem média da Desagregação por períodos horários), por isso, e com base na desagregação por setor realizada, foi feita uma estimativa da percentagem da poupança que será espectável obter no consumo energético dos compressores, bombas de arrefecimento e torre de arrefecimento.

A percentagem do consumo energético anual da instalação usada para o cálculo das poupanças preconizadas para as empresas A, B e C foi de 84%, 78% e 79%, respetivamente. Para o cálculo do custo médio por kWh foram usados os valores fornecidos pelas empresas com o resumo das faturas (que é o caso da empresa A e da empresa C) e um ficheiro em formato *Excel* fornecido pela empresa no qual existe um resumo das faturas (no caso da empresa A).

Uma vez que no caso da empresa B não foram fornecidos dados relativamente às faturas, foram usados os dados da empresa A, visto ser a empresa que mais se assemelha, a nível de consumo energético, e também a nível de produto final vendido.

Tabela 8 – Poupanças subjacentes ao melhoramento do isolamento

| | Energia ativa anual para a refrigeração (kWh) | Porcentagem da poupança prevista | Poupança anual (€) |
|------------------|--|---|-------------------------------|
| Empresa A | 1 547 228 | 4% | 4398,23€ |
| Empresa B | 1 484 558 | 3% | 2548,48€ |
| Empresa C | 392 308 | 3% | 714,53€ |

A percentagem das poupanças previstas foram baseadas segundo o “*Guia Técnico Programa Motor Challenge*” [48], que prevê que a reparação inerentes a estas situações pode atingir os 10%, e como tal, o valor previsto corresponde a 4% para a empresa A e 3% para as outras duas.

Como se conclui, as poupanças no caso da empresa A e da empresa B são mais significativas devido ao maior consumo energético registado. Embora seja apenas uma poupança na ordem dos 2% da faturação anual, representa um valor algo considerável.

4.5.4 Isolamento térmico de câmaras frigoríficas

Um dos fatores fundamentais para uma otimização do rendimento e da economia energética em câmaras frigoríficas é o isolamento térmico. Para se ter uma câmara eficiente, durável, de baixo custo de construção e de manutenção, os cuidados com o isolamento térmico têm de ser redobrados. Uma câmara com isolamento e impermeabilização corretos, dentro das normas, garantem temperaturas adequadas e constantes, bem como custos menores de consumo de energia [44].

As câmaras frigoríficas são compartimentos refrigerados, fechados e, isolados termicamente, sendo no seu interior mantidas as condições de temperatura e humidade mais adequados para a conservação/congelamento do produto alimentar. Desta forma é possível evitar a condensação formada, garantir uma baixa condutividade térmica e uma boa resistência mecânica.

Os materiais usualmente usados para os isolamentos são os painéis tipo PUR (poliuretanos) e o EPS (poliestireno expandido) [44], sendo que as câmaras das três instalações em causa usam o primeiro. As características construtivas das câmaras frigoríficas influenciam diretamente na capacidade de refrigeração, tendo responsabilidade no aumento ou redução do consumo de energia elétrica da instalação.

Durante a auditoria deambulatória foi feita uma pequena inspeção às câmaras frigoríficas com o intuito de investigar possíveis anomalias na sua estrutura, nomeadamente nas portas e paredes.

Nesta fase, foi possível detetar nas instalações da empresa A as seguintes anomalias:

- Uma pequena reparação de uma quina do aro da porta de umas das câmaras frigoríficas, ver Figura 19;
- A existência de pequenas moças numa porta causado por um batente limitadora, ver Figura 20;
- Uma pequena deterioração junto ao “rodapé” no exterior de uma parede, ver Figura 21;
- Formação de condensação da água no exterior de uma porta, que pode indicar a um mau isolamento.

Na instalação da empresa B procedeu-se a uma análise semelhante sendo que as anomalias verificadas as seguintes:

- Um corte numa parede do lado exterior de uma câmara frigorífica, ver Figura 22;
- No interior das câmaras frigoríficas foram detetadas anomalias no acabamento, onde se verifica a formação de uma pequenas “bolhas de ar”, ver Figura 23.



Figura 19 - Reparação feita manualmente numa das câmaras de refrigeração da empresa A

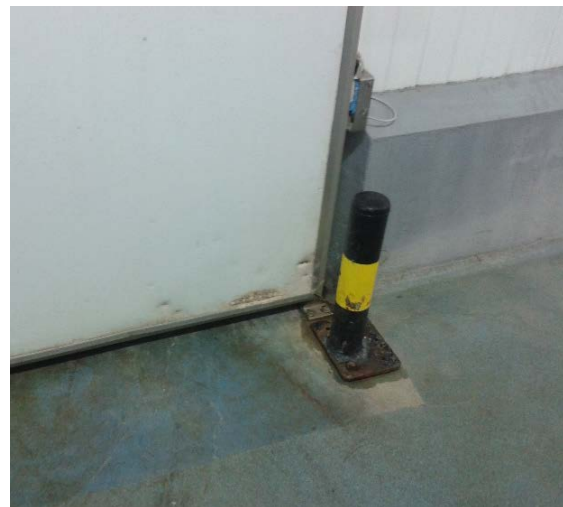


Figura 20 - Danos provocados pelo limitador numa das portas das câmaras de refrigeração da empresa A



Figura 21 - Deterioração junto ao rodapé de uma das câmaras de refrigeração da empresa A

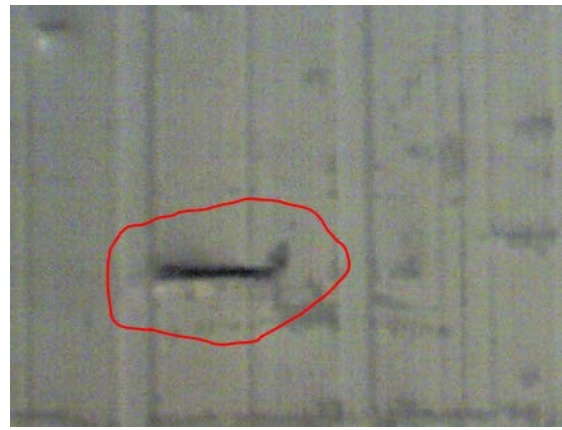


Figura 22 - Corte numa das paredes de uma câmara de refrigeração da empresa B



Figura 23 - Formação de bolhas de ar no teto de uma das câmaras de refrigeração da empresa B

Para a instalação da empresa C não foi possível fazer este levantamento devido a imprevisto que levaram a falta de tempo para a realização desta tarefa.

Mais tarde, com o auxílio de uma câmara termográfica, foi feito um levantamento das zonas identificadas como possíveis anomalias, confirmando-se, na maioria dos casos, a existência de perdas térmicas nessas mesmas zonas (ver Figura 24, Figura 25, Figura 26 e Figura 27).

Nas portas das câmaras de refrigeração que foram identificadas anteriormente, tanto na instalação A como na instalação B verificam-se perdas térmicas, sendo por isso recomendada a sua reparação. A possível colocação de umas cortinas que são ideais para locais que necessitam de isolamento térmico, físico, sonoro, ajuda a reduzir a quantidade de ar refrigerado perdido em casos de abertura de portas reduzindo a troca de ar interno e externo e proporcionando assim uma redução no consumo de energia.

As poupanças e o retorno do investimento inerentes a esta medida ORC não foram calculados por falta de dados essenciais (como o orçamento para a reparação das anomalias detetadas, quantidade de energia térmica desperdiçada antes e depois da reparação, entre outros fatores). Deste modo, recomenda-se aos responsáveis pelas instalações o contacto com uma empresa especializada na área de modo a pedirem orçamentos para a reparação, e se informarem das soluções mais adequadas.

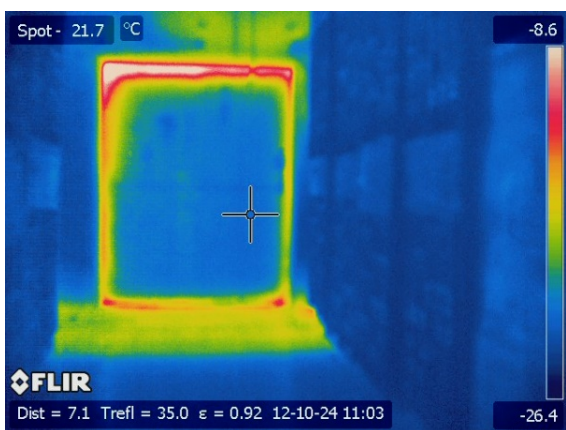


Figura 24 – Imagem termográfica de uma das portas da câmara de refrigeração da empresa A, vista do interior.



Figura 25 – Imagem termográfica de uma das portas da câmara de refrigeração da empresa A, vista do interior.

