

# ESTUDO DO POTENCIAL DE COGERAÇÃO DE ELEVADA EFICIÊNCIA EM PORTUGAL

(Relatório final)



20 de Dezembro de 2016

## Índice

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Caracterização geral do consumo de energia em Portugal.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Descrição da Metodologia Utilizada .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Referenciais para o cálculo do potencial de substituição de calor.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Limitações da caracterização decorrentes dos dados disponíveis .....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Setor da Agricultura e Pescas .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização energética do Setor da Agricultura e Pescas .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>Descrição da Procura de Aquecimento e Arrefecimento .....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Setor da Indústria .....</b>	<b>24</b>
<b>5.1</b>	<b>Caracterização Energética do Sector da Indústria .....</b>	<b>24</b>
<b>5.2</b>	<b>Descrição da Procura de Aquecimento e Arrefecimento .....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>Setor dos Serviços.....</b>	<b>33</b>
<b>6.1</b>	<b>Caracterização Energética do Setor dos Serviços .....</b>	<b>34</b>
<b>6.2</b>	<b>Descrição da Procura de Aquecimento e Arrefecimento .....</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>Setor Residencial .....</b>	<b>43</b>
<b>7.1</b>	<b>Descrição da Procura de Aquecimento e Arrefecimento .....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>Mapeamento da Procura Incluindo Infraestruturas Existentes e Projetadas .....</b>	<b>51</b>
<b>8.1</b>	<b>Mapas das Infraestruturas Existentes .....</b>	<b>52</b>
8.1.1	Mapeamento das Centrais Térmicas Ativas em Portugal.....	52
8.1.2	Mapeamento dos Cogeneradores Ativos em Portugal.....	52
8.1.3	Mapeamento de Cogerações Projetadas.....	53
<b>8.2</b>	<b>Mapeamento do Sector Agricultura e Pescas.....</b>	<b>53</b>
<b>8.3</b>	<b>Mapeamento do Sector da Indústria .....</b>	<b>55</b>
<b>8.4</b>	<b>Mapeamento do Setor dos Serviços .....</b>	<b>57</b>
<b>8.5</b>	<b>Mapeamento do Setor Residencial .....</b>	<b>58</b>

<b>9</b>	<b>Identificação da Cogeração de Elevada Eficiência e do Potencial Criado Desde o Estudo Anterior</b>	<b>69</b>
<b>9.1</b>	<b>Evolução do Número de Centrais de Cogeração no Período 2008-2014 .....</b>	<b>69</b>
<b>9.2</b>	<b>Evolução da Potência Elétrica das Centrais de Cogeração no Período 2008-2014 .....</b>	<b>73</b>
<b>9.3</b>	<b>Redes de aquecimento e arrefecimento urbano, e trigeriação .....</b>	<b>76</b>
<b>9.4</b>	<b>Identificação do potencial técnico da cogeração de elevada eficiência em Portugal.....</b>	<b>77</b>
9.4.1	Definições e pressupostos – Potencial de cogeração e consumo de energia térmica ..	77
9.4.2	Distribuição de consumos de energia térmica no ano de referência, por setor de atividade	80
<b>9.5</b>	<b>Potencial técnico de cogeração e a sua evolução em 2014-2025 .....</b>	<b>82</b>
<b>9.6</b>	<b>Potencial económico da cogeração de elevada eficiência.....</b>	<b>87</b>
9.6.1	Cenários de Evolução .....	87
9.6.2	Análise Custo-Benefício .....	93
<b>9.7</b>	<b>Estratégias, Políticas e Medidas para a Realização do Potencial Identificado .....</b>	<b>99</b>
9.7.1	Medidas de Apoio Público à Cogeração - Definição de Interesse e Setores Prioritários ..	99
9.7.2	Sistema de Incentivos à Cogeração Existente e Possíveis Melhorias .....	100
<b>10</b>	<b>Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>103</b>
<b>11</b>	<b>Referências .....</b>	<b>106</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>107</b>

## Índice de Figuras

Figura 1.1 – Capacidade de Cogeração Instalada na União Europeia (Fonte: Eurostat) .....	2
Figura 1.2 - Produção de Eletricidade em Cogeração Vs. Rácio de Eletricidade Produzida em Cogeração na União Europeia em 2014 (Fonte: Eurostat) .....	3
Figura 1.3 – Mix de Combustíveis Utilizados na Cogeração na União Europeia em 2014 (Fonte: COGEN) .....	3
Figura 2.1 – Evolução do consumo de energia primária, em ktep (Fonte: DGEG) .....	4
Figura 2.2 – Evolução do consumo de energia final, em ktep (Fonte: DGEG) .....	5
Figura 2.3 – Evolução do consumo de energia final por setor de atividade, em ktep (Fonte: DGEG) ....	6
Figura 3.1 - Folha resumo da informação contida na Base de Dados construída no âmbito deste relatório .....	9
Figura 3.2 – Ambiente de trabalho do software QGIS.....	12
Figura 4.1 - Desagregação de energia final no setor da agricultura e pescas (Fonte: DGEG) .....	19
Figura 4.2 - Consumo Energético por Distrito em Portugal Continental e Regiões Autónomas no Setor da Agricultura e Pescas [Fonte: DGEG 2014] .....	20
Figura 4.3 - Necessidades de calor/frio por Distrito no setor da agricultura e pescas [GWh] .....	21
Figura 5.1 - Desagregação de energia final no setor da Indústria [Fonte: DGEG] .....	26
Figura 5.2 - Evolução dos subsetores da Indústria no período 2008-2014 [Fonte: DGEG] .....	28
Figura 5.3 - Consumo Energético por Distrito em Portugal Continental e Regiões Autónomas no Setor da Indústria [Fonte: DGEG 2014] .....	29
Figura 5.4 - Necessidades de calor/frio por Distrito no setor da Indústria [GWh] .....	31
Figura 6.1 – Desagregação de energia final no setor dos serviços (Fonte: DGEG) .....	35
Figura 6.2 - Evolução consumos nos subsetores dos Serviços no período 2008-2014 [Fonte: DGEG] .	37
Figura 6.3 – Consumo Energético por Distrito em Portugal Continental e Regiões Autónomas no Setor dos Serviços [Fonte: DGEG 2014] .....	39
Figura 6.4 - Necessidades de calor/frio por Distrito no setor dos Serviços [GWh] .....	40

Figura 7.1 – Consumo de energia por alojamento desagregado por uso final em 2012 (Lapillonne, Bruno, Karine Pollier 2015).....	43
Figura 7.2 – Consumo para aquecimento por m <sup>2</sup> (Lapillonne, Bruno, Karine Pollier 2015) .....	43
Figura 7.3 – Nº de edifícios clássicos e de alojamentos (INE 2015).....	44
Figura 7.4 – Distribuição do consumo residencial por fonte – valores em ktep. Dados: (DGEG 2014)	45
Figura 7.5 – Nº médio de graus dia na Europa a 27 para o período 1980-2004 (Bertoldi et al. 2012)	46
Figura 7.6 – Zonamento para requisitos de qualidade da envolvente (Aguar 2013) .....	47
Figura 7.7 – Áreas de tecido urbano. Dados: DGT .....	48
Figura 7.8 – Número de alojamentos com sistema de aquecimento por região NUTS II. Dados: (INE 2011).....	48
Figura 7.9 – Número de alojamentos com sistema de aquecimento por região NUTS II – distribuição por fonte energética. (Fonte: INE 2011).....	49
Figura 7.10 – Evolução dos consumos do setor residencial. (Fonte: DGEG) .....	49
Figura 7.11 – Determinação da tendência associada aos dados de consumo residencial .....	50
Figura 8.1 - Localização das centrais termoelétricas com consumos superiores a 20GWh e das centrais incineradoras (Fonte: DGEG 2014) .....	52
Figura 8.2 - Municípios com cogeneradores ativos (Fonte: DGEG 2014) .....	53
Figura 8.3 - Consumo dos municípios no setor da Agricultura e Pescas (Fonte: DGEG 2014). .....	54
Figura 8.4 - Consumo dos municípios no setor da Agricultura e Pescas: calor e frio (Fonte: DGEG 2014) .....	55
Figura 8.5 - Consumo dos municípios no setor da Indústria (Fonte: DGEG 2014). .....	56
Figura 8.6 - Consumo dos municípios no setor da Indústria: calor e frio (Fonte: DGEG2014).....	56
Figura 8.7 - Consumo dos municípios no setor dos Serviços (Fonte: DGEG 2014).....	57
Figura 8.8 - Definição de áreas urbanas na COS2007 (Fonte: COS 2007).....	59
Figura 8.9 - Distribuição dos alojamentos por freguesia. ....	61
Figura 8.10 - Distribuição dos consumos anuais totais do setor Residencial por freguesia, usando estatísticas de consumo reais, com distribuição estimada dos consumos de biomassa de acordo com a hipótese ii .....	62

Figura 8.11 - Distribuição do consumo anual para aquecimento de acordo com hipótese iii .....	63
Figura 8.12 - Estimativa da densidade de consumo anual por freguesia, em tep/km <sup>2</sup> , com base na abordagem ii. ....	64
Figura 8.13 - Estimativa da densidade de consumo anual para aquecimento por freguesia, em tep/km <sup>2</sup> , com base na abordagem iii .....	65
Figura 8.14 - Distribuição do consumo para arrefecimento segundo os alojamentos com ar condicionado .....	66
Figura 8.15 - Consumo de Energia Anual no Setor Residencial e RA da Madeira (Fonte: DGEG) .....	67
Figura 8.16 - Densidade de Consumo na RA dos Açores (Fonte: DGEG) .....	68
Figura 9.1 – Número de centrais de cogeração de acordo com a divisão NUT I (Fonte: DGEG) .....	70
Figura 9.2 – Localização das centrais de cogeração, em 2014, de acordo com a divisão NUT I (Fonte: DGEG 2014).....	70
Figura 9.3 – Distribuição geográfica dos cogeradores ativos (Fonte: DGEG 2014) .....	71
Figura 9.4 - Desagregação (percentagem do número de instalações) das novas centrais de cogeração por setor de atividade no período 2008-2014 (Fonte: DGEG).....	71

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Proporção do consumo de calor passível de ser alimentado a partir de uma fonte de calor residual (Klotz e et al 2014) .....	16
Tabela 2 – Necessidades Térmicas no Setor Agricultura e pescas .....	21
Tabela 3 - Necessidades Térmicas no Setor da Indústria .....	30
Tabela 4 – Necessidades Térmicas no Setor dos Serviços .....	40
Tabela 5 - Potências elétricas e térmicas das centrais de cogeração analisadas no período 2008-2014 .....	75
Tabela 6 - Potencial económico da cogeração de elevada eficiência em 2010, 2015 e 2020, de acordo com DGEG (2010).....	76
Tabela 7 - Consumos energéticos por setor em tep - 2014 (Fonte: DGEG).....	81
Tabela 8 - Consumos energéticos no setor dos Serviços - 2014 (Fonte: DGEG).....	82
Tabela 9 - Peso da cogeração em 2014 por setor de atividade (Fonte: DGEG).....	83
Tabela 10 - Peso da cogeração nos subsectores dos Serviços em 2014 (Fonte: DGEG) .....	84
Tabela 11 - Cálculo do potencial de calor e frio a fornecer por cogerações (Fonte: DGEG) .....	86
Tabela 12 – Cenários de evolução em MWe (Fonte: EEP, INESCC, ISR, Protermia. 2008) .....	88
Tabela 13 - Previsão de evolução dos consumos de energia entre 2015 e 2035 em Portugal (Fonte: EU Reference Scenario 2016).....	90
Tabela 14 – Previsão de evolução da produção de eletricidade e da proporção gerada em unidades de cogeração em Portugal (Fonte: EU Reference Scenario 2016).....	90
Tabela 15 – Previsão de evolução dos consumos por subsector industrial em Portugal (Fonte: EU Reference Scenario 2016).....	91
Tabela 16 – Previsão de evolução dos consumos residenciais em Portugal (Fonte: EU Reference Scenario 2016) .....	92
Tabela 17 – Previsão de evolução dos consumos dos setores dos Serviços e Agricultura em Portugal (Fonte: EU Reference Scenario 2016).....	92
Tabela A2.18 - Caso 1 - Motor de 5 kW (valores por kW) .....	110

Tabela A2.19- Caso 2 Motor 50 kW (valores por kW) .....	110
Tabela A2.20- Caso 3 Motor 500 kW (valores por kW) .....	111
Tabela A2.21 - Caso 4 Motor 2 MW (valor por kW) .....	111
Tabela A2.22 - Caso 5 Turbina Gás 10 MW (valores por kW) .....	112
Tabela A2.23 - Caso 6 Turbina a Gás 20 MW (valores em kW) .....	112
Tabela A2.24 - Caso 7 Turbina a Gás 20 MW (valores em kW) .....	113
Tabela A2.25 - Caso 8 CCGT 100 MW (valores por kW) .....	113
Tabela A2.26 - Caso 9 CCGT 200 MW (valores por kW) .....	114
Tabela A2.27 - Caso 10 CCGT 450 MW (valores por kW) .....	114



**Índice de acrónimos**

AQS	Águas Quentes Sanitárias
CAE	Código de Atividade Económica
COGEN PT	Associação Portuguesa para a Eficiência Energética e Promoção da Cogeração
COGEN EU	The European Association for the Promotion of Cogeneration
COS2007	Carta de Ocupação e Uso do Solo de Portugal Continental para 2007
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DGT	Direção Geral do Território
EDP	Energias de Portugal
EM	Estado Membro
GN	Gás Natural
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
INE	Instituto Nacional de Estatística
REN	Redes Energéticas Nacionais
SIG	Sistema de Informação Geográfica

## 1 Introdução

A Comissão Europeia, ao abrigo do Artigo 14.º da Diretiva 2012/27/EU, relativa à Eficiência Energética, determinou que cada Estado Membro (EM) realizasse um estudo de identificação do potencial de cogeração de elevada eficiência e de sistemas de aquecimento e arrefecimento energeticamente eficientes, tendo em consideração as premissas estabelecidas no Anexo VIII, para um horizonte temporal de 10 anos após o ano de referência utilizado (sendo no caso Português o ano 2014).

Para o efeito foram utilizados os dados fornecidos pela Direção de Serviços de Planeamento Energético e Estatística da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), para o período de 2008 a 2015, cujos consumos das várias fontes de energia estavam alocados por código de atividade económica (CAE). Adicionalmente, o recurso a outras fontes foi efetuado quando a necessidade de dados o justificou.