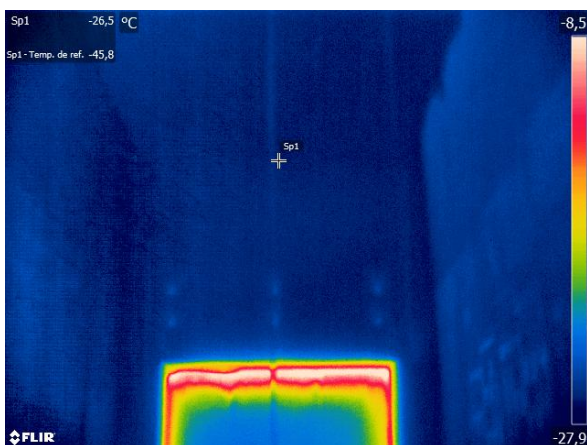


Figura 26 - Imagem termográfica de uma das portas da câmara de refrigeração da empresa B, vista do interior.

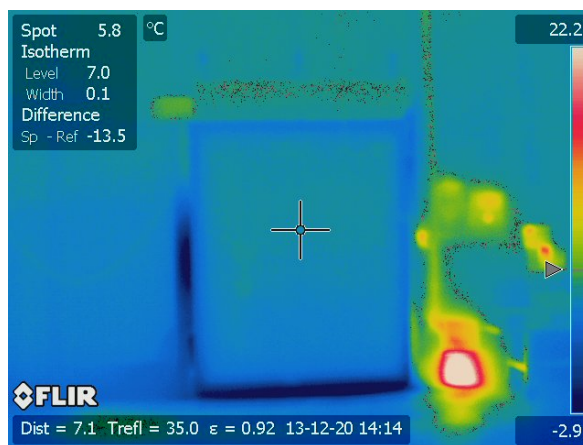


Figura 27 - Imagem termográfica de uma das portas da câmara de refrigeração da empresa B, vista do interior.

4.5.5. Dimensionamento dos Motores Elétricos (compressores)

Geralmente, os motores elétricos são responsáveis por cerca de 66% do consumo de energia elétrica na indústria [45]. Mas como visto anteriormente, neste tipo de indústria essa percentagem é bastante superior maior. Porém, uma parte desta energia é consumida por motores sobredimensionados, que não operam no seu ponto ótimo de rendimento e que, habitualmente são antigos e poucos eficientes.

Ao eliminar este desperdício, as empresas não só reduzem os seus custos operacionais e aumentam a sua rentabilidade, como também melhoram a utilização da energia disponibilizada pelas concessionárias e poupam os recursos naturais na sua geração.

Como foi monitorizado o consumo energético dos quadros elétricos parciais correspondentes à produção de frio, foi possível fazer a desagregação da potência ativa por cada tipo de refrigeração.

Como supramencionado, a instalação da empresa A apresentam três motores elétricos, com uma potência nominal de 147,7 kW, na parte antiga e dois motores elétricos na parte mais recente, cuja potência nominal é de 132 kW cada. Durante o período de monitorização apenas os compressores do “Frio Novo” estavam em funcionamento, como é visível na Figura 28, por isso a análise ao sobredimensionamento dos motores elétricos será feitas apenas para este caso.

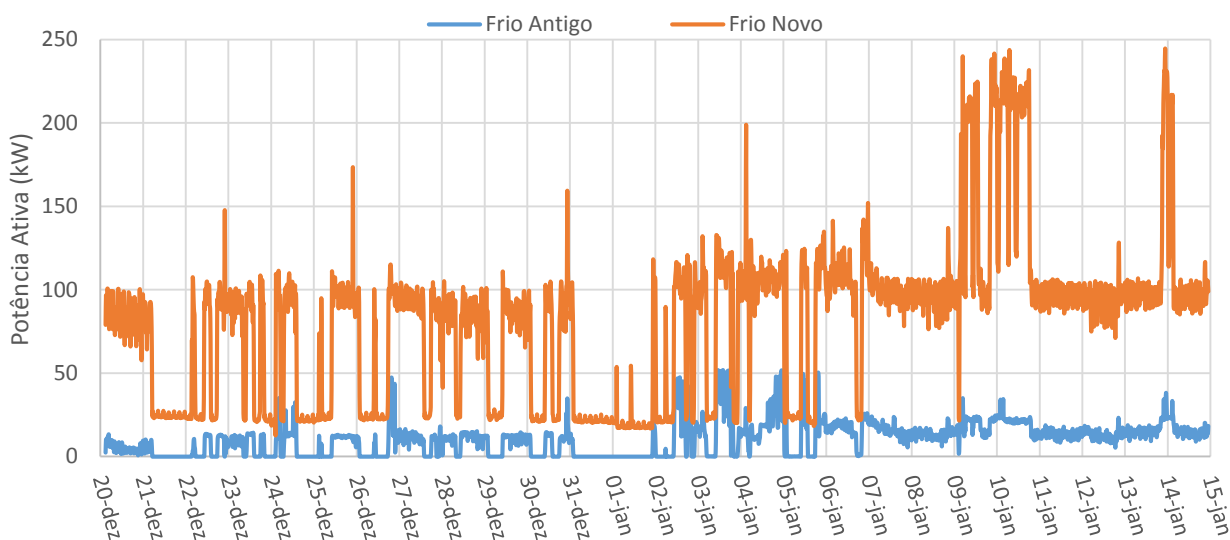


Figura 28 – Consumo monitorizado aos compressores da empresa A

A percentagem do regime de carga foi calculada pelo quociente entre a potência ativa monitorizada no intervalo de tempo pré-definido e a potência nominal mencionada na chapa de características do motor. A potência nominal, para o caso da empresa A, corresponde ao conjunto dos dois motores para a produção do “Frio Novo” e no caso da empresa C, existem três compressores para cada tipo de refrigeração (climatização, conservação e congelação).

Analisando a Figura 29 é perceptível que o regime de carga dominante é aproximadamente 40%, mas é preciso ter em conta que estes dados corresponde a dois motores e olhando para o fator de potência verifica-se um valor médio de 0,9 levando a querer que dos dois motores apenas um estaria em plena carga. Se for considerado que 50% corresponde a um dos motores, dado que apresentam as mesmas características da chapa, assume-se os 40% correspondem a um motor em funcionamento, ou seja, cerca de 80%, e segundo estudos realizados para um motor com esta potência nominal o sobredimensionamento acontece para valores inferiores a 75% [46].

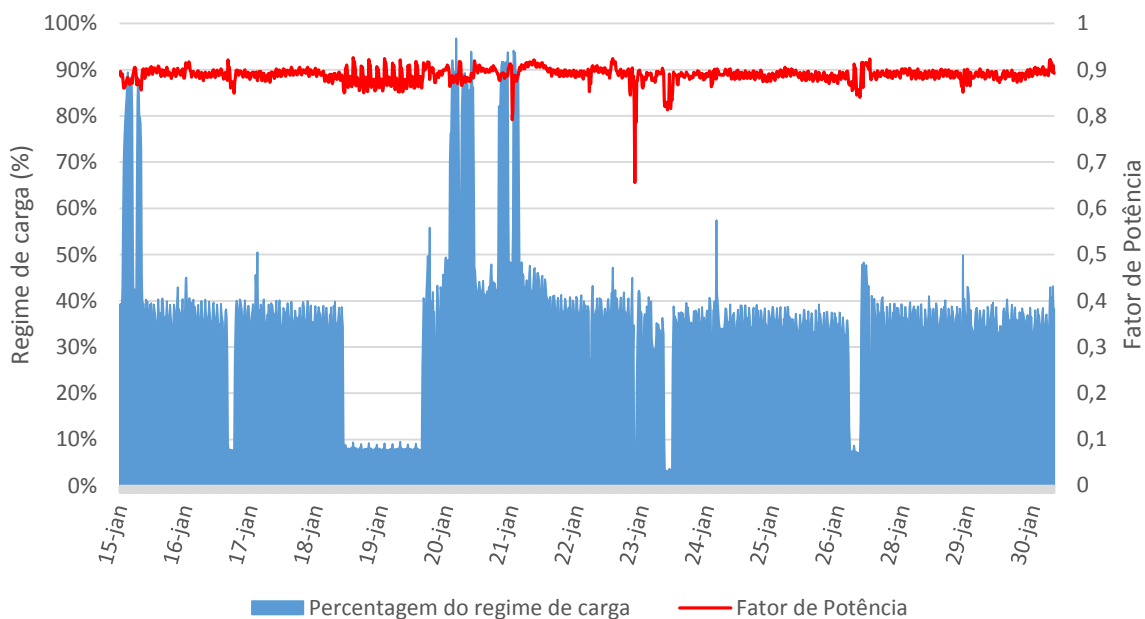


Figura 29 – Percentagem do regime carga do quadro parcial “Frio Novo” e respetivo fator de potência

Os compressores correspondentes ao “Frio antigo” não foram alvo de análise uma vez que não estavam a ser utilizados, então os valores variam entre 1% a 3%.

Relativamente à instalação da empresa B, a monitorização foi realizada individualmente a cada motor elétrico. Antes de analisar os resultados apresentados na Figura 31 é importante relembrar as potências nominais de cada motor que alimenta os compressores, supramencionado no capítulo 4.1.2.. Sabendo esta informação e com o auxílio da Figura 31, é perceptível que o compressor C1 foi requisitado poucas vezes nas duas semanas de monitorização. O funcionamento do compressor C2 esteve longe do seu regime de carga, ficando com uma percentagem de regime de carga médio de 30%, como é visível na Figura 30. Já os compressores C3, C4 e CA tiveram desempenhos diferentes, quando foi solicitado o seu funcionamento estes apresentaram uma percentagem do regime carga de cerca de 80%, ver anexo H.

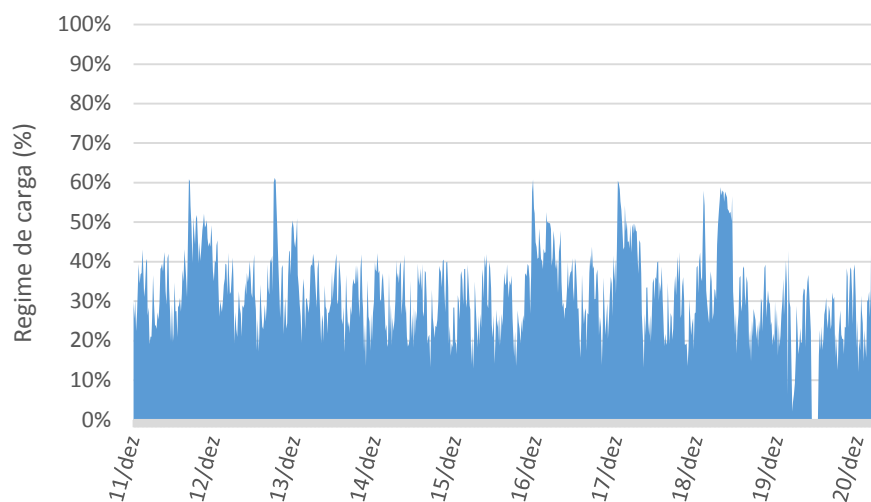


Figura 30 – Regime de carga do compressor C2, da empresa B

Na instalação da empresa C, sucede-se o mesmo que nas instalações da primeira empresa, isto é, a monitorização foi feita a um conjunto de três compressores responsáveis por cada tipo de produção de refrigeração. Desse modo existe sempre a probabilidade de não funcionarem os três compressores em simultâneo e de igual forma.

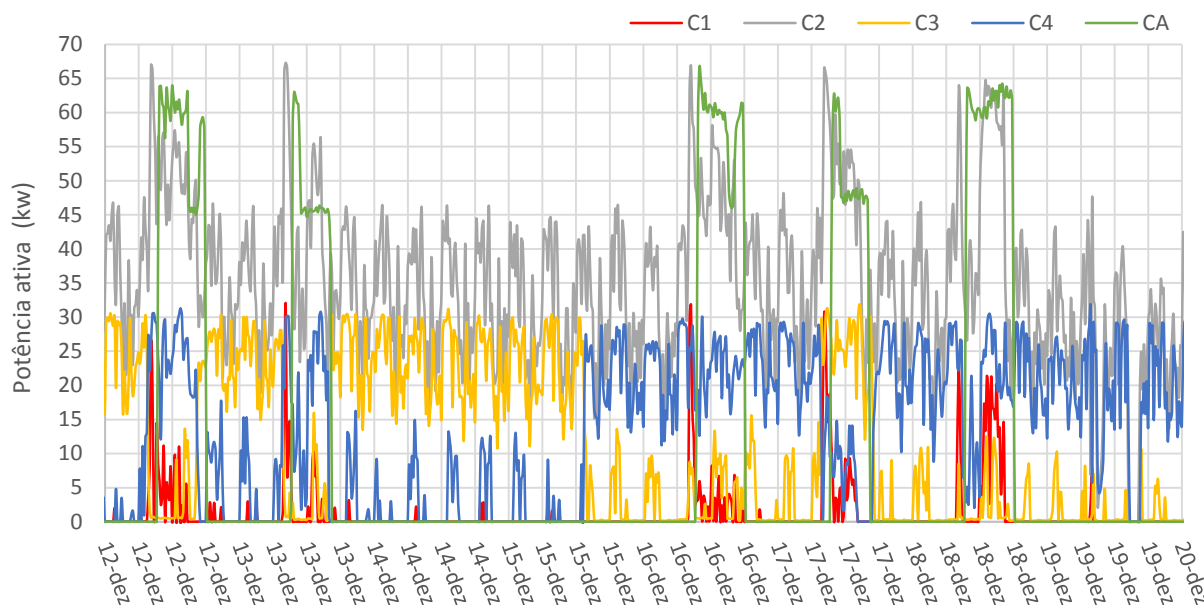


Figura 31 – Desagregação da energia ativa dos compressores da empresa B

Os motores que alimentam os compressores de conservação têm uma potência nominal de 13,8 kW, sendo que o seu conjunto apresenta uma potência ativa de 41,4 kW. Por outro lado, os motores da climatização e congelação apresentam uma potência nominal de 14,1 kW, por cada um, sendo que o conjunto formado pela climatização apresenta uma potência ativa de 43,3 kW e o mesmo se verifica para o conjunto de motores dos congelados.

Com auxílio do Anexo H e analisando a Figura 32 é notório que nenhum dos compressores funciona em sobrecarga. No entanto, o regime de carga percentual dos compressores de conservação

é, aproximadamente, de 30% e porém apresenta um fator de potência média de 0,88. Isto leva a crer que não estejam todos os compressores em funcionamento.

Por sua vez, os compressores dos congelados apresentam regime de carga e fator de potência de 70% e 0,57, respetivamente. Esta situação poderá indicar que os motores funcionam todos fora da sua zona de funcionamento aconselhável.

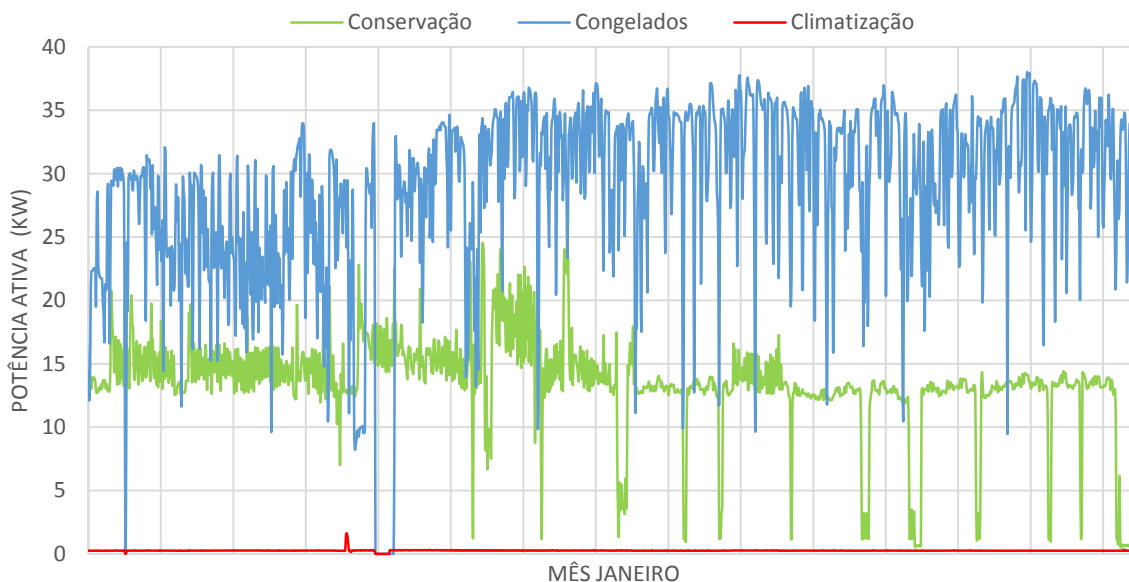


Figura 32 – Desagregação do consumo da energia ativa dos compressores da empresa C

Esta medida devia ser analisada com uma de monitorização maior duração, isto pois o período de monitorização pode ter coincidido com uma época de baixa produção e, assim sendo, o requisito dos compressores para a produção de frio teria sido menor.

Neste tipo indústria as máquinas são normalmente dimensionadas para as piores situações previstas, isto é, as câmaras frigoríficas totalmente cheias de produto a congelar. Consequentemente, as razões mais comuns para se verificar o sobredimensionamento dos motores estão relacionadas com uma entrada de matéria-prima menor do que a capacidade das câmaras frigoríficas, levando a que os compressores funcionem de forma desadequada.

De qualquer modo, se a monitorização a longo prazo indicasse que havia motores sobredimensionados, ou que o fator de potência já não correspondia ao da chapa de características, é aconselhável que, em caso de uma futura avaria, seja equacionada a hipótese de substituição por um motor novo, cujas perdas são menores entre 10% a 40% [45] em relação aos produtos atualmente utilizados, levando desta forma a uma redução dos custos energéticos.

5. Conclusão

Realizada a análise às três instalações da fileira do pescado, conclui-se que os compressores são o principal consumidor elétrico devido à enorme dependência na produção de frio e como tal a importância de um controlo exigente dos níveis de isolamento térmico nas câmaras de refrigeração é fundamental por forma a reduzir custos monetários. Assim, é essencial que haja uma manutenção periódica por forma a analisar possíveis perdas térmicas de maior dimensão, mesmo que a manutenção tenha custos monetários, visto a longo prazo compensatório.