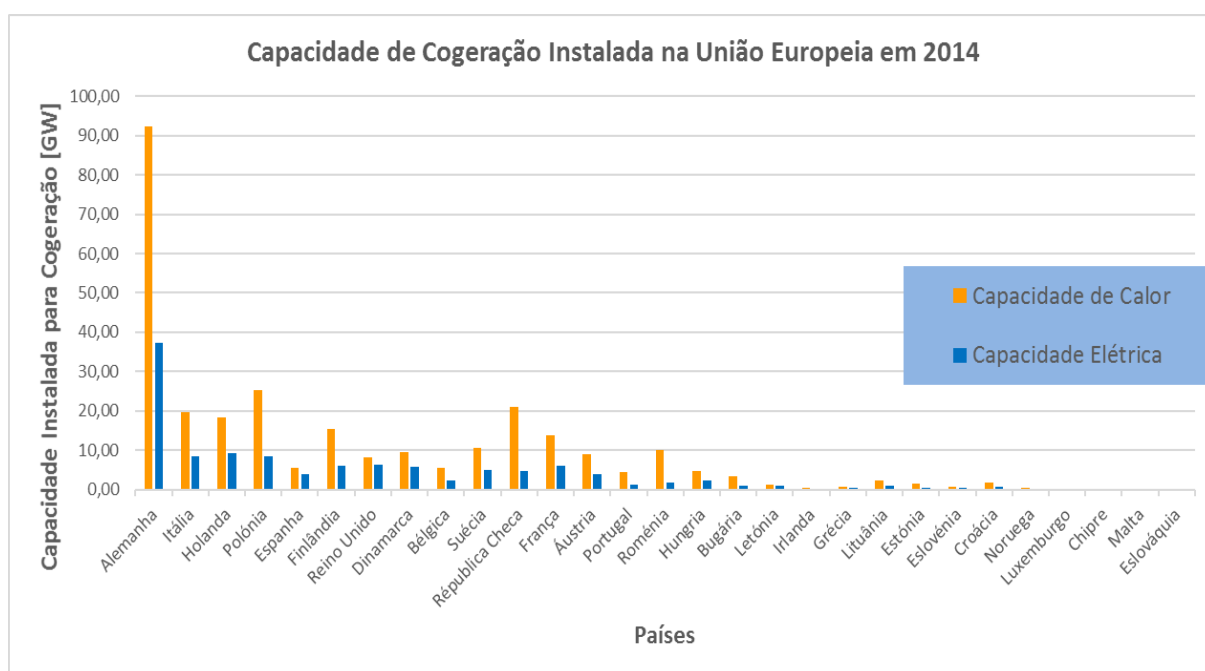
Este relatório está dividido em 11 capítulos. O presente capítulo serve de introdução ao trabalho enquanto o segundo faz uma caracterização geral do consumo de energia em Portugal. O Capítulo 3 descreve a metodologia utilizada nos cálculos e na elaboração deste relatório, assim como as limitações encontradas na realização do estudo. Do Capítulo 4 ao 7 é feita uma caracterização energética de cada um dos setores de atividade, tal como uma descrição da procura de aquecimento e arrefecimento nesses mesmos setores. O Capítulo 8 apresenta os mapeamentos requeridos pelo Anexo VIII da Diretiva. O Capítulo 9 identifica a cogeração de elevada eficiência e o potencial técnico e económico criado deste o estudo anterior. O Capítulo 10 apresenta as principais conclusões e recomendações deste estudo.

Numa primeira fase do estudo, é descrita a metodologia aplicada no tratamento dos dados adquiridos, para a caracterização energética de todos os municípios de Portugal conforme os dados disponíveis e as limitações apresentadas. Para tal, foi construída uma base de dados em Excel, fundamental para a realização deste estudo.

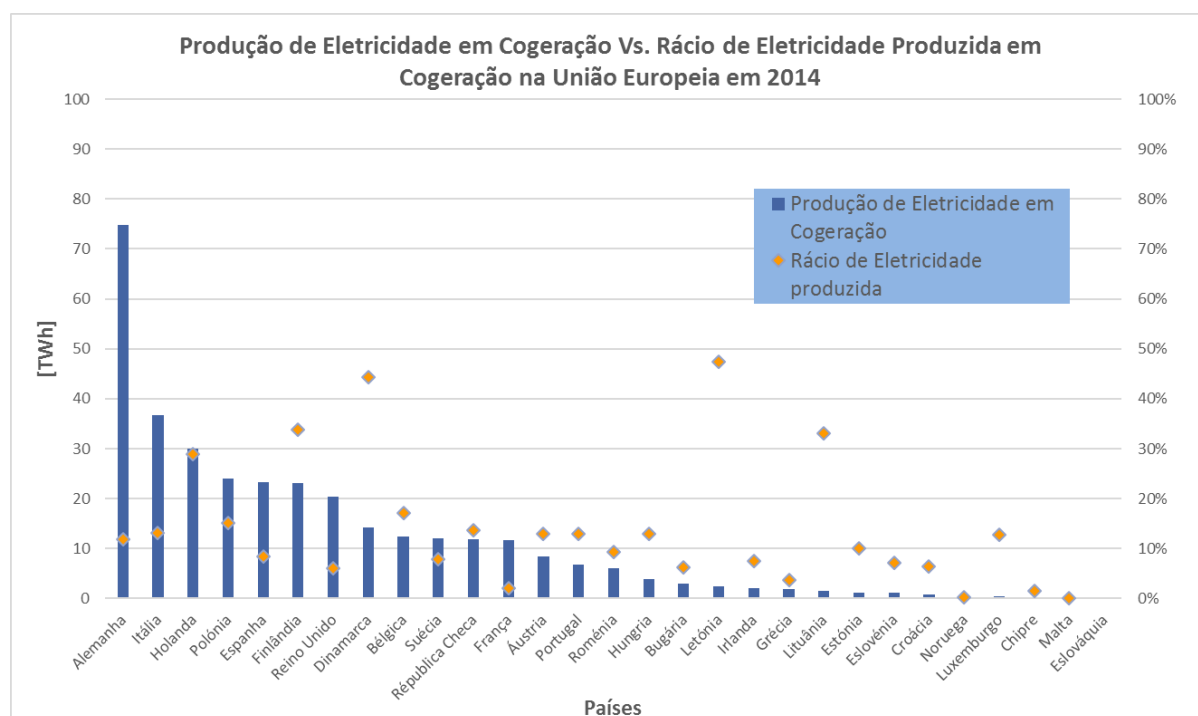
Foram analisadas as principais fontes energéticas de cada setor com o objetivo de caracterizar convenientemente as necessidades energéticas, nomeadamente a procura de aquecimento e de arrefecimento e assim ter uma avaliação detalhada de cada setor. Com base nas avaliações efetuadas, foram criados os mapas indicados no Anexo VIII da Diretiva, e elaborada uma análise crítica dos mesmos.

Após uma breve descrição da situação atual da cogeração em Portugal, foi feita uma análise do potencial técnico de cogeração e de redes de aquecimento e arrefecimento eficientes, assim como uma análise do potencial económico e uma estimativa da evolução desse mesmo potencial.

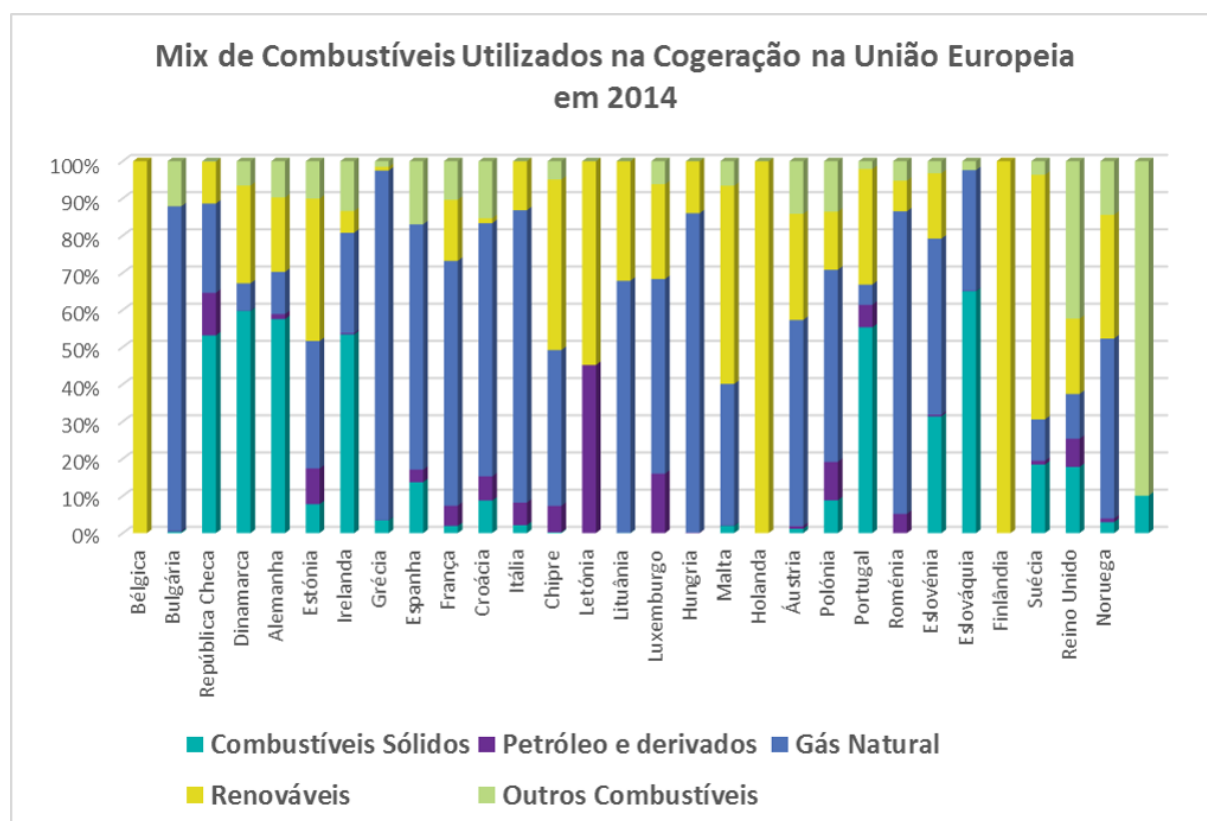
Nas Figuras 1.1 a 1.3 são apresentadas as capacidades instaladas de cogeração e os combustíveis utilizados nos diversos países da União Europeia. São também apresentados os valores da produção de eletricidade, em termos absolutos e em termos relativos. A penetração da cogeração em Portugal tem um valor semelhante à média europeia e superior à dos países do Sul da UE (Espanha, França, Grécia e Itália). Portugal apresenta como factor positivo uma elevada percentagem de energias renováveis na cogeração, apenas ultrapassada pela Finlândia, Suécia e Áustria.



**Figura 1.1 – Capacidade de Cogeração Instalada na União Europeia (Fonte: Eurostat)**



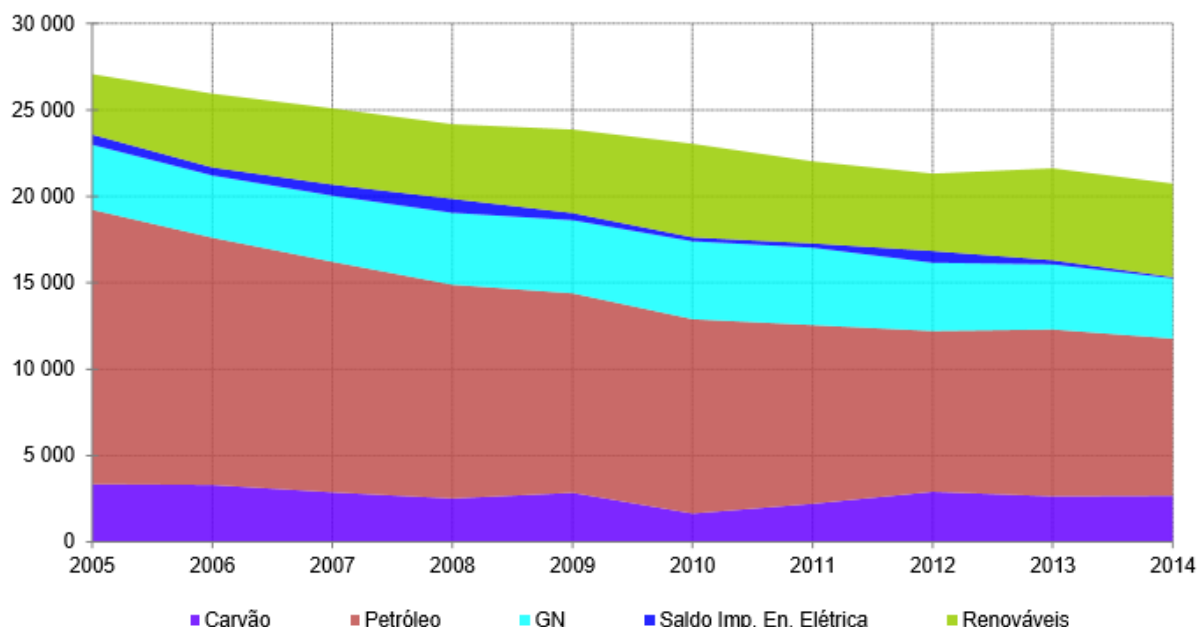
**Figura 1.2 - Produção de Eletricidade em Cogeração Vs. Rácio de Eletricidade Produzida em Cogeração na União Europeia em 2014 (Fonte: Eurostat)**



**Figura 1.3 – Mix de Combustíveis Utilizados na Cogeração na União Europeia em 2014 (Fonte: COGEN)**

## 2 Caracterização geral do consumo de energia em Portugal

A Figura 2.1 apresenta a evolução do consumo de energia primária, em ktep, no território nacional. Verifica-se que para o ano de 2014 o consumo de petróleo representou cerca de 44%, o de gás natural (GN) 17%, o de energias renováveis 26%, e de carvão 13%, relativamente ao consumo total.