A iluminação, apesar de representar cerca de 5% do consumo energético das empresas, não deixa de ser uma ORC importante, dado que a luz natural é uma fonte térmica a ser evitada, e neste caso o mercado atual apresenta soluções bastantes satisfatórias para este tipo de ambientes onde se registam temperaturas baixas e onde o nível de luminosidade disponibilizado é superior. Estas são medidas que acarretam poupanças nas três empresas.

A criação de indicadores energéticos específicos para os sectores da indústria agroalimentar seria uma medida extremamente interessante, pois as medidas abrangidas pelo SGCIE engloba uma minoria das empresas da indústria alimentar devido a não serem CIE com um consumo anual superior a 500 tep. Assim, com a criação de valores de referência para cada um dos subsectores da indústria agroalimentar, seria possível identificar se uma dada instalação apresentar consumos elevados em relação a outra instalação com os mesmos processos produtivos e do mesmo ramo de atividade.

Com uma colaboração mais participativa por parte das empresas, seria possível fazer uma análise mais detalhada ao sector e aprofundar vários temas mencionados nesta dissertação mas que não foram tratados. No entanto deu para fazer uma caracterização geral deste setor específico por forma a ter uma perceção mais ampla das suas “falhas” a nível da eficiência energética.

Em suma, as três empresas alvo de estudo apresentam fatores em comum, no que diz respeito à ineficiência energética, como a substituição da iluminação e reparação do isolamento térmico das câmaras frigoríficas são os principais exemplos. As oportunidades de racionalização de energia encontradas nestas três empresas, pode ser aplicado a outras empresas da mesma fileira e com a criação de indicadores energéticos e uma possível divulgação das medidas de eficiência energética implementadas tornaria o setor agroalimentar muito mais competitivo e com uma maior rentabilidade de custo/produto.

6. Considerações a ter em linha de conta em auditorias futuras

Uma vez que o sector tem uma elevada dependência na produção de frio, uma monitorização aos consumos energéticos dos mesmo seria interessante por forma a verificar se o tipo de motor eléctrico se ajusta às necessidades reais da instalação. Porém, a possibilidade de a câmara de refrigeração estar sobredimensionada para as necessidades de produção é válida, e neste caso o motor eléctrico já se adequa às características da câmara de refrigeração. Contudo, se o motor estiver sobredimensionado, irá apresentar um fator de potência menor e um maior consumo de energia reativa, que por sua vez é bem taxada pelas comercializadoras.

A monitorização das temperaturas e da humidade nas câmaras frigoríficas é um aspeto a ter em conta neste sector dado que o controlo destes parâmetros é fundamental para que o produto final seja de elevada qualidade. Estes parâmetros devem ser controlados, pois segundo informação proveniente do *ASHARE* [47], existem limites impostos que devem ser respeitados. Para além disto, se a câmara de refrigeração estiver com uma temperatura mais baixa do que o produto necessita pode-se reajustar a temperatura e deste modo haverá uma redução no consumo energético.

Com a implementação da tecnologia LED nas câmaras de refrigeração, a ideia de colocar sensores de presença é mais eficaz, isto porque os LED's têm um tempo de acendimento é menor que meio segundo (praticamente instantâneo). O mesmo já não ocorre com as lâmpadas fluorescentes tubulares, que a temperaturas baixas têm um tempo de acendimento superior em muito devido à sua composição. Assim, não seria vantajoso em instalar sensores de presença. Com esta implementação é logico que o *payback* seria incrementado, mas levaria a poupanças energéticas maiores.

Referências

1. Inovenergy, *Caracterização do Sector Agroalimentar por Fileira*. 2012.
2. DGEG, *Balanço Energético*, in *DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia*. 2012.
3. R.Vilão, C.V.e.e.a., *Relatório do Estado do Ambiente 2011*. Agência Portuguesa do Ambiente, Dezembro 2011.
4. DGEG, *A Factura energética Portuguesa*, in *Direção Gereal de Energia e Geologia*. 2012.
5. Pinho, M., *A new Energy era*, in *Ministério da Economia e da Inovação*. 2009.
6. web2, *Portugal já atingiu 25% da meta para aumentar a eficiência energética até 2015*, in [online]. 7 Dezembro de 2011.
7. DGEG, *Fatura Energética Portuguesa 2012*. Abril 2013.
8. Europe, F., *FoodDrink Europe Annual Report 2012*, F. Europe, Editor. 2013: Bruxelas, Bélgica.
9. Europe, F., *Data & Trends of the European Food and Drink Industry 2012*, F. Europe, Editor. 2013: Bruxelas, Bélgica.
10. Foods, P., *Portugal Excepcional: Agro-Alimentar Internacional 2012-2017*. 2012: Maia, Portugal.
11. IAPMEI, LNEG, and ADENE, *EFINERG - Estratégia de eficiência energética em PME*. 2012: IAPMEI.
12. INE, *Estatísticas Agrícolas 2012: Edição 2013*. 2013, Lisboa, Portugal: INE.
13. *Decreto-Lei n.º 381/2007*, P.d.C.d. Ministros, Editor. 2007.
14. CITEVE, *EFINERG - Plano sectorial de melhoria da eficiência energética em PME - Sector agroalimentar*. 2012.
15. INE, *Estatísticas da Produção Industrial 2011: Edição 2012*. 2012, Lisboa, Portugal: INE.
16. Instituto Nacional de Estatística, I.P., *Estatísticas da Produção Industrial 2012*. 2013, Lisboa, Portugal: Instituto Nacional de Estatística, I.P.
17. Vieira, M., *Auditoria e Optimização Energética de uma Unidade Fabril*, in *Departamento de Engenharia Mecânica*. 2010, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa: Lisboa, Portugal.
18. Martins, H., *Auditoria Energética à Sub-Unidade do Pólo III da UC*, in *Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores*. 2010, Universidade de Coimbra: Coimbra, Portugal.
19. Castro, M., *Auditoria Energética ao Edifício do IBILI - Pólo III da UC*, in *Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores*. 2010, Universidade de Coimbra: Coimbra, Portugal.

20. *Auditoria Energética na Indústria*. 2011.
21. Oliveira, A., *Auditoria SGCIE*. 2010, A. Ramalhão.
22. Moura, M., *Auditorias de Energia em Escolas do Ensino Secundário - Análise Comparativa entre antes e após requalificação*, in *Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores*. 2011, Universidade de Coimbra: Coimbra, Portugal.
23. Costa, S., *Auditorias Energéticas em Edifícios. Estudo de caso: o complexo de edifícios da Física e Química - ênfase no edifício da Física*, in *Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores*. 2009, Universidade de Coimbra: Coimbra, Portugal.
24. Santos, I., *Auditorias Energéticas em Edifícios. Estudo de caso: o complexo de edifícios de Física e Química - ênfase no edifício de Química.*, in *Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores*. 2009, Universidade de Coimbra: Coimbra, Portugal.
25. Sá, E. and J. Alexandre, *Auditorias Energéticas no Sector de Frio Industrial. Medidas de Poupança e de Eficiência Energética.*, in *8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica*. 2007: Cusco, Peru.
26. Cardoso, B., *Auditorias Energéticas na Indústria Agro-alimentar: Fileira dos Vinhas*, in *Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores*. 2014, Universidade de Coimbra: Coimbra, Portugal.
27. ADENE, *Guia da Eficiência Energética*. 2010.
28. RECET, CTCV, and Outros, *Guia de Boas Práticas de Medidas de Utilização Racional de Energia (URE) e Energias Renováveis (ER)*. 2007.
29. Rey, F.J., *Eficiencia Energética en Edificios - Certification y Auditorias Energéticas*, ed. Paraninfo. 2006.
30. Gaspar, C., *Eficiência energética na indústria*. 2004.
31. Brazão, A., *Políticas para a Promoção da Eficiência Energética na Indústria Portuguesa*, in *Faculdade de Ciências e Tecnologia*. 2012, Universidade Nova de Lisboa: Lisboa, Portugal.
32. *Decreto-Lei n.º 71/2008*, M.d.E.e.d. Inovação, Editor. 2008.
33. Bento, L., *Revisão Crítica de uma Auditoria Energética e de um Plano de Racionalização de Consumos*. 2011, Universidade de Coimbra: Coimbra, Portugal.
34. Carboneutral;, C.e., *Benchmarking internacional - Eficiência Energética*. 2012: IAPMEI.
35. racious, <https://www.racious.com/>.
36. ERSE, *Proposta de alteração das regras de facturação de energia reactiva*, in *ERSE - ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS*. 2009.
37. ERSE, *Nota informativa sobre as novas regras de facturação da energia reactiva*, in *ERSE - ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS*. 2012.

38. Association, C.D., *Power Quality Application Guide*, in *COPPER*. 2004.
39. Nikolic, A., et al. *Methods for power quality analysis according to EN 50160*. in *Electrical Power Quality and Utilisation, 2007. EPQU 2007. 9th International Conference on*. 2007.
40. Yu, G., et al. *Research on LED temperature characteristic and thermal analysis at low temperatures*. in *Electronic Packaging Technology and High Density Packaging (ICEPT-HDP), 2012 13th International Conference on*. 2012.
41. Chunjing, H., et al. *The effects of humidity and temperature aging test on flexible packaging LED module*. in *Electronic Packaging Technology (ICEPT), 2013 14th International Conference on*. 2013.
42. Philips, *Soluções LED de iluminação profissional*. 2014.
43. Trust, C., *Refrigeration systems*. 2011.
44. Dias, J.A.Q., *Concepção de Instalações Frigoríficas em Expansão Directa versus Sistemas Inundados. Análise Energética das Soluções* in *Departamento de Engenharia Mecânica*. 2012, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
45. WEG, *22 maneiras de melhorar a eficiência do motor e prolongar sua vida útil*. 2013.
46. Ramos, M.C.G., *Metodologia para redimensionamento motriz: estudo de caso*. Leonardo Energy.
47. Ashrae, *ASHRAE Handbook - Refrigeration*, in *Refrigeration*, Atlanta, Editor. 2010.
48. ISR-UCoimbra, ADENE e ADEME, - *Soluções para melhorar os sistemas accionados por motores eléctricos*, 2007. *Guia Técnico Programa Motor Challenge*

Anexos

Anexo A – Histórico do Consumo Energético

A1 – Consumo Energético das Empresas do ano 2012

Tabela 9 – Consumo energético do ano 2012, expressos em kWh

| Consumo Energético kWh | | | |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Meses | Empresa A | Empresa B | Empresa C |
| Janeiro | 137.783 | 143.462 | 36530 |
| Fevereiro | 165.912 | 126.475 | 28231 |
| Março | 167.684 | 142.851 | 35307 |
| Abril | 180.012 | 126.086 | 35103 |
| Maio | 184.181 | 124.910 | 41189 |
| Junho | 184.792 | 139.163 | 45267 |
| Julho | 162.199 | 178.459 | 46427 |
| Agosto | 186.629 | 175.589 | 47434 |
| Setembro | 212.609 | 188.322 | 42960 |
| Outubro | 197.940 | 174.737 | 57187 |
| Novembro | 184.610 | 214.865 | 50057 |
| Dezembro | 149.309 | 168.361 | 30901 |
| Total [kWh] | 2.113.660 | 1.903.280 | 496593 |
| Total [tep] | 181,74 | 163,65 | 42,69 |

A2 – Consumo Energético das Empresas do ano 2013

Tabela 10 - Consumo energético do ano 2013, expressos em kWh

| Consumo Energético kWh | | | |
|-------------------------------|------------------|---------------------|------------------|
| Meses | Empresa A | Empresa B | Empresa C |
| Janeiro | 143.462 | D.N.F. ⁵ | 21568 |
| Fevereiro | 126.475 | D.N.F. | 28726 |
| Março | 142.851 | D.N.F. | 32086 |
| Abril | 126.086 | D.N.F. | 41681 |
| Maio | 124.910 | D.N.F. | 36985 |
| Junho | 139.163 | D.N.F. | 51795 |
| Julho | 178.459 | D.N.F. | 37224 |
| Agosto | 175.589 | D.N.F. | 64277 |
| Setembro | 212.609 | D.N.F. | D.N.F. |
| Outubro | 197.940 | D.N.F. | D.N.F. |
| Novembro | 184.610 | D.N.F. | D.N.F. |
| Dezembro | 149.309 | D.N.F. | D.N.F. |
| Total [kWh] | 1.901.463 | ---- | 314342 |
| Total [tep] | 163,49 | ---- | 27,02 |

⁵ Dados Não Fornecidos

Anexo B – Diagramas de Cargas do Período Monitorizado

B1 – DC da Empresa A (“Frio Novo” + “Frio Antigo” + “Iluminação”)

Na empresa A foram realizadas duas monitorizações aos consumos energéticos, a primeira ocorreu entre 20 de Dezembro de 2013 a 15 de Janeiro de 2014. A segunda monitorização foi realizada entre 15 de Janeiro a 20 de Janeiro.

O período de 20 de Dezembro a 3 de Janeiro corresponde ao período de férias.

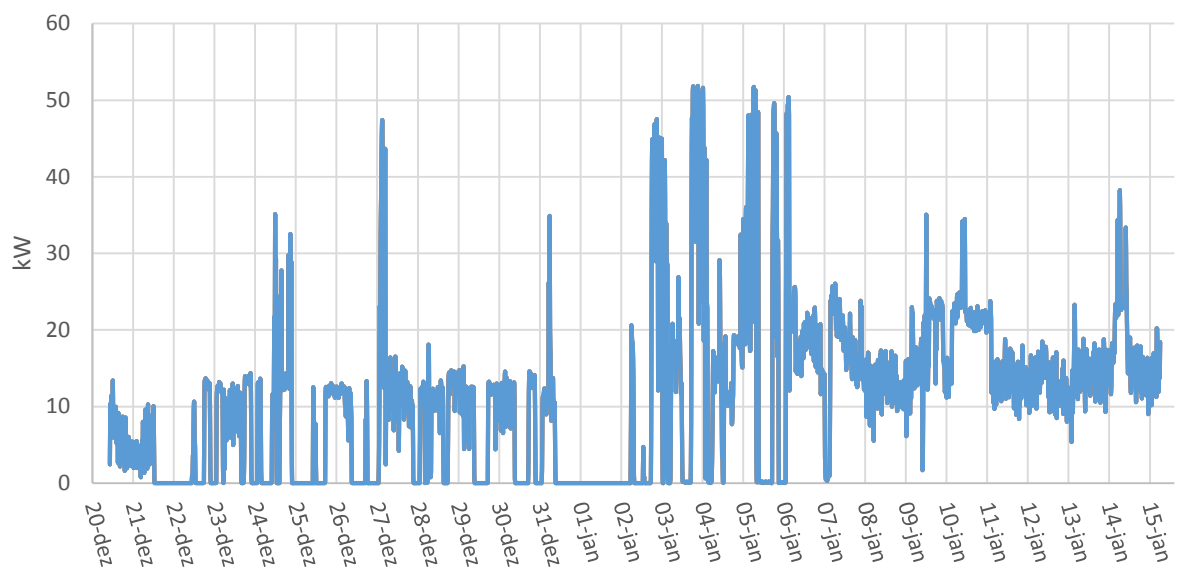


Figura 33 – Diagrama de Carga do período monitorizado da primeira visita, kW

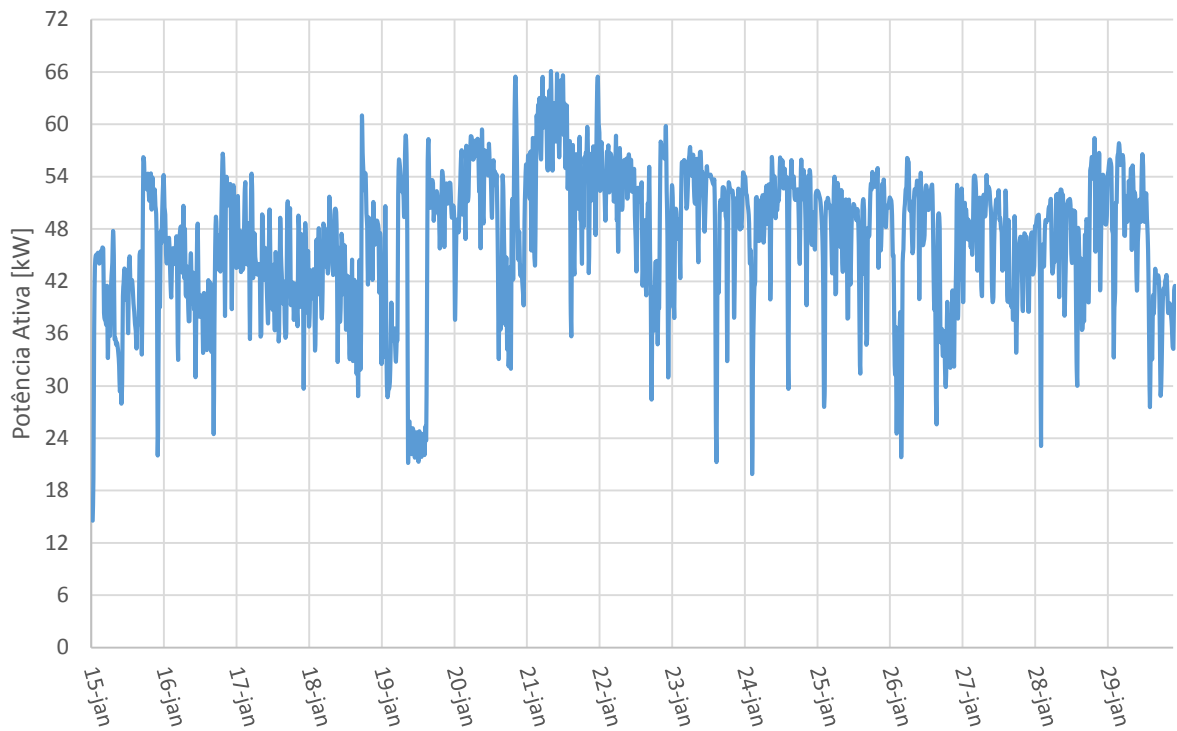


Figura 34 - Diagrama de Carga do período monitorizado da segunda visita, kW

B2 – DC da Empresa B

Na empresa B a monitorização foi executada entre 12 de Dezembro a 20 de Dezembro, do ano de 2013.