	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	3349	3310	2883	2526	2858	1657	2222	2915	2653	2682
	15877	14305	13337	12365	11533	11241	10332	9297	9458	9089
	3761	3595	3821	4157	4233	4507	4483	3950	3769	3486
	587	468	644	811	411	226	242	679	239	78
	3392	4166	4316	4225	4737	5321	4647	4395	5220	5408
O	121	127	119	131	139	150	183	246	177	178
	27 087	25 971	25 120	24 215	23 911	23 101	22 110	21 482	21 515	20 920

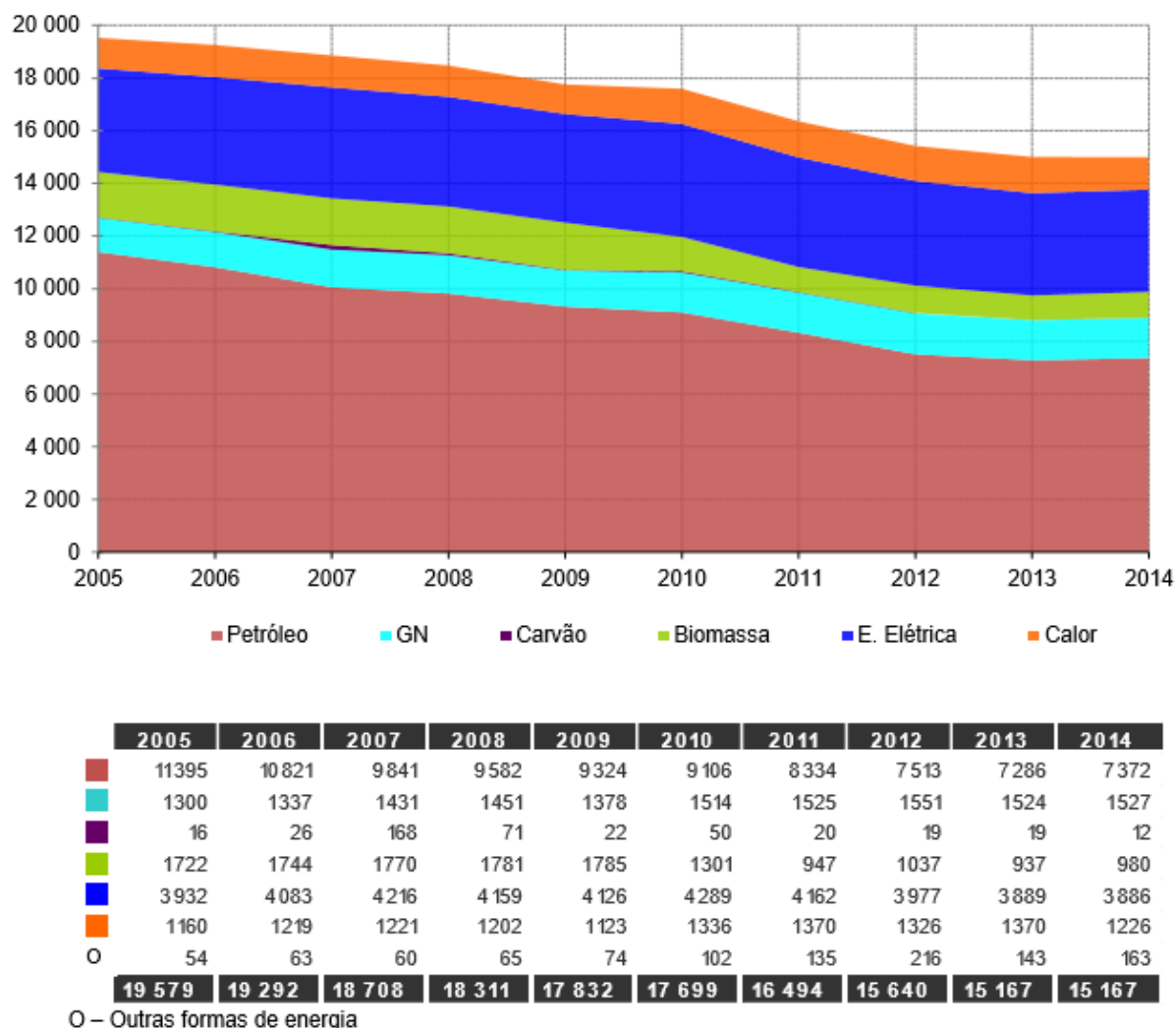
O - Outros resíduos não renováveis

**Figura 2.1 – Evolução do consumo de energia primária, em ktep (Fonte: DGEG)**

A evolução do consumo de energia primária foi influenciada por vários fatores, nomeadamente os seguintes:

- Reduzido crescimento da economia, sendo nalguns anos o crescimento negativo devido à crise internacional de 2008, agravada pela necessidade de garantir a sustentabilidade da dívida portuguesa ao exterior.
- Diminuição substancial do consumo do petróleo devido ao aumento de preços, redução da atividade económica das empresas e aumento da eficiência energética.
- Aumento significativo da produção de energias renováveis, com ênfase na produção de energia eólica.

A Figura 2.2 apresenta a evolução do consumo de energia final, em ktep, em Portugal. Verifica-se que para o ano de 2014 o consumo de petróleo representou cerca de 48%, o de energia elétrica 25% e o de GN 10%. A utilização de calor representou cerca de 9%, e o consumo de biomassa 7%.

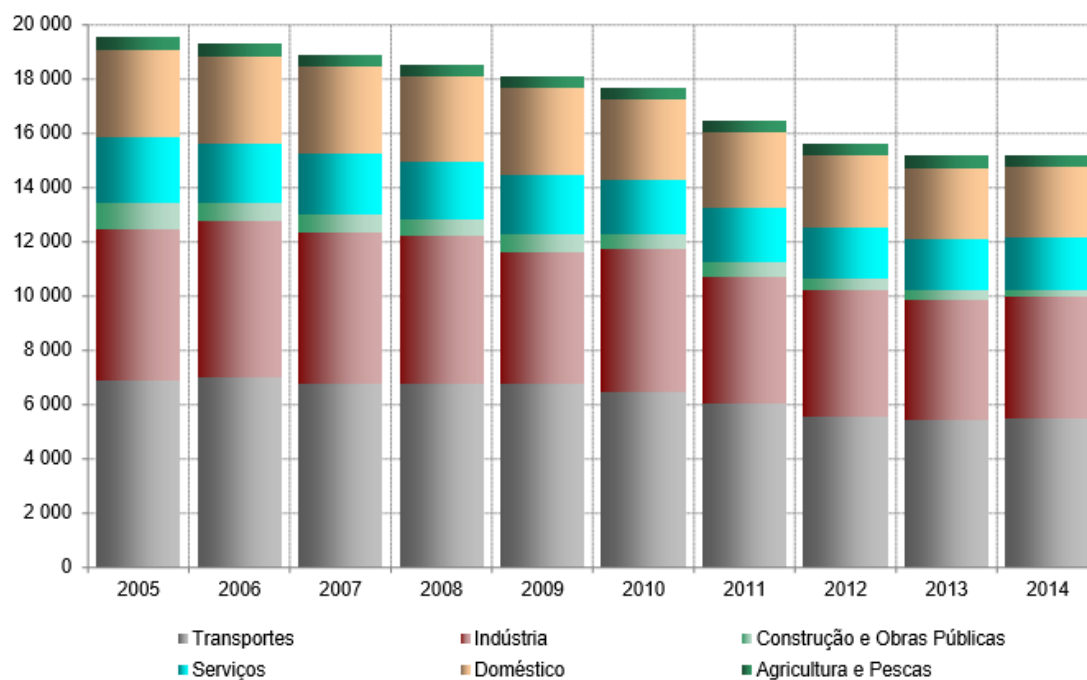


**Figura 2.2 – Evolução do consumo de energia final, em ktep (Fonte: DGEG)**

A evolução do consumo de energia final foi condicionada por fatores semelhantes aos da energia primária, devendo ser salientado que os consumos de eletricidade, de gás natural e a procura de calor se mantiveram aproximadamente constantes.

A Figura 2.3 descreve a evolução do consumo da energia final por setor de atividade, em ktep, no território nacional. Verifica-se que para o ano de 2014 o consumo no setor dos Serviços representou cerca de 12%, na Indústria cerca de 30%, no Doméstico cerca de 18% e o setor da Agricultura e Pescas 2%. Os setores dos Transportes e da Construção e Obras Públicas perfazem os restantes 38%.

Nesta figura pode ser observado com mais detalhe a redução geral nos consumos de energia final por setor de atividade, sendo de destacar a forte contração observada nos Transportes, na Construção e Obras Públicas, assim como na Indústria.



**Figura 2.3 – Evolução do consumo de energia final por setor de atividade, em ktep (Fonte: DGEG)**

### 3 Descrição da Metodologia Utilizada

A execução do trabalho descrito no corrente relatório procurou responder às especificações constantes no Anexo VIII da Diretiva 2012/27/UE, de acordo com os dados disponíveis. Este capítulo descreve os aspetos metodológicos para cada uma das etapas concretizadas.

Como primeira etapa foi necessário analisar todos os dados disponíveis ou fornecidos pela DGEG, nomeadamente:

- Balanços energéticos nacionais;
- Consumos de eletricidade e dos principais combustíveis por concelho;
- Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010;
- Estatísticas da Construção e Habitação e Censos (INE).

Contudo, estes dados não continham por exemplo a desagregação por setor de atividade do uso final da energia de modo a ser possível caraterizar a procura de aquecimento e arrefecimento. Foi por isso necessário fazer algumas simplificações para conseguir estimar esses consumos de forma tão aproximada quanto possível, nomeadamente:

- Os resultados do inquérito ao consumo de energia no setor doméstico de 2010 serviram de referência para a desagregação do consumo doméstico por uso final e por fonte, permitindo ter uma imagem do consumo a partir dos dados dos Censos.
- Os dados de vendas de eletricidade e de combustíveis, em conjunto com os dados estatísticos sobre sistemas de aquecimento, permitiram obter estimativas com alguma segurança para o consumo de energia para aquecimento residencial. De forma idêntica, a partir de estatísticas da posse de ar condicionado, foi possível obter estimativas da distribuição de consumos para arrefecimento.
- Estimaram-se consumos para os diversos setores de atividade, indústria, serviços, e agricultura e pescas, a partir de estatísticas de vendas por concelho. Porém, para desagregar esses consumos por uso final foi necessário recorrer a estimativas de distribuição obtidas a partir da literatura.

A DGEG disponibilizou os dados de consumo de energia primária desagregados por fonte de energia, por município e por ano, para o período de 2008 a 2014. A DGEG forneceu, igualmente, dados sobre a situação atual e a evolução no período em causa dos cogeneradores existentes em Portugal, incluindo a sua localização, o código de atividade económica, a potência instalada e o estado de funcionamento. Esta informação foi complementada com dados provenientes de outras fontes, tais como: o comercializador de último recurso EDP Universal, a associação de cogeneradores (COGEN), o portal estatístico Pordata e o Instituto Nacional de Estatística (INE).



Os dados foram compilados numa base de dados (BD) possibilitando uma visão dos consumos e das necessidades de cada setor de atividade em termos geográficos, bem como os cálculos e análises necessários à realização deste estudo, de acordo com as especificações da Diretiva. Assim, esta BD serviu como “input” para o *software* de mapeamento utilizado e como ponto de partida para avaliação do potencial de cogeração de elevada eficiência.

A Figura 3.1 em baixo apresenta, de forma resumida, a localização da informação contida na BD, sendo que, para a desagregação de consumos por fonte energética, foi considerado como referência o ano de 2014 (de acordo com o pedido da DGEG).

Worksheets - Base de Dados consolidada	
<b>Resumo</b>	Instruções para utilização da Base de Dados consolidada.
<b>Fontes Energia Vs CAE 2008-2014</b>	Base de dados com totais nacionais onde foram introduzidos os diversos consumos desagregados por CAE e por fonte energética de 2008-2014.
<b>Elettricidade</b>	Desagregação dos consumos de eletricidade por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>GN</b>	Desagregação dos consumos de Gás Natural por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>GPL</b>	Desagregação dos consumos de GPL (Butano, Propano e GPL Auto) por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Fuel</b>	Desagregação dos consumos de Fuel por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Gasóleo(s)</b>	Desagregação dos consumos de Gasóleos (rodoviário e colorido) por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Gasolinas</b>	Desagregação dos consumos de Gasolinas por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Biodiesel</b>	Desagregação dos consumos de Biodiesel por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Lubrificantes</b>	Desagregação dos consumos de Lubrificantes por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Asfaltos</b>	Desagregação dos consumos de Asfaltos por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Solventes</b>	Desagregação dos consumos de Solventes por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Benzinas</b>	Desagregação dos consumos de Benzinas por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Parafinas</b>	Desagregação dos consumos de Parafinas por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Petróleos ilu e carb</b>	Desagregação dos consumos de Petróleos Iluminante e Carburantes por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Nafta</b>	Desagregação dos consumos de Nafta Química por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Coque de Petróleo</b>	Desagregação dos consumos de Coque de Petróleo por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.

<b>Mat. Prima Aromática</b>	Desagregação dos consumos de Matérias Primas Aromáticas por CAE, município e setor de atividade para o ano de 2014.
<b>Evolução por Setor</b>	Evolução dos consumos por setor de atividade no período de 2008 a 2014.
<b>Evolução sub-Setores – Serviços</b>	Evolução dos consumos por Sub-setores de atividade (serviços) no período de 2008 a 2014.
<b>Evolução sub-Setores – Indústria</b>	Evolução dos consumos por Sub-setores de atividade (indústria) no período de 2008 a 2014.
<b>Análise Agricultura e Pescas</b>	Análise dos consumos totais no setor da Agricultura e Pescas no ano de 2014 por distrito. Análise gráfica do consumo energético total e consumo elétrico por distrito no ano de 2014.
<b>Análise Indústria</b>	Análise dos consumos totais no setor da Indústria no ano de 2014 para os distritos com mais de 20 GWh de consumo. Análise gráfica do consumo energético total e consumo elétrico para os distritos com mais de 20 GWh de consumo no ano de 2014.
<b>Análise Serviços</b>	Análise dos consumos totais no setor dos Serviços no ano de 2014 por distrito. Análise gráfica do consumo energético total e consumo elétrico por distrito no ano de 2014.
<b>Total</b>	Valores totais de consumo por Município e setor de atividade em GWh e TEP para o ano de 2014.
<b>Produção ER</b>	Apenas para consulta dos valores fornecidos pela DGEG para produção de ER e potência instalada no período de 1995 a 2014.
<b>Consumos Carvão 2014</b>	Apenas para consulta dos valores fornecidos pela DGEG para o balanço energético do carvão para 2014.
<b>Localização dos Cogeração 2014</b>	Listagem com localização e CAE dos cogeração registados em Portugal no ano de 2014. Evolução do número de cogeração em Portugal (2008-2014).
<b>Listagem de CAEs</b>	Listagem dos CAEs com atividade em Portugal no ano de 2014.
<b>Análise do Potencial</b>	Análise dos CAEs com potencial para cogeração nos diversos setores de atividade (Agricultura e Pescas, indústria e serviços) nos Municípios com mais de 20 GWh de consumo (total, de eletricidade e de calor/frio) em Portugal no ano de 2014.
<b>Balanço Ener Vs Desagregação</b>	Compara os dados do Balanço energético da DGEG com os dados da desagregação de consumos por Município/Setor de atividade no ano de 2014.