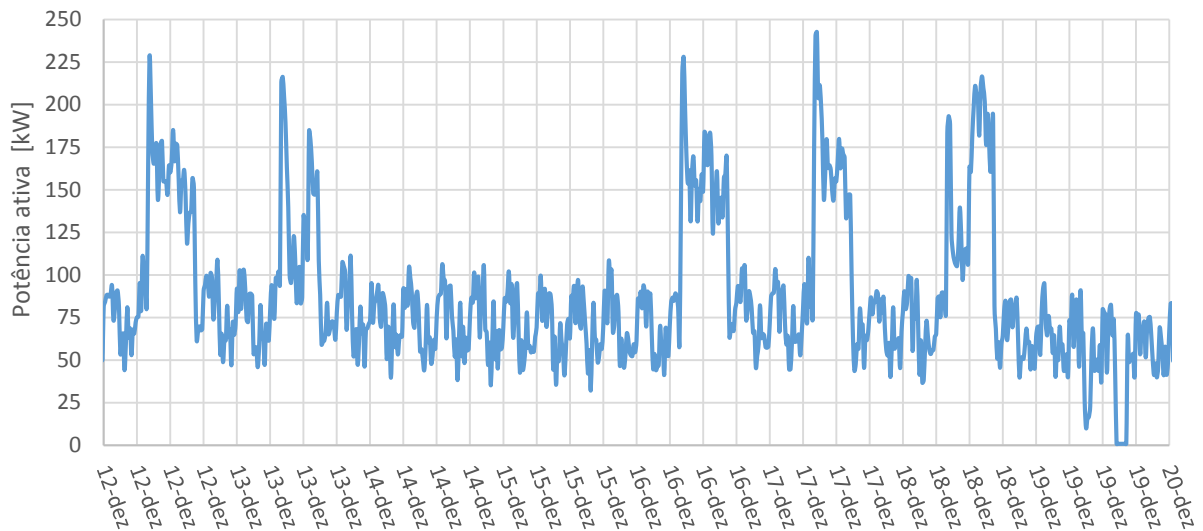


Figura 35 - Diagrama de Carga do período monitorizado, kW

B3 – DC da Empresa C

Na empresa foram realizadas duas monitorizações em períodos temporais diferentes, em que a primeira monitorização ocorreu entre o dia 15 de Janeiro e 30 de Janeiro, e a segunda recolha de dados foi efetuada entre 30 de Janeiro e 15 de Fevereiro.

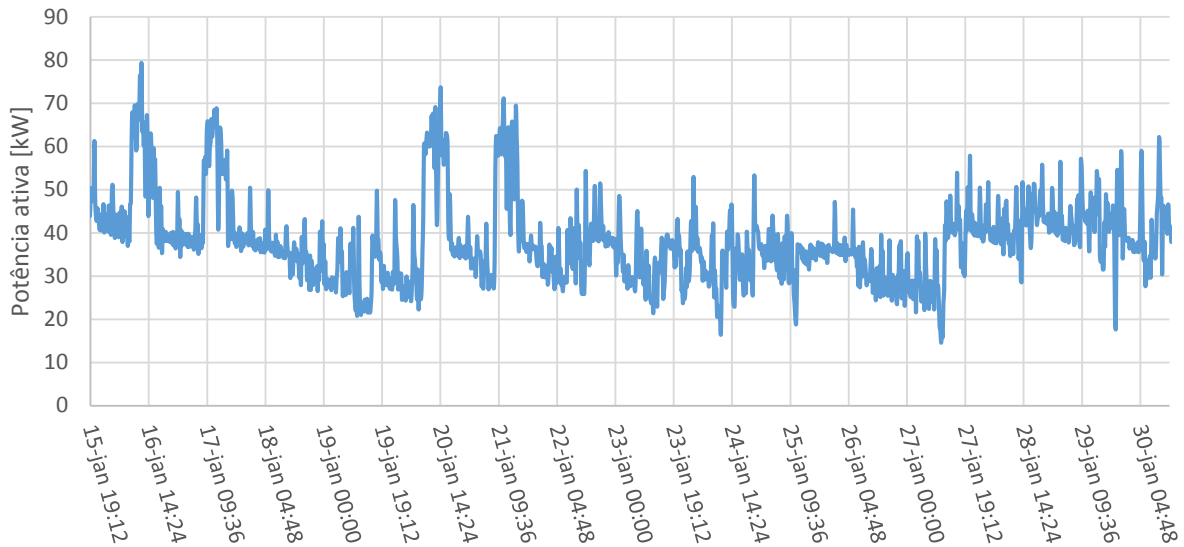


Figura 36 - Diagrama de Carga do período monitorizado da primeira visita, kW

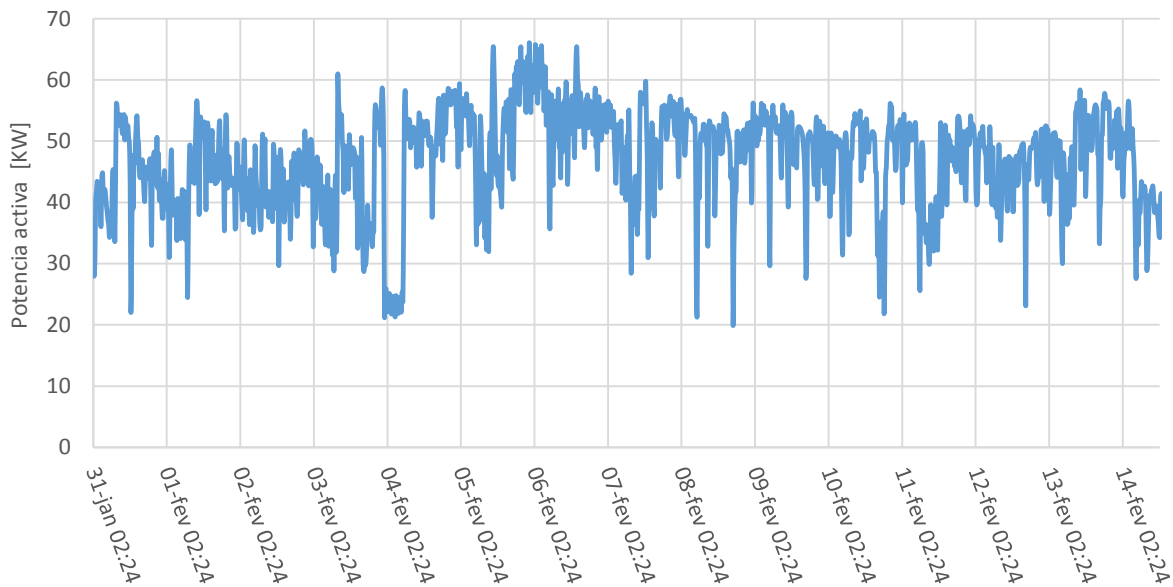


Figura 37 - Diagrama de Carga do período monitorizado da primeira visita, kW

Anexo C – Ciclos Horários

O período horário usado para os cálculos foi o horário de inverno, sendo que a monitorização feita das três empresas ocorreu nesse intervalo respetivo.