**Figura 3.1 - Folha resumo da informação contida na Base de Dados construída no âmbito deste relatório**

A procura de aquecimento e arrefecimento foi determinada tendo em conta os valores médios para as necessidades de cada setor, definindo assim o calor substituível por cogeração de elevada eficiência. Na agricultura, as necessidades térmicas em termos de frio são muito superiores às de calor, pois o frio é essencialmente utilizado para conservação de produtos agrícolas (câmaras frigoríficas). O frio é fundamentalmente gerado a partir de eletricidade, o que faz com que a cogeração não faça muito sentido neste setor de atividade. Prova disto é a existência de um número muito reduzido de cogeração registados com CAE deste setor. Relativamente à indústria e aos serviços a situação é muito diversificada. Os processos industriais e os serviços prestados a públicos-alvo bastante heterogêneos, têm necessidades energéticas que diferem consideravelmente, justificando em alguns casos o uso de sistemas de cogeração.

De acordo com a Diretiva, é necessário identificar, sem deixar de proteger informações comercialmente sensíveis:

- i. os pontos de procura de aquecimento e arrefecimento, incluindo:

- municípios e aglomerações urbanas com um coeficiente de ocupação do solo de pelo menos 0,3<sup>1</sup>, e
  - zonas industriais com um consumo total anual de aquecimento e arrefecimento superior a 20 GWh,
- ii. as infraestruturas de aquecimento e arrefecimento urbano existentes e projetadas,
- iii. os pontos de aquecimento e arrefecimento potenciais, incluindo:
- instalações de produção de eletricidade com uma produção total anual superior a 20 GWh,
  - instalações de incineração de resíduos,
  - instalações de cogeração existentes e projetadas utilizando tecnologias referidas no Anexo I, Parte II, e instalações de aquecimento urbano;

Relativamente ao mapeamento de consumos residenciais em municípios e aglomerações urbanas, foi feita uma pesquisa junto das entidades oficiais com responsabilidade relativamente a essa informação, nomeadamente o Instituto Nacional de Estatística (INE) e a Direção Geral do Território (DGT).

No caso do INE, apenas foi possível obter áreas e número de alojamentos, não havendo possibilidade de calcular áreas de ocupação do solo. Foi apenas possível calcular a densidade habitacional (número de edifícios ou número de alojamentos por km<sup>2</sup>) a partir dos dados dos Censos 2011, mas sem informação das áreas ocupadas pelos edifícios.

Através da DGT foi possível obter a Carta de Ocupação e Uso do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS2007), produzida com base na interpretação visual de imagens aéreas ortorectificadas, de grande resolução espacial. Através da COS2007 é possível verificar as áreas identificadas como urbanas e nomeadamente confrontá-las com a Carta Administrativa Oficial de Portugal. Contudo, a definição de áreas urbanas não permite determinar com exatidão o “Coeficiente de ocupação do solo”, tal como definido pela diretiva, que deveria corresponder à relação entre a área construída e a área de terreno num dado território. De facto, as áreas identificadas como urbanas correspondem a todas as áreas impermeabilizadas, incluindo assim arruamentos, e também pequenos jardins associados a habitações. Não haverá assim correspondência exata com a “área de construção” definida na diretiva. Ainda assim, parece ser a definição mais próxima, sendo as áreas urbanas a junção de áreas definidas como tecido urbano contínuo e de tecido urbano descontínuo, definidas de acordo com a Figura 8.8.

A totalidade das áreas urbanas está representada na Figura 7.7, onde é possível observar a relevância das áreas metropolitanas de Lisboa e Porto e a concentração na região litoral entre elas.

No entanto, a simples representação das áreas urbanas não permite identificar as potencialidades em termos de aplicação de micro-cogeração, ou de abastecimento por redes urbanas de calor e frio, sem

---

<sup>1</sup> Relação entre a área construída e área de terreno num dado território

se perceber os níveis de consumo dessas áreas, tendo como referência os baixos consumos para aquecimento em Portugal e a limitada duração da estação de aquecimento.

Para perceber as necessidades de calor e frio em cada região seria necessário obter estatísticas sobre os consumos distribuídos geograficamente. Contudo, não existe informação que contemple todas as fontes energéticas com um nível de distribuição suficientemente detalhado, nomeadamente no que diz respeito ao consumo de biomassa, cujo peso no consumo global no setor doméstico atinge cerca de 30%, e que terá níveis diferentes de uso, certamente muito maiores em zonas rurais fora dos círculos urbanos.

A distribuição de consumos por uso final, foi estimada com base em algumas estatísticas conhecidas de distribuição média, com base em inquéritos ao consumo realizados a nível nacional (INE/DGEG 2011) ou com base em questões incluídas nos censos.

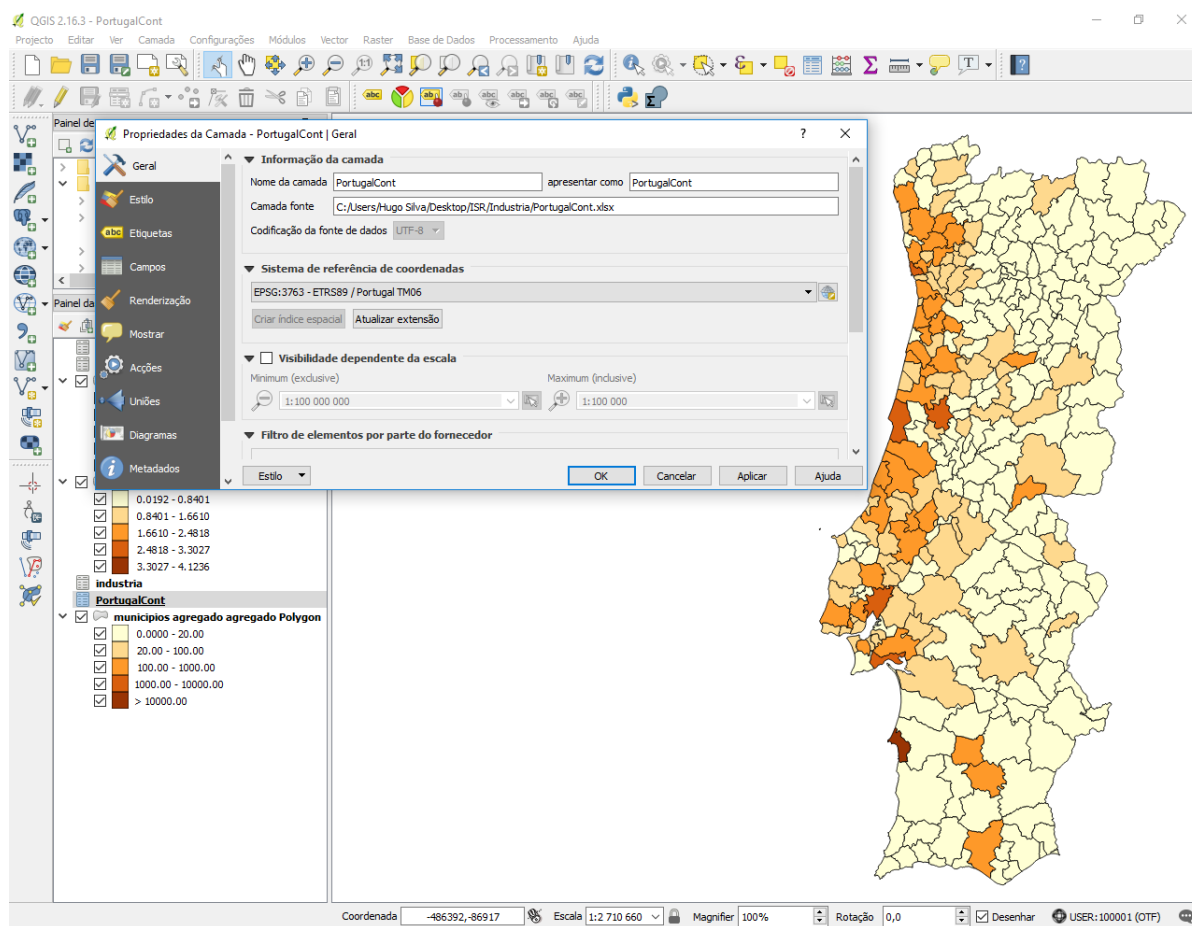
Desta forma as seguintes hipóteses foram assim formuladas para estimar os consumos na menor unidade administrativa possível, a freguesia, com o objetivo último de obter consumos para aquecimento ambiente, aquecimento de água e arrefecimento:

- i. Simples aplicação dos consumos médios por alojamento à distribuição dos alojamentos de residência habitual por freguesia, obtidos a partir dos Censos, com base nas estimativas do INE para 2014. Esta hipótese permite apenas dar uma medida da distribuição dos alojamentos no País numa escala associada ao consumo de energia, não permitindo ter em consideração as diferenças de consumo associadas ao clima de cada região ou a outros fatores com influência no consumo.
- ii. Usar valores de consumo ou vendas por concelho para uso doméstico para todas as fontes energéticas, com exceção da biomassa, com base nos dados fornecidos pela DGEG, distribuindo esse consumo pelas freguesias de forma proporcional ao número de alojamentos ocupados por freguesia segundo as estatísticas “Alojamentos familiares de residência habitual (N.º) por Localização geográfica (à data dos Censos 2011)” (INE). O consumo de biomassa foi estimado por distribuição do consumo global de biomassa para o setor indicado pela DGEG para 2014, pelas diferentes freguesias, usando as estatísticas “Existência de sistema de aquecimento e Fonte principal de energia utilizada para aquecimento - Decenal” (INE), nomeadamente os alojamentos com sistema de aquecimento principal a biomassa, como referência para distribuir o consumo total dessa fonte energética.
- iii. Usar as estatísticas acima indicadas para estimar um consumo por freguesia de cada fonte energética para aquecimento, distribuindo a estimativa de consumo total de cada fonte energética atribuída ao aquecimento ambiente, pelas freguesias, proporcionalmente ao número de alojamentos com esse sistema de aquecimento principal em cada freguesia.
- iv. Usar as estatísticas “Alojamentos familiares de residência habitual (N.º) por Localização geográfica (à data dos Censos 2011) e Existência de ar condicionado - Decenal” (INE) para estimar um consumo por freguesia para arrefecimento, distribuindo o consumo total estimado

para arrefecimento ambiente pelas freguesias, proporcionalmente ao nº de alojamentos com ar condicionado.

As quatro hipóteses acima indicadas introduzem simplificações significativas, mas permitem identificar melhor as assimetrias existentes nos consumos de energia em Portugal de forma a melhor identificar o potencial de intervenção. As limitações associadas aos dados disponíveis evidenciam a inevitabilidade de fazer opções de aproximação das variáveis desconhecidas. O princípio geral adotado foi o de usar os dados disponíveis com a maior resolução espacial possível.

Para o mapeamento geográfico recorreu-se ao software QGIS. Este Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto, licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU (GPL), é um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Funciona em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android, disponibilizando um vasto conjunto de funcionalidades e suportando inúmeros formatos de vetores, *rasters*, bases de dados e geo-serviços. A Figura 3.2 apresenta o ambiente de trabalho deste *software*.



**Figura 3.2 – Ambiente de trabalho do software QGIS**

Uma vez que o nível de detalhe dos dados dos consumos apenas se estende até ao nível dos municípios, não foi possível obter uma desagregação ao nível de zonas específicas, nomeadamente zonas industriais, parques de negócios, zonas residenciais, etc. O mapeamento foi feito com base nas

fronteiras geográficas e administrativas dos municípios portugueses, para os casos dos setores da agricultura e pescas, indústria e serviços. Para o setor residencial foi possível usar as fronteiras geográficas das freguesias visto que no setor residencial não há subsectores que tornem o consumo heterogéneo, permitindo assim uma análise com mais rigor. Nos restantes setores, devido à sua diversidade e à dispersão das empresas que os constituem, optou-se por uma análise em termos de fronteiras administrativas dos municípios.

De acordo com o requerido no anexo VIII da Diretiva<sup>2</sup>, foram mapeadas as centrais cogradoras (em funcionamento e projetadas), as incineradoras e as centrais térmicas com produção acima de 20 GWh em Portugal Continental e Regiões Autónomas dos Açores e Madeira. A Diretiva requer ainda o mapeamento das zonas industriais com consumo anual para aquecimento e arrefecimento superior a 20 GWh. Devido ao facto de os dados fornecidos apenas conterem os consumos por CAE ao nível de município, tal análise não foi possível de realizar. Além disso a indústria, especialmente a mais antiga, está localizada fora das zonas industriais, que por sua vez também possuem muitas empresas de serviços lá instaladas. Desta forma não foi possível obter os consumos das zonas industriais, especialmente aqueles que correspondem ao setor da indústria. Optou-se então por realizar uma análise ao nível das fronteiras geográficas de cada município definindo assim quais os municípios que têm necessidade térmicas anuais acima dos 20 GWh. Nestes mapeamentos foi usada uma escala de cores de acordo com o consumo em GWh de cada município.

A identificação da cogeração de elevada eficiência e do potencial criado desde o Estudo de Cogeração anterior foi realizada por confrontação desse relatório publicado em 2010 com os dados fornecidos pela DGEG relativos às unidades de cogeração em funcionamento, incluindo a sua localização, potências instaladas, produção de energia elétrica e térmica e consumo de energia primária.

Para estimar a evolução da procura de calor e frio nos 10 anos seguintes ao ano de referência, usou-se como base os dados do modelo PRIMES (Capros et al, 2016), atualizados a 2016, e fornecidos pela DGEG. Esses dados permitem fazer uma estimativa da evolução dos consumos dos principais subsectores industriais, assim como dos consumos residenciais e do setor dos serviços, entre 2015 e 2025, embora estes últimos de forma agregada.

A identificação do potencial técnico de cogeração de elevada eficiência foi realizada com base no balanço energético do ano de 2014 (DGEG) nomeadamente nos valores de consumo de energia térmica por setor de atividade económica, e corrigindo a parcela correspondente ao consumo de energia térmica, de consumos facilmente identificáveis como não elegíveis para satisfação a partir de

---

<sup>2</sup> Diretiva 2012/27/EU do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de outubro de 2012 relativa à eficiência energética.

cogerações, nomeadamente os combustíveis rodoviários e os produtos petrolíferos não energéticos. Foi ainda possível obter alguma discriminação adicional, particularmente útil para o setor dos serviços, com base nas estatísticas de consumo de combustíveis fornecidas pela DGEG.

Contudo, subsistem parcelas de consumo que não são elegíveis para abastecimento através de cogerações, tais como consumo em cozinhas, ou no caso industrial, em processos de alta temperatura que requeiram queima direta de combustível, como fornos. Assim, o cálculo preciso do potencial técnico de cogeração requereria um conhecimento detalhado sobre uma grande parte dos diferentes consumidores de energia, para poder estimar para cada caso a parcela de calor, frio e eletricidade, passíveis de serem produzidos em cogeração. Tendo em conta que esta informação detalhada não se encontra disponível de forma expedita, foi então necessário usar uma abordagem simplificada que procura estimar de forma aproximada a parcela do consumo de calor passível de ser substituída, em cada setor de atividade. Nesse sentido, e atendendo à menor dependência dos consumos do setor industrial das características particulares do País ou território, incluindo a dependência de fenómenos climáticos, foram usados valores de referência documentados na bibliografia para estimar um majorante do potencial técnico dos subsectores industriais, com base nas estimativas de consumo de energia térmica sem combustíveis rodoviários. De notar que o potencial técnico real terá outras restrições importantes, nomeadamente as impostas pela rede elétrica, mas que não são determináveis numa abordagem macro.

Contudo, a concretização de todo este potencial é irrealista uma vez que não tem em consideração os regimes de funcionamento das unidades de cogeração, as necessidades de paragem para manutenção, nem aspetos básicos tais como potências mínimas de funcionamento. Tal como referido noutros relatórios, o potencial técnico é seguramente superior ao potencial alcançável, e deveria ser este último a servir de referência para quaisquer decisões políticas. No entanto, a identificação precisa deste potencial alcançável é particularmente difícil por não existirem dados detalhados nem bases de comparação, dada a diversidade de abordagens e da natureza das indústrias e outras entidades destino do calor e frio gerados.

Consideram-se assim somente os subsectores da indústria transformadora com maior potencial de satisfação, quer pelos valores de consumo de calor, quer pela parcela de calor substituível, nomeadamente os seguintes:

- Alimentação, bebidas e tabaco,
- Têxteis,
- Papel e Artigos de Papel,

- Químicas e Plásticos,
- Madeira e Artigos de Madeira,
- Borracha.

Consideram-se igualmente apenas os subsetores dos serviços onde a utilização de cogeração já tem significado, correspondendo a cerca de 40% do consumo de energia elétrica e de energia térmica (sem combustíveis rodoviários) deste setor. Assume-se assim que a margem de erro decorrente da não concretização da totalidade do potencial nestes setores será compensada pelo potencial existente nos setores menos significativos.

A evolução do potencial é determinada a partir da aplicação dos mesmos pressupostos à evolução da procura de calor e frio, determinada com base no modelo PRIMES.

Para analisar possíveis estratégias, políticas e medidas para a realização do potencial identificado, considera-se fundamental em primeiro lugar identificar o interesse dessa implementação face aos resultados da avaliação, nos setores alvo mais importantes ou mais indicados, analisando os resultados das etapas anteriores. Importa igualmente analisar os incentivos existentes e a sua possível influência para a obtenção do resultado pretendido. Em face destes dois pontos é possível antever a eventual necessidade de modificar ou adicionar medidas que ajustem o interesse de investidores individuais ao interesse societal de promover a realização do potencial identificado.

A estimativa do potencial económico foi feita tendo por base a metodologia usada do Projeto Europeu CODE2 (Code2, 2014), tendo também como base os dados fornecidos pela REN (REN,2016) com a previsão da evolução de consumos até 2024.

Finalmente, foi realizada uma análise custo-benefício de projetos individuais associados a unidades industriais e/ou grandes edifícios de serviços, cujo consumo de calor o justifique, incidindo sobre a viabilidade genérica de tais projetos, numa base unitária em termos de potência elétrica, atendendo a diferentes classes de dimensão e a determinadas condições limite de utilização, sob duas perspetivas essenciais, a perspetiva do investidor individual e a perspetiva societal.

Este trabalho foi desenvolvido tendo em conta que os dados fornecidos continham algumas limitações, que serão apresentadas no subcapítulo 3.2 deste relatório.

### **3.1 Referenciais para o cálculo do potencial de substituição de calor**

O cálculo preciso do potencial técnico de cogeração requereria um conhecimento detalhado sobre uma grande parte dos diferentes consumidores de energia, implicando estimar para cada caso a parcela de calor, frio e eletricidade, passíveis de serem produzidos em cogeração. Como referido, foi



necessário usar uma abordagem simplificada que procura estimar a parcela do consumo de calor passível de ser substituída, em cada setor de atividade. Nesse sentido, e atendendo à menor dependência dos consumos do setor industrial das características particulares de um dado país ou território, incluindo a dependência de fenómenos climáticos, foi decidido usar valores de referência documentados na bibliografia para estimar um majorante do potencial técnico dos subsectores industriais. De notar que o potencial técnico real poderá ter outras restrições importantes, nomeadamente as impostas pela rede elétrica, mas que não são determináveis numa abordagem macro.

De acordo com (Klotz et al 2014), os consumos de calor a temperaturas abaixo de 300°C, que se consideram passíveis de substituir por uma fonte de calor residual, distribuem-se pelos diferentes subsectores da indústria transformadora, de acordo com a Tabela 1:

**Tabela 1 - Proporção do consumo de calor passível de ser alimentado a partir de uma fonte de calor residual (Klotz e et al 2014)**

Alimentação e tabaco	100,00%
Fabrico de automóveis	82,00%
Pedreiras e minas	99,00%
Vidro e cerâmica	7,00%
Químicos em bruto	41,00%
Borracha e plástico	100,00%
Máquinas	69,00%
Processamento de metais	19,00%
Fabrico de metais	30,00%
Metais não ferrosos/fundições	32,00%
Papel	100,00%
Outras químicas	90,00%
Processamento de pedra e solo	10,00%
Resto da economia	81,00%

### 3.2 Limitações da caracterização decorrentes dos dados disponíveis

A Diretiva 2012/27/UE obriga à avaliação exaustiva das potencialidades nacionais de aquecimento e arrefecimento, implicando a definição de um mapa do território nacional que identifique pontos de procura de aquecimento e arrefecimento, incluindo:

- municípios e aglomerações urbanas com um coeficiente de ocupação do solo de pelo menos 0,3<sup>3</sup>;
- zonas industriais com um consumo total anual de aquecimento e arrefecimento superior a 20 GWh;
- infraestruturas de aquecimento e arrefecimento urbano existentes e projetadas.

Relativamente ao primeiro ponto foi já descrita a metodologia usada para procurar ultrapassar a limitação decorrente da não existência de tal informação. De salientar, contudo, que o resultado possível não corresponderá com exatidão ao pretendido por não ser possível descontar algumas áreas não correspondentes a edifícios, nomeadamente arruamentos.

Relativamente ao segundo ponto, nenhuma informação foi obtida que permita determinar com exatidão a localização geográfica de zonas industriais, e muito menos o seu consumo. Muitos dos denominados parques industriais são muitas vezes aglomerados de edifícios de empresas de serviços com reduzido consumo. Com efeito, o tecido industrial da grande maioria dos municípios encontra-se disperso pelo território. Sendo impossível uma identificação individual dos consumos industriais que pudessem permitir considerar uma pesquisa zonal das grandes indústrias consumidoras de energia, foram utilizados os dados da DGEG município a município, de forma a identificar consumos exclusivamente no setor industrial que sejam superiores a 20 GWh. Nesta metodologia, a zona foi delimitada pelas fronteiras dos municípios.

Sobre o terceiro ponto, apenas se conhece a localização da rede de abastecimento urbano de calor e frio do Parque das Nações em Lisboa, que de qualquer modo constituirá também o único exemplo efetivo de uma rede desse tipo, embora se saiba da existência de pequenas redes a servir edifícios industriais ou de serviços.

---

<sup>3</sup> Relação entre a área construída e área de terreno num dado território

## 4 Setor da Agricultura e Pescas

### 4.1 Caracterização energética do Setor da Agricultura e Pescas

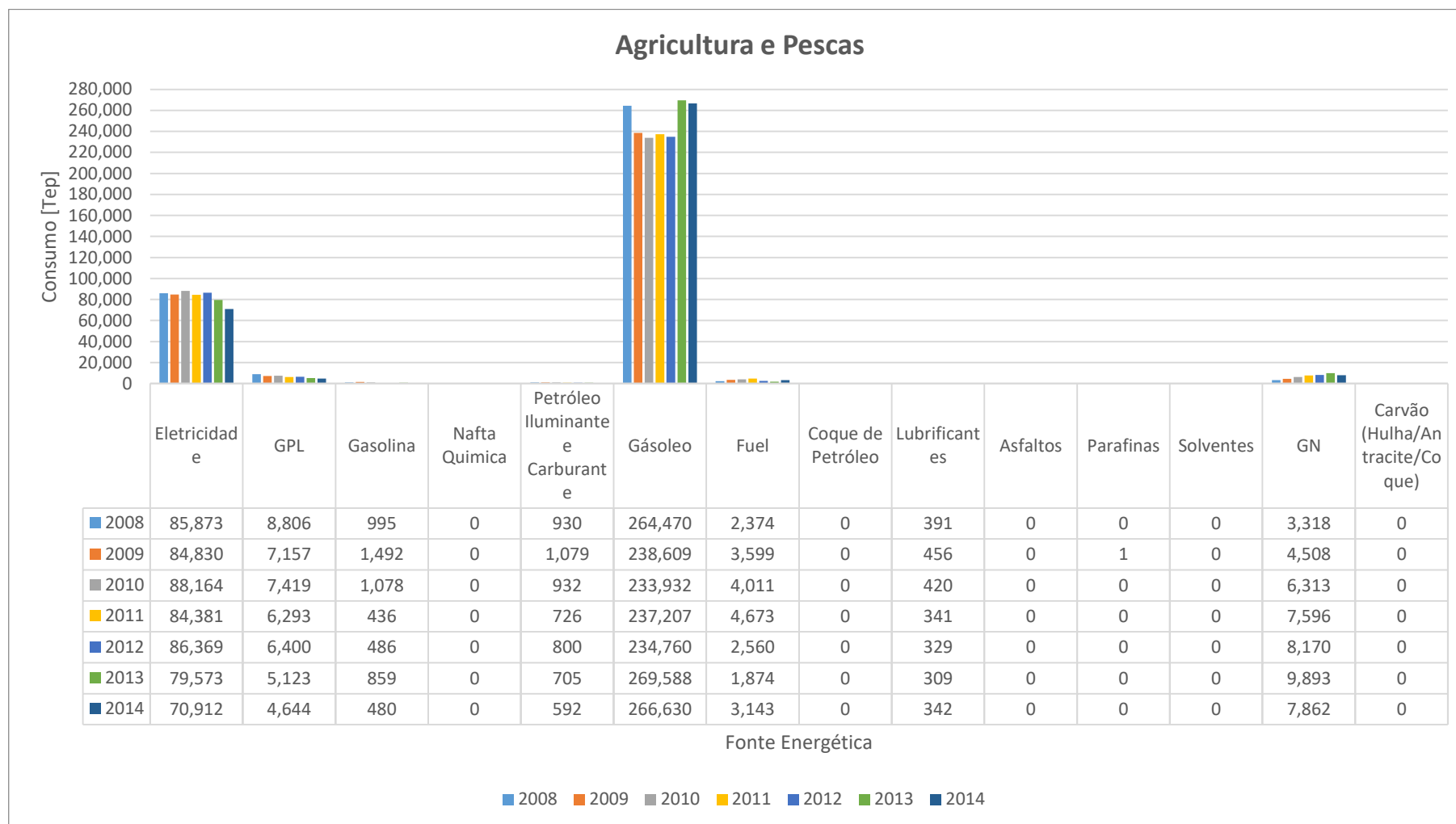
De forma a caracterizar convenientemente as necessidades energéticas, nomeadamente a procura de aquecimento e arrefecimento, será necessário identificar quais as principais fontes energéticas e determinar o consumo de energia primária deste setor de atividade.

A Figura 4.1 apresenta a desagregação de energia final no setor da agricultura e pescas, para o ano de 2014, assim como a evolução dos consumos em termos de energia final para este setor de atividade no período 2008-2014. Contudo, esta desagregação não inclui o consumo das energias renováveis, nomeadamente da biomassa, visto não existirem dados oficiais relativos ao consumo desta fonte energética para este setor desagregados por município.

Analisando a Figura 4.1 verifica-se que as fontes energéticas com maior peso são o gasóleo, seguido pela eletricidade, gás natural (GN) e GPL (propano, butano e GPL auto). Existem ainda consumos com alguma relevância de fuel, gasolina e petróleos (iluminante e carburante)

Em termos de evolução dos consumos, verifica-se que o consumo de gasóleo teve uma redução significativa entre 2009 e 2012, o que pode ser explicada pela redução da atividade económica, e também pelo aumento significativo do preço do petróleo. A redução do consumo de gasóleo pode também ser explicada por uma redução da frota pesqueira neste período, cujo consumo tem um peso significativo neste setor (INE, Estatísticas da Pesca 2010). Relativamente à eletricidade, o consumo tem-se mantido relativamente constante no período entre 2008-2012, tendo apenas sofrido uma redução em 2013 e 2014. Esta redução pode ter diversas razões, como por exemplo redução da atividade económica ou, ganhos em termos de eficiência energética devido à instalação de equipamentos e sistemas de iluminação mais eficientes.