C1 – Ciclo Semanal

| | horário de Inverno | horário de Verão |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| segunda a sexta | | |
| ponta | das 09:30 às 12:00 | das 09:15 às 12:15 |
| | das 18:30 às 21:00 | |
| cheias | das 07:00 às 09:30 | das 07:00 às 09:15 |
| | das 12:00 às 18:30 | das 12:15 às 24:00 |
| | das 21:00 às 24:00 | |
| vazio | das 00:00 às 02:00 | das 00:00 às 02:00 |
| | das 06:00 às 07:00 | das 06:00 às 07:00 |
| supervazio | das 02:00 às 06:00 | das 02:00 às 06:00 |
| sábados | | |
| cheias | das 09:30 às 13:00 | das 09:00 às 14:00 |
| | das 18:30 às 22:00 | das 20:00 às 22:00 |
| vazio | das 00:00 às 02:00 | das 00:00 às 02:00 |
| | das 06:00 às 09:30 | das 06:00 às 09:00 |
| | das 13:00 às 18:30 | das 14:00 às 20:00 |
| | das 22:00 às 24:00 | das 22:00 às 24:00 |
| supervazio | das 02:00 às 06:00 | das 02:00 às 06:00 |
| domingos | | |
| vazio | das 00:00 às 02:00 | das 00:00 às 02:00 |
| | das 06:00 às 24:00 | das 06:00 às 24:00 |
| supervazio | das 02:00 às 06:00 | das 02:00 às 06:00 |

Figura 38 – Desagregação pelos diferentes períodos horários do Ciclo Semanal

C2 – Ciclo Semanal Opcional

| | horário de Inverno | horário de Verão |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| segunda a sexta | | |
| ponta | das 17:00 às 22:00 | das 14:00 às 17:00 |
| | das 00:00 às 00:30 | das 00:00 às 00:30 |
| cheias | das 07:30 às 17:00 | das 07:30 às 14:00 |
| | das 22:00 às 24:00 | das 17:00 às 24:00 |
| vazio | das 00:30 às 02:00 | das 00:30 às 02:00 |
| | das 06:00 às 07:30 | das 06:00 às 07:30 |
| supervazio | das 02:00 às 06:00 | das 02:00 às 06:00 |
| sábados | | |
| cheias | das 10:30 às 12:30 | das 10:00 às 13:30 |
| | das 17:30 às 22:30 | das 19:30 às 23:00 |
| vazio | das 00:00 às 03:00 | das 00:00 às 03:30 |
| | das 07:00 às 10:30 | das 07:30 às 10:00 |
| | das 12:30 às 17:30 | das 13:30 às 19:30 |
| | das 22:30 às 24:00 | das 23:00 às 24:00 |
| supervazio | das 03:00 às 07:00 | das 03:30 às 07:30 |
| domingos | | |
| vazio | das 00:00 às 04:00 | das 00:00 às 04:00 |
| | das 08:00 às 24:00 | das 08:00 às 24:00 |
| supervazio | das 04:00 às 08:00 | das 04:00 às 08:00 |

Figura 39 - Desagregação pelos diferentes períodos horários do Ciclo Semanal

Anexo D – Desagregação do Consumo por Períodos Horários

D1 – Desagregação da empresa A em percentagem

Tabela 11- Desagregação dos consumos das faturas energéticas pelos períodos horários em percentagem, do ano 2013

| Mês | Horas de ponta | Horas cheias | Horas de vazio | Horas de super vazio |
|-----------|----------------|--------------|----------------|----------------------|
| Janeiro | 19% | 44% | 24% | 14% |
| Fevereiro | 19% | 46% | 21% | 13% |
| Março | 19% | 47% | 23% | 12% |
| Abril | 13% | 48% | 25% | 14% |
| Maio | 13% | 52% | 23% | 12% |
| Junho | 14% | 47% | 26% | 13% |
| Julho | 12% | 55% | 20% | 13% |
| Agosto | 10% | 52% | 23% | 14% |
| Setembro | 12% | 54% | 21% | 13% |
| Outubro | 11% | 51% | 24% | 14% |
| Novembro | 19% | 45% | 22% | 14% |
| Dezembro | 16% | 41% | 28% | 15% |

Tabela 12 - Desagregação dos consumos das faturas energéticas pelos períodos horários, do ano 2012

| Mês | Horas de ponta | Horas cheias | Horas de vazio | Horas de super vazio |
|-----------|----------------|--------------|----------------|----------------------|
| Janeiro | 16% | 39% | 29% | 15% |
| Fevereiro | 20% | 44% | 21% | 14% |
| Março | 20% | 45% | 23% | 13% |
| Abril | 11% | 52% | 24% | 14% |
| Maio | 12% | 54% | 21% | 13% |
| Junho | 13% | 52% | 23% | 13% |
| Julho | 11% | 52% | 24% | 12% |
| Agosto | 13% | 53% | 21% | 13% |
| Setembro | 12% | 54% | 21% | 13% |
| Outubro | 11% | 51% | 24% | 14% |
| Novembro | 19% | 45% | 22% | 14% |
| Dezembro | 16% | 41% | 28% | 15% |

D2 – Desagregação da empresa B em percentagem

Tabela 13- Desagregação dos consumos das faturas energéticas pelos períodos horários, do ano 2012

| Mês | Horas de ponta | Horas cheias | Horas de vazio | Horas de super vazio |
|-----------|----------------|--------------|----------------|----------------------|
| Janeiro | 19% | 44% | 24% | 14% |
| Fevereiro | 19% | 46% | 21% | 13% |
| Março | 19% | 47% | 23% | 12% |
| Abril | 13% | 48% | 25% | 14% |
| Maio | 13% | 52% | 23% | 12% |
| Junho | 14% | 47% | 26% | 13% |
| Julho | 12% | 55% | 20% | 13% |
| Agosto | 10% | 52% | 23% | 14% |
| Setembro | 10% | 51% | 24% | 15% |
| Outubro | 11% | 49% | 24% | 15% |
| Novembro | 15% | 34% | 18% | 33% |
| Dezembro | 13% | 31% | 21% | 34% |

D3 – Desagregação da Empresa C em percentagem

Tabela 14- Desagregação dos consumos das faturas energéticas pelos períodos horários, do ano 2012

| Mês | Horas de ponta | Horas cheias | Horas de vazio | Horas de super vazio |
|-----------|----------------|--------------|----------------|----------------------|
| Janeiro | 17% | 43% | 26% | 14% |
| Fevereiro | 17% | 45% | 23% | 14% |
| Março | 15% | 47% | 25% | 14% |
| Abril | 9% | 43% | 32% | 15% |
| Maio | 12% | 52% | 23% | 13% |
| Junho | 10% | 47% | 29% | 15% |
| Julho | 10% | 50% | 26% | 14% |
| Agosto | 10% | 50% | 26% | 14% |
| Setembro | 9% | 47% | 30% | 14% |
| Outubro | 12% | 47% | 26% | 15% |
| Novembro | 16% | 42% | 27% | 15% |
| Dezembro | 16% | 40% | 30% | 14% |

Tabela 15 - Desagregação dos consumos das faturas energéticas pelos períodos horários, do ano 2012

| Mês | Horas de ponta | Horas cheias | Horas de vazio | Horas de super vazio |
|-----------|----------------|--------------|----------------|----------------------|
| Janeiro | 17% | 43% | 26% | 14% |
| Fevereiro | 18% | 46% | 22% | 13% |
| Março | 18% | 46% | 23% | 13% |
| Abril | 12% | 47% | 28% | 14% |
| Maio | 10% | 44% | 32% | 14% |
| Junho | 10% | 49% | 26% | 15% |
| Julho | 9% | 47% | 29% | 14% |
| Agosto | 10% | 47% | 29% | 15% |
| Setembro | --- | --- | --- | --- |
| Outubro | --- | --- | --- | --- |
| Novembro | --- | --- | --- | --- |
| Dezembro | --- | --- | --- | --- |

D4 – Percentagem média da Desagregação por períodos horários

Tabela 16 – Média do Consumo de cada Períodos Horário, em percentagem

| | Horas de ponta | Horas de cheias | Horas de vazio | Horas de super vazio |
|-----------|----------------|-----------------|----------------|----------------------|
| Empresa A | 14% | 49% | 23% | 14% |
| Empresa B | 14% | 46% | 23% | 17% |
| Empresa C | 13% | 46% | 27% | 14% |

D5 - Desagregação pelos diversos períodos, em percentagem, para cada Ciclo Horário

Tabela 17 – Desagregação pelos diversos períodos, em percentagem

| | Horas de ponta | Horas de cheias | Horas de vazio | Horas de super vazio |
|------------------------|----------------|-----------------|----------------|----------------------|
| Ciclo Semanal | 15% | 40% | 29% | 17% |
| Ciclo Semanal Opcional | 15% | 40% | 29% | 17% |

Anexo E – Histórico Energia Reativa

Tabela 18 – Energia Reativa taxada da empresa C

| | <i>Mês</i> | <i>Energia Reativa (kVAr)</i> | <i>Preço mensal (€)</i> |
|------|------------|-------------------------------|-------------------------|
| 2011 | Dezembro | 10949,2 | 430,68 |
| 2012 | Janeiro | 11121,1 | 521,79 |
| | Fevereiro | 9186,3 | 436,03 |
| | Março | 11443,1 | 547,32 |
| | Abril | 10275,3 | 501,95 |
| | Maio | 14094 | 676,94 |
| | Junho | 15470,2 | 780,32 |
| | Julho | 17161,9 | 869,78 |
| | Agosto | 17306,3 | 872,27 |
| | Setembro | 15456,9 | 793,97 |
| | Outubro | 21963,9 | 1133,51 |
| | Novembro | 18969,9 | 980,86 |
| | Dezembro | 11943,6 | 627,31 |
| 2013 | Janeiro | 7234 | 399,43 |
| | Fevereiro | 9814,71 | 486,33 |
| | Março | 11178,34 | 561,02 |
| | Abril | 14401,54 | 744,92 |
| | Maio | 10980,98 | 555,27 |
| | Junho | 16327,12 | 811,97 |
| | Julho | 11247,58 | 560,18 |
| | Agosto | 19126,63 | 945,5 |

Anexo F – Custo monetários considerados nesta dissertação

F1 – Custo da energia (€/kWh)

Na empresa B apesar de não haver dados sobre a faturação da energia elétrica, considerou-se os mesmos preços de €/kWh praticados pela empresa A, dado a grande semelhança do consumo energético total, do tipo de indústria e devido à proximidade das instalações.