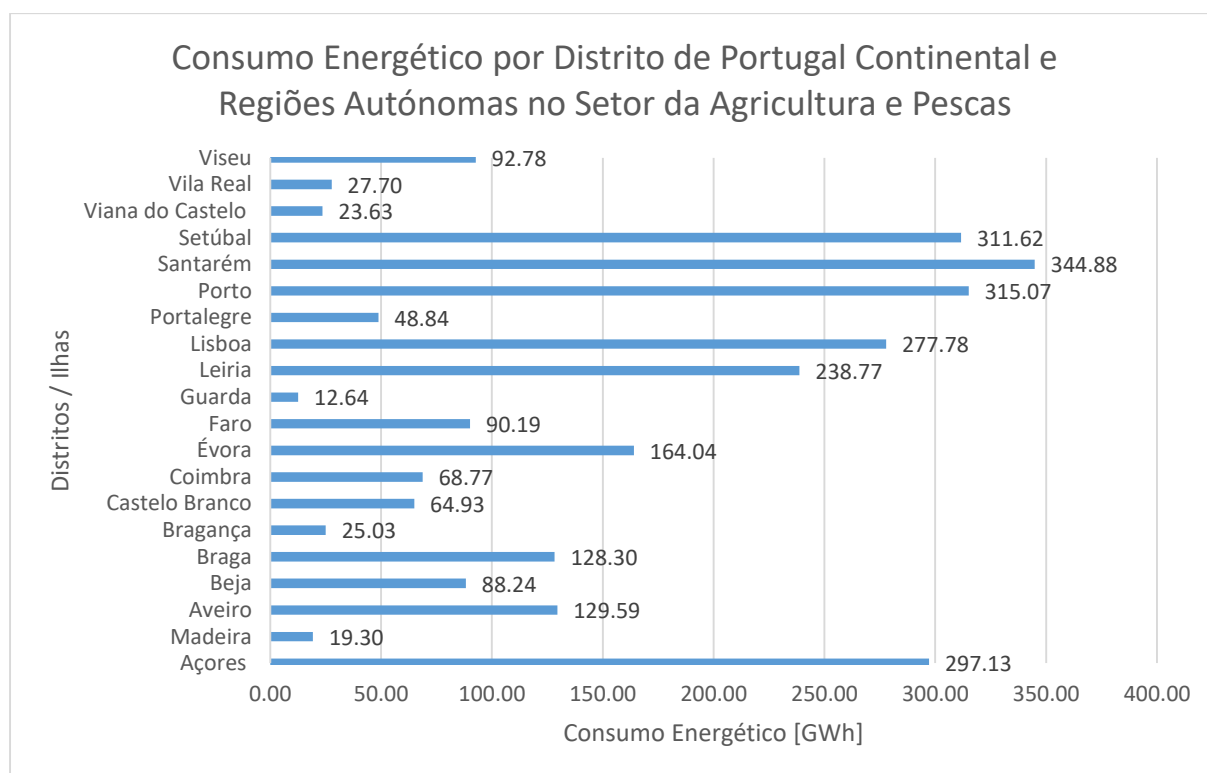
Os consumos de GPL têm vindo a revelar desde 2008 uma tendência de queda motivada em grande parte pelo aumento do custo do petróleo, especialmente durante o período da crise financeira europeia, e também pela redução da atividade nesse mesmo período. Outra razão para este decréscimo pode ter sido a maior utilização de outras fontes energéticas (com preços mais reduzidos) conduzindo a um aumento da utilização de biomassa. Em contraponto está o GN cujo consumo aumentou entre 2008 e 2013 motivado pelo seu custo ser inferior ao do GPL ou gasóleo, cuja tendência apenas se inverteu em 2014. Existem ainda consumos de outros combustíveis, embora menores que as fontes anteriores, cuja relevância no panorama geral é reduzida. Tal é o caso da gasolina e os petróleos (iluminante e carburante) que são usados em situações e/ou equipamentos muito específicos.



**Figura 4.1 - Desagregação de energia final no setor da agricultura e pescas (Fonte: DGEG)**

## 4.2 Descrição da Procura de Aquecimento e Arrefecimento

O consumo energético associado a este setor é muito heterogéneo. A produção agrícola terá como áreas preferenciais de maior atividade aquelas onde tanto o clima como os solos sejam mais propícios a tal atividade e as atividades relacionadas com as pescas cingem-se à faixa costeira. Desta forma os consumos deste setor desagregados por distritos de Portugal Continental e das Regiões Autónomas da Madeira e Açores têm a distribuição apresentada na Figura 4.2.



**Figura 4.2 - Consumo Energético por Distrito em Portugal Continental e Regiões Autónomas no Setor da Agricultura e Pescas [Fonte: DGEG 2014]**

Da Figura 4.2 constata-se que o consumo deste sector tem uma maior incidência na faixa de território que vai desde Setúbal até Leiria, embora existam outras regiões em Portugal Continental com consumos elevados tais como Évora, Porto, Braga e Aveiro. A faixa de território referida tem uma grande densidade de explorações agrícolas, de produtos hortofrutícolas, etc. o que resulta numa percentagem importante de consumo em termos nacionais. Esta faixa de território também apresenta um clima mais ameno e com menos variações de temperatura do que as zonas mais a norte ou a sul, permitindo assim maiores índices de produção. É importante ainda salientar que os Açores apresentam um dos maiores índices de consumo neste setor, resultante das explorações agrícolas existentes na região.

De acordo com os dados disponibilizados pela DGEG no balanço energético de 2014 o consumo de energia térmica para calor é cerca de 4,66% do consumo energético do setor da Agricultura e Pescas.

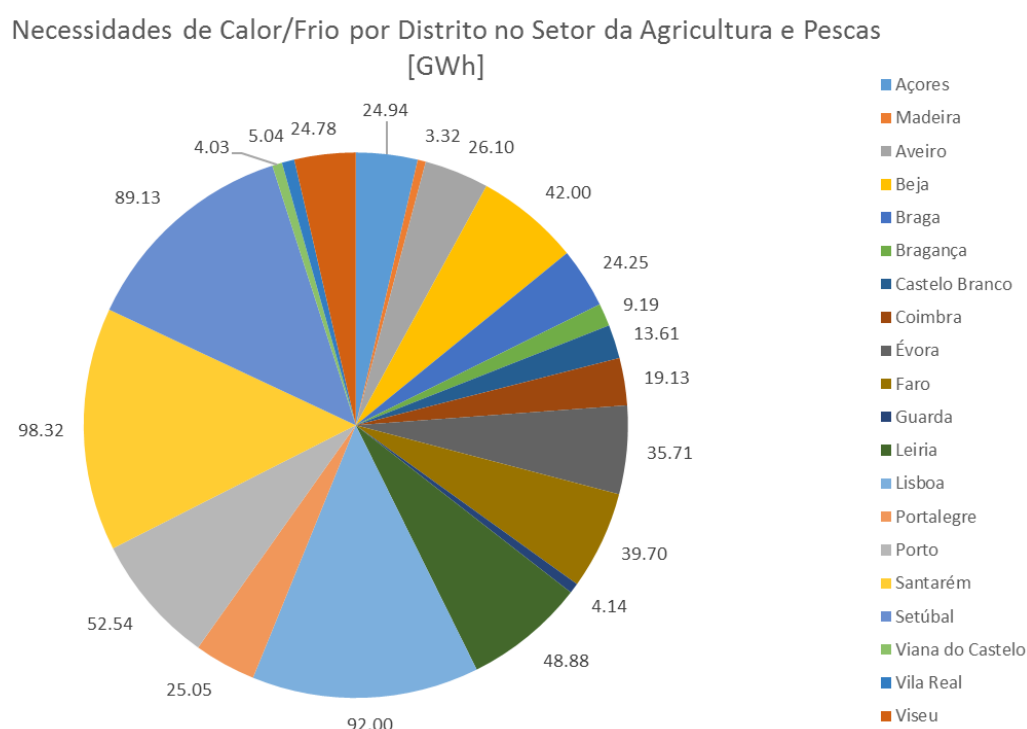
O consumo de eletricidade neste setor está maioritariamente associado à produção de frio em câmaras frigoríficas e de congelação. A estimativa efetuada da desagregação deste consumo, baseou-se num estudo realizado na Universidade do Porto (Clito Afonso, Hugo Manuel Pinto e João Paulo Pinto, 2016), que refere que em Portugal em média 72% do consumo elétrico na agricultura e 61% do consumo elétrico nas pescas são para frio. Estes valores conduzem então a uma média de 66,5% (relativamente ao consumo de eletricidade) para produção de frio no setor da Agricultura e Pescas.

Desta forma e para efeitos de cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento na agricultura e pescas aplicaram-se os rácios apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 – Necessidades Térmicas no Setor Agricultura e pescas**

<b>Agricultura e Pescas</b>		
<b>Necessidades de calor</b>	4,66%	do consumo total de energia do setor
<b>Necessidades de frio</b>	66,5%	do consumo de eletricidade do setor

Recorrendo aos valores acima referidos para as percentagens de consumo afetos a calor ou frio verifica-se que a procura de calor e o frio tem a distribuição apresentada na Figura 4.3.



**Figura 4.3 - Necessidades de calor/frio por Distrito no setor da agricultura e pescas [GWh]**

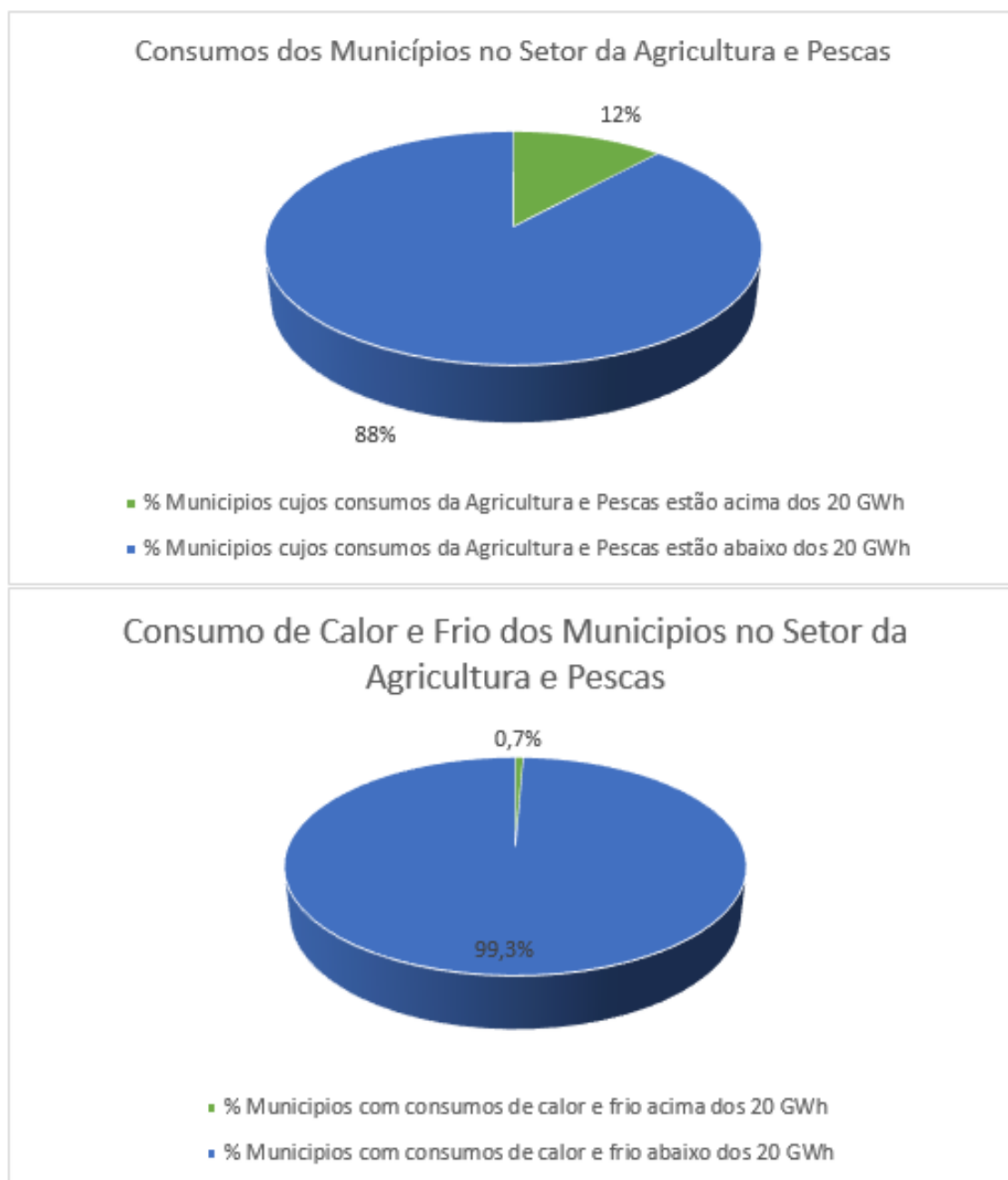
A distribuição de consumos por distrito permite ter uma primeira noção das regiões onde será mais provável encontrar concentrações elevadas de consumo, na tentativa de identificar áreas com consumos acima do limiar de 20GWh indicado na diretiva, e que será o alvo do mapeamento efetuado no capítulo 8, com base nos consumos por concelho, a maior resolução possível com os dados existentes. Na Figura 4.3 existem vários distritos (correspondendo a 36 municípios) acima dos 20 GWh. Em termos de municípios apenas existem dois municípios (Almada e Vila Franca de Xira) onde o consumo de calor ou frio no setor da Agricultura e Pescas é superior a 20 GWh.

A Figura 4.4 resume esta informação.

Número total de Municípios em Portugal Continental e Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores - 307

Percentagem de Municípios cujo consumo do setor da Agricultura e Pescas está acima dos 20 GWh (Gráfico superior)

Percentagem de Municípios com consumos de calor e frio acima dos 20 GWh (Gráfico inferior)



**Figura 4.4 - Estatísticas dos Municípios de Portugal Continental e Ilhas para o Setor da Agricultura e Pescas (Fonte: DGEG 2014)**



## 5 Setor da Indústria

O setor da indústria não é considerado dependente das variações climáticas de região para região, uma vez que a maior parte das necessidades térmicas são devidas ao processo de fabrico e à produção propriamente dita. Será importante caracterizar os padrões de consumo energético dos diversos subsectores da indústria, de forma a agrupá-los e simplificar a análise.

Visto que os requisitos de aquecimento e arrefecimento são bastante heterogéneos quanto ao seu uso, o que faz com que a sua caracterização seja bastante complexa, identificaram-se os valores médios para a procura de calor e frio na indústria, com base em dados de consumo do ano de 2014 e em estudos feitos por diversas entidades (ADENE, FEUP, ISR-Universidade de Coimbra, etc.). Estes valores serão explicados com mais detalhe no Capítulo 5.2.

### 5.1 Caracterização Energética do Sector da Indústria

De forma a caracterizar as necessidades energéticas, nomeadamente a procura de aquecimento e arrefecimento na Indústria e a sua distribuição espacial foi necessário identificar quais as principais fontes energéticas e o consumo de energia primária deste setor de atividade. A Figura 5.1 apresenta a desagregação de energia final, para o ano de 2014, assim como a evolução dos consumos em termos de energia final para este setor de atividade no período 2008-2014. Contudo, esta desagregação não inclui o consumo das energias renováveis, nomeadamente da biomassa, visto não existirem dados oficiais relativos ao consumo desta fonte energética para este setor desagregados por município.