Tabela 19 – Custo de energia dos diferentes períodos horários

| | HP | HC | HV | HSV |
|------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Empresa A | 0,1043 € | 0,0960 € | 0,0857 € | 0,0738 € |
| Empresa B | 0,1043 € | 0,0960 € | 0,0857 € | 0,0738 € |
| Empresa C | 0,1034 € | 0,0975 € | 0,0767 € | 0,0758 € |

F2 – Preço das Lâmpadas

As lâmpadas LED CorePro são as recomendadas pela marca para ambiente extremos onde as temperaturas podem atingir os -20°C. As lâmpadas Performance foram usadas no cálculo para as zonas dos escritórios, e algumas zonas de laboração onde as temperaturas rondariam os 15°C.

Tabela 20 – Características das lâmpadas sugeridas e usadas para os cálculos

| <i>LED</i> | <i>Comprimento (mm)</i> | <i>Potência (W)</i> | <i>Fluxo Lumioso (lm)</i> | <i>Tempo de vida (horas)</i> | <i>PVR⁶ (€)</i> |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| <i>Philips CorePro</i> | 600 | 10 | 800 | 30000 | 21,10 |
| | 1200 | 20 | 1600 | 30000 | 26,66 |
| | 1500 | 25 | 2000 | 30000 | 33,32 |
| <i>Philips Performance</i> | 600 | 10,5 | 1050 | 50000 | 38,88 |
| | 1200 | 21 | 2100 | 50000 | 48,88 |
| | 1500 | 31 | 3100 | 50000 | 61,10 |

Para efeito de contas do payback, considerou-se o preço unitário de cada lâmpada fluorescente entre 5€ e 7€, dependendo da potência.

⁶ Preço de Venda Recomendado

Tabela 21 – Preço Considerado para as Lâmpadas Fluorescentes

| | Potência | Preço |
|---------------------|-----------------|--------------|
| Fluorescente | 18 W | 5,00 € |
| | 36 W | 6,00 € |
| | 58 W | 7,00 € |

As lâmpadas Philips Master TL-D Xtra Polar não foram alvo de substituição, uma vez que foram adquiridas, sensivelmente, à um ano e meio e sendo estas o tipo de lâmpada mais recomendado (das lâmpadas tubulares fluorescentes), o payback não compensaria a curto prazo.

Anexo G – Tabela comparativa da potência lâmpadas LED vs Fluorescentes

Tabela 22 – Comparação da potência equivalente das Lâmpadas LED vs Fluorescente, da marca Philips CorePro

| LED | Fluorescente |
|-------------|---------------------|
| 10 W | 18 W |
| 20 W | 36 W |
| 25 W | 58 W |

Anexo H – Regime de carga dos compressores em percentagem

O período de tempo representado nas figuras deste anexo correspondem ao tempo de monitorização, durante duas semanas.

H2 – Empresa B

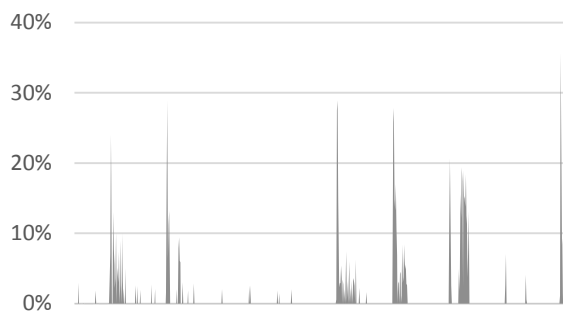


Figura 40 – Regime de carga do compressor C1

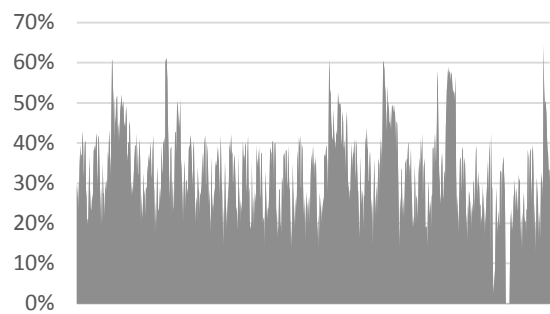


Figura 41 - Regime de carga do compressor C2

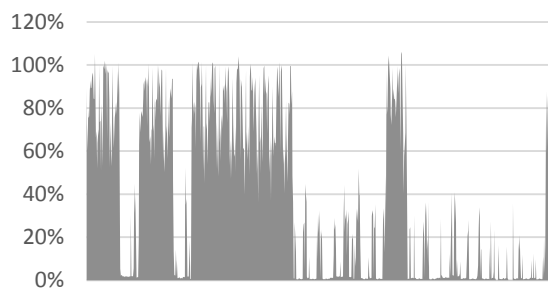


Figura 42 - Regime de carga do compressor C3

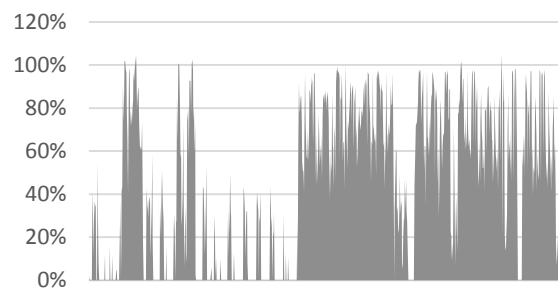


Figura 43 - Regime de carga do compressor C4

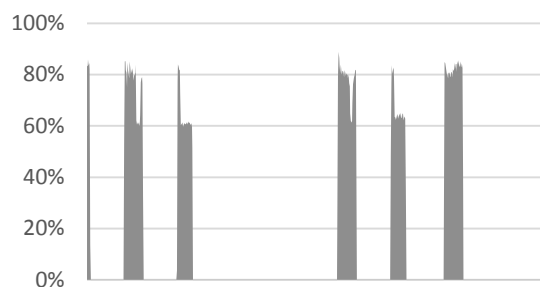


Figura 44 - Regime de carga do compressor CA

H3 – Empresa C

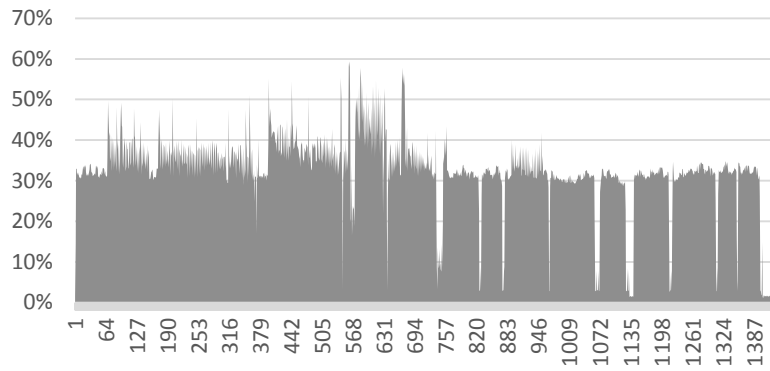


Figura 45 - Regime de carga do Compressor Conservação

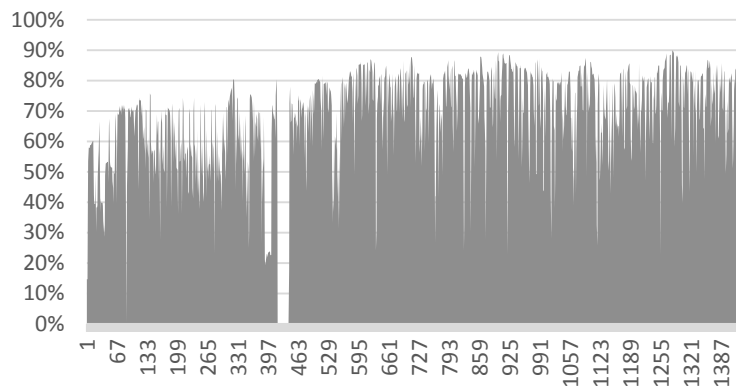


Figura 46 - Regime de carga do Compressor Congelamento

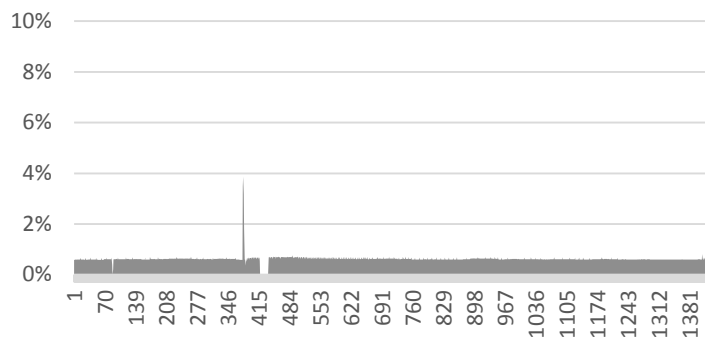


Figura 47 - Regime de carga do Compressor Climatização