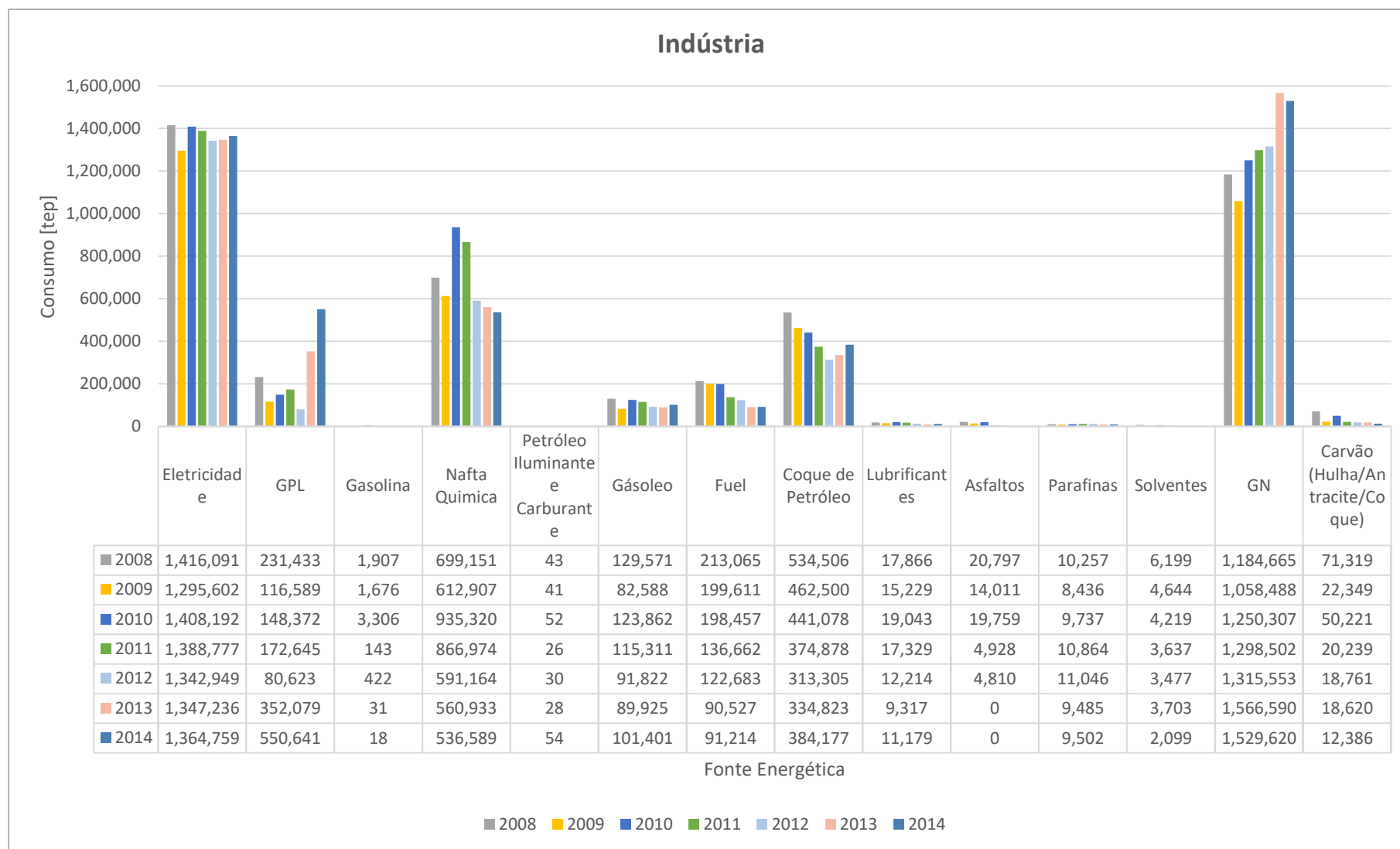
Analisando a Figura 5.1 verifica-se que as fontes energéticas com maior relevância são o GN, a eletricidade, o coque de petróleo e o GPL. Existem ainda consumos com relevância de gasóleo e fuel. Em termos de evolução de consumos verifica-se que no caso do GN com exceção do ano de 2009 o seu consumo foi aumentando ano após ano. O decréscimo no ano de 2009 pode ser explicado pela redução na atividade industrial motivada pela redução na procura devido ao início da crise económica. Em 2013 e 2014 inicia-se a retoma da economia havendo um aumento da procura no mercado, quer externo quer interno, o que provoca o aumento no consumo de GN. No entanto em 2014 houve uma ligeira redução no consumo.

O consumo de eletricidade na indústria manteve-se bastante estável ao longo dos anos. Este consumo muitas vezes não está diretamente associado à produção ou à quantidade de produtos produzidos, pois está na maioria das situações ligado a partes do processo produtivo cujo consumo varia pouco com os níveis de produção.

O coque de petróleo que até 2012 mostrava ter uma tendência semelhante à da nafta química, inverteu essa tendência subitamente em 2013 e o seu consumo está a aumentar. Este produto é usado essencialmente como combustível na indústria do cimento e da cerâmica, embora em muito menor quantidade, pelo que o aumento de consumo pode estar relacionado com o aumento da atividade das empresas do setor.

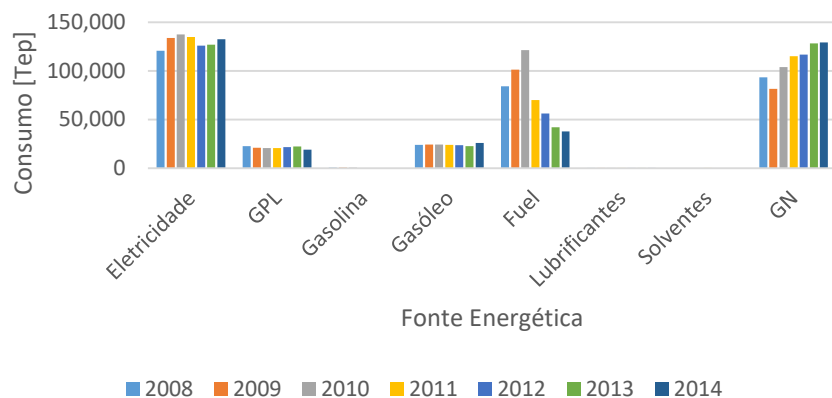
O consumo de GPL na Indústria não tem um padrão de evolução bem definido, apresentando várias subidas e descidas, havendo a partir de 2013 dois anos consecutivos onde o seu consumo efetivamente subiu tendo em 2014 um aumento bastante acentuado. As restantes fontes energéticas têm consumos muito reduzidos devido à sua aplicação ocorrer em situações muito específicas.

Fazendo uma análise a alguns dos subsectores da indústria, é possível ter uma visão mais detalhada das fontes energéticas mais utilizadas, assim como da evolução temporal do consumo por subsector (Figura 5.2). Os dados apresentados demonstram as especificidades de cada subsector e, de uma forma geral mostram que as duas principais fontes energéticas destes subsectores são o GN e a eletricidade, embora na indústria alimentar exista uma presença bastante forte do gasóleo e do fuel.

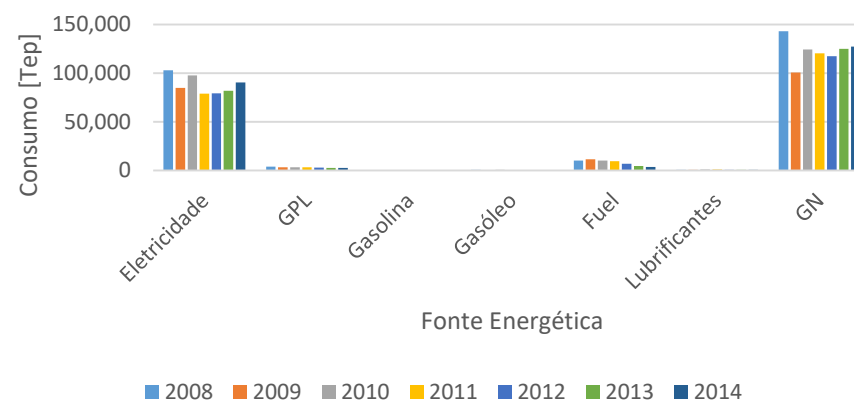


**Figura 5.1 - Desagregação de energia final no setor da Indústria [Fonte: DGEG]**

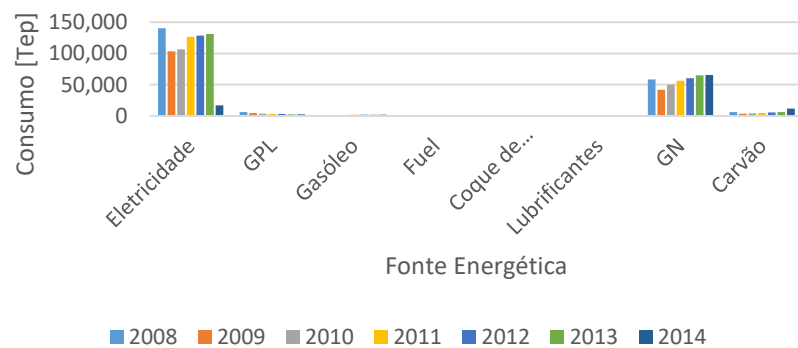
CAE 10 - Indústrias Alimentares



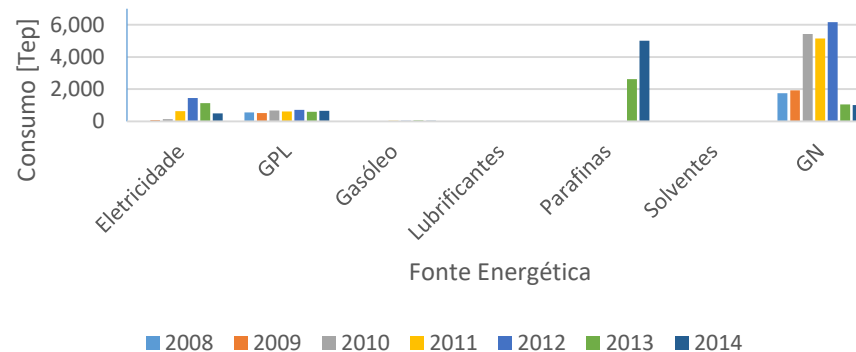
CAE 13 - Fabricação de Têxteis



CAE 24 - Indústrias metalúrgicas de base



CAE 32 - Outras indústrias transformadoras



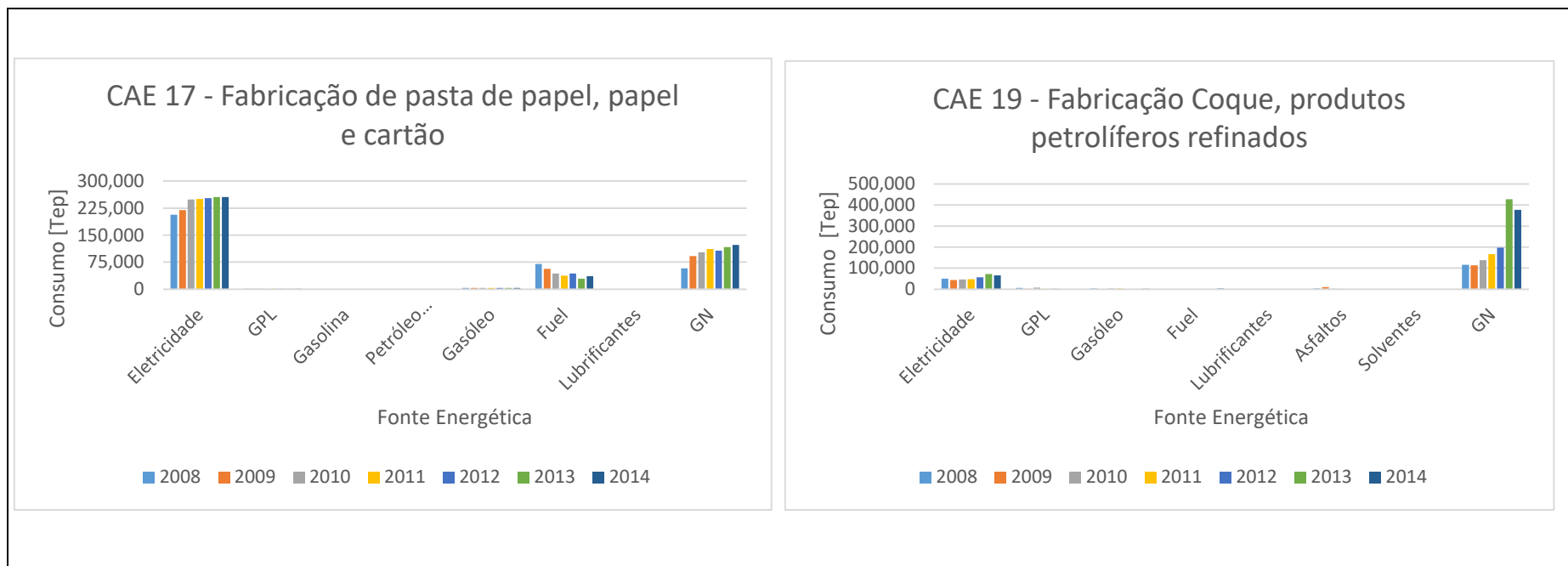
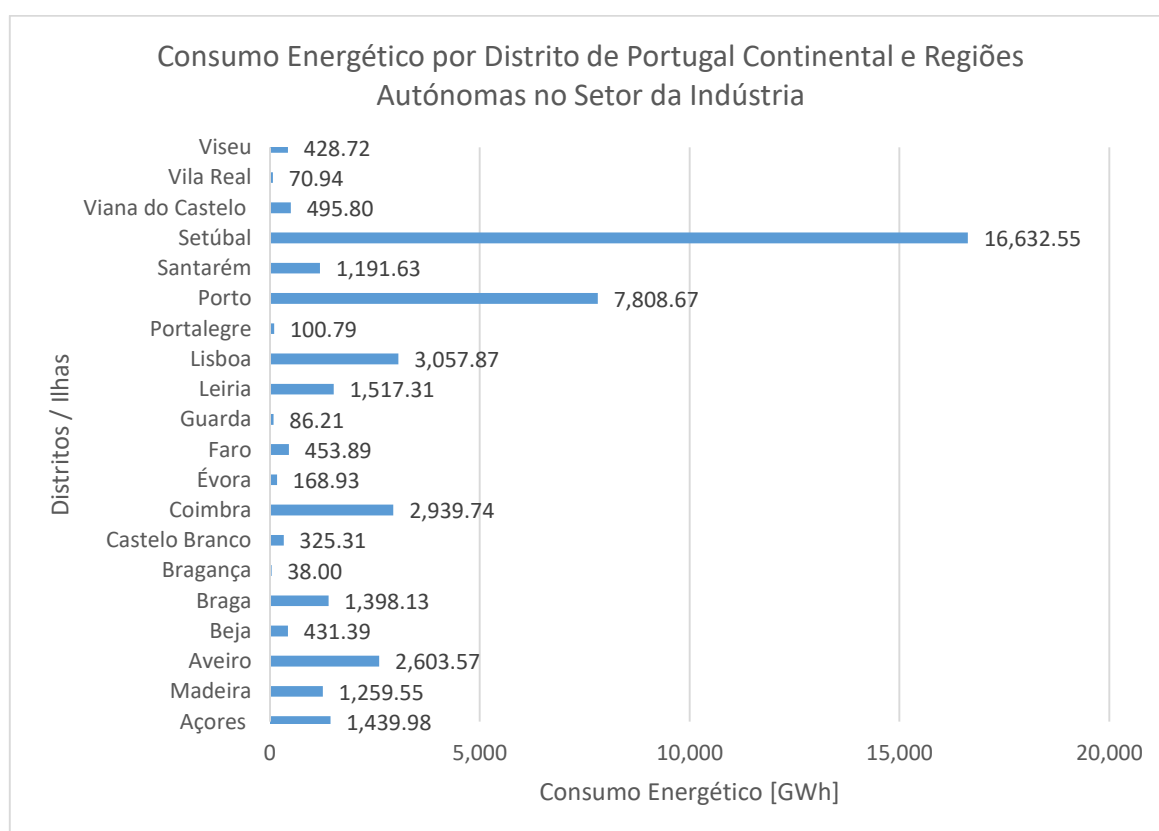


Figura 5.2 - Evolução dos subsectores da Indústria no período 2008-2014 [Fonte: DGEG]

## 5.2 Descrição da Procura de Aquecimento e Arrefecimento

O consumo energético associado a este setor tem uma dispersão geográfica bastante elevada. Apenas nos últimos 20 a 30 anos os municípios investiram na criação de zonas e parques industriais para a instalação das empresas e indústrias. Anteriormente, estas instalavam-se em locais que julgassem mais convenientes para a sua atividade e desta forma hoje em dia os consumos estão relativamente dispersos pela área dos municípios.

Os consumos deste setor, desagregados por distritos de Portugal Continental e das Regiões Autónomas da Madeira e Açores, têm a distribuição apresentada na Figura 5.3.



**Figura 5.3 - Consumo Energético por Distrito em Portugal Continental e Regiões Autónomas no Setor da Indústria [Fonte: DGEG 2014]**

Os dados que deram origem à figura 5.3 foram disponibilizados pela DGEG e foram tratados de forma a ser possível apresentar uma desagregação por distrito. Desta forma verifica-se que as zonas com maiores consumos são zonas mais litorais, ou relativamente próximas do litoral, onde tipicamente o número de empresas instaladas é maior. De entre todos os distritos destaca-se Setúbal e Porto devido aos consumos da refinaria de Sines e de Matosinhos, respetivamente. Destacam-se ainda as Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores impulsionadas pelas suas indústrias agroalimentares.

De acordo com os dados disponibilizados pela DGEG no balanço energético de 2014 as necessidades de calor representam cerca de 67,1% do consumo energético do setor da indústria.

Relativamente às necessidades de frio, estas não estão refletidas de forma direta neste balanço. Fazendo uma análise expedita dos subsetores de atividade verifica-se que as necessidades de frio são feitas sobretudo à custa de eletricidade (frio industrial para aplicações pontuais). Foi então necessário desagregar o consumo de eletricidade neste setor de forma a perceber qual rácio de consumo de energia que diz respeito ao frio. De acordo com a ADENE<sup>4</sup> (Agência Portuguesa para a Energia), em Portugal o consumo de frio na indústria representa em média 4% do consumo elétrico deste mesmo setor. Desta forma e para efeitos de cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento no setor da indústria aplicaram-se os rácios apresentados na Tabela 3.

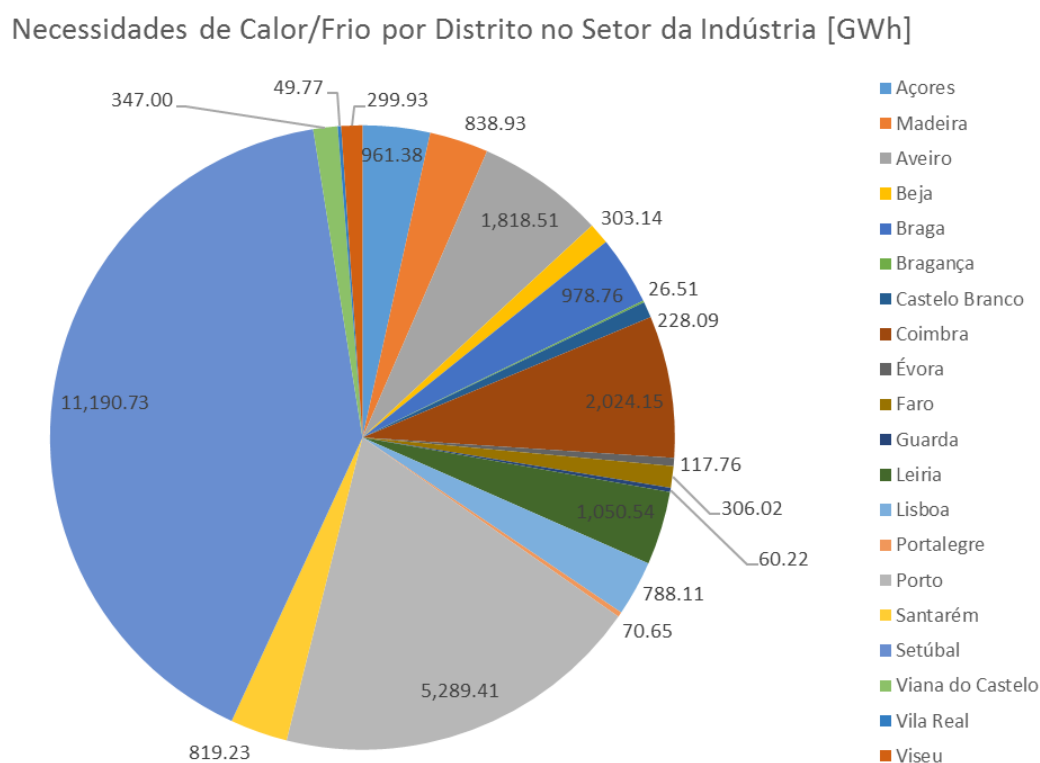
**Tabela 3 - Necessidades Térmicas no Setor da Indústria**

Indústria		
<b>Necessidades de calor</b>	67,1%	do consumo total de energia do setor
<b>Necessidades de frio</b>	4%	do consumo de eletricidade do setor

Recorrendo aos valores acima referidos para as percentagens de consumo afetos a calor e frio verifica-se que a procura de aquecimento e arrefecimento tem o peso na distribuição de consumos por distrito que é apresentado na Figura 5.4.

---

<sup>4</sup> ADENE – Guia Técnico de sistemas acionados por motores elétricos para a indústria - <http://www.adene.pt/parceiro/guia-tecnico-de-sistemas-accionados-por-motores-electricos>



**Figura 5.4 - Necessidades de calor/frio por Distrito no setor da Indústria [GWh]**

Ao contrário do setor da agricultura e pescas, na indústria o calor tem um peso maior do que o frio. Os processos produtivos na sua maioria necessitam ou produzem calor, pelo que existe uma grande fatia de consumo gasto na produção desse mesmo calor que é passível de ser substituído por cogeração.

Tal como no caso anterior, a distribuição de consumos por distrito permite ter uma primeira noção das regiões onde será mais provável encontrar concentrações elevadas de consumo, na tentativa de identificar áreas com consumos acima do limiar de 20GWh indicado na Diretiva, e que será o alvo do mapeamento efetuado no capítulo 8, com base nos consumos por concelho. Neste caso, existem 127 municípios onde o consumo total é superior a 20 GWh, mas relativamente a consumo de calor e frio apenas em cerca de 106 municípios os 20 GWh de consumo são ultrapassados.

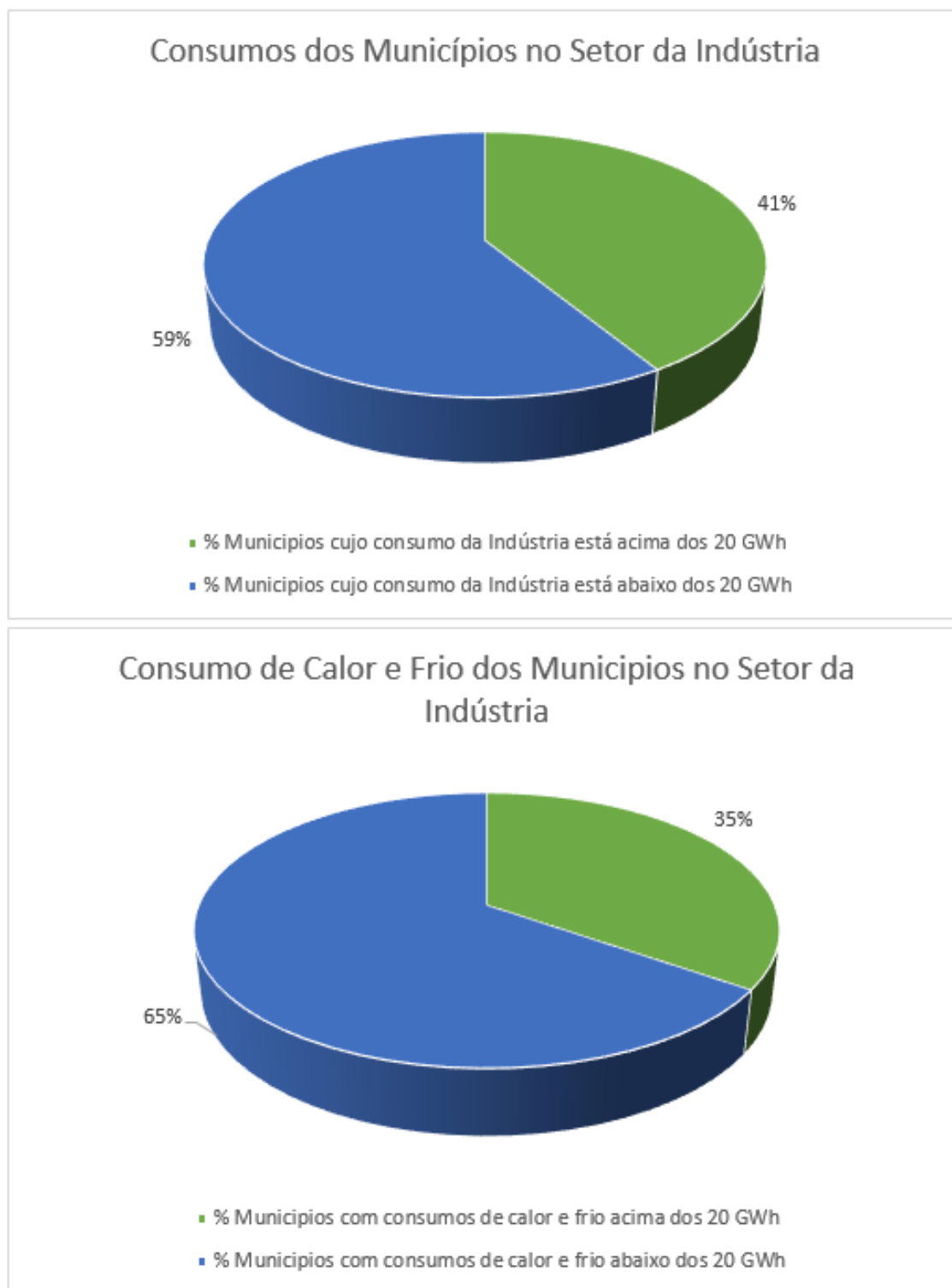
A Figura 5.5 resume toda esta informação.



Número total de Municípios em Portugal Continental e Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores - 307

Percentagem de Municípios cujo consumo do setor da Indústria está acima dos 20 GWh (Gráfico superior)

Percentagem de Municípios com consumos de calor e frio acima dos 20 GWh (Gráfico inferior)



**Figura 5.5 - Estatísticas dos Municípios de Portugal Continental e Ilhas para o Setor da Indústria**  
(Fonte: DGEG 2014)

## 6 Setor dos Serviços

Nas últimas décadas, este setor tem vindo a ter um maior impacto na economia nacional, representando em 2014 cerca de 67,3% dos postos de trabalho da população ativa de Portugal (INE, Estatísticas do Emprego 2014).

Tal como o setor industrial, o setor dos serviços é bastante heterogéneo, possuindo desde pequenas unidades de comércio até grandes centros comerciais, grandes centros hospitalares, passando por edifícios de escritórios, escolas, instalações desportivas, hotéis, etc. Quer em dimensão (área, número de pessoas), quer em horas de utilização, há um largo espetro de variação que dificulta, a aferição das necessidades térmicas tipo por subsector.

Nos dados fornecidos pela DGEG os consumidores são identificados pelo seu CAE, o que condicionou a identificação do consumo global de cada um dos subsectores, uma vez que, mesmo usando CAEs de 5 dígitos há sempre instalações cujos consumos poderão ser alocados a mais do que um CAE.

No geral, a procura térmica neste setor é influenciada pela zona climática e pela atividade a que o edifício se destina. Na falta de dados que relacionem a atividade exercida no edifício com a zona climática foi necessário recorrer ao balanço energético de 2014 e identificar os valores médios para as necessidades térmicas. Recorrendo-se ainda a bibliografia (Klotz e et al 2014) definiu-se uma percentagem para o calor passível de substituir com cogeração.

São vários os tipos de edifícios neste setor que demonstram ter diferentes necessidades de calor e frio, nomeadamente:

- Hospitais e centros de saúde (CAE 86 – Atividades de Saúde Humana)
- Edifícios da Administração Central (CAE 84 – Edifícios de Administração Pública e Defesa)
- Escolas (CAE 85 - Educação)
- Centros Comerciais (CAE 47 – Comercio a Retalho exceto automóveis e motociclos)
- Hotéis (CAE 55 - Alojamento)

Apesar das diferentes utilizações de cada edifício, definiu-se um valor médio para o calor passível de substituição, que vai ser utilizado posteriormente.

## 6.1 Caracterização Energética do Setor dos Serviços

De forma a caracterizar as necessidades energéticas, nomeadamente a procura de aquecimento e arrefecimento nos serviços será conveniente caracterizar quais as principais fontes energéticas e qual o consumo de energia final deste setor de atividade. A Figura 6.1 apresenta a desagregação de energia primária para o ano de 2014, assim como a evolução dos consumos em termos de energia primária para este setor de atividade no período 2008-2014.

Analisando a Figura 6.1 verifica-se que as fontes energéticas com maior relevância são o gasóleo (a maior parte devido aos transportes rodoviários ligados às empresas de serviços), GN, eletricidade e gasolina. Sendo que o fuel e o GPL vêm logo de seguida embora tenham valores de consumo bastante inferiores.

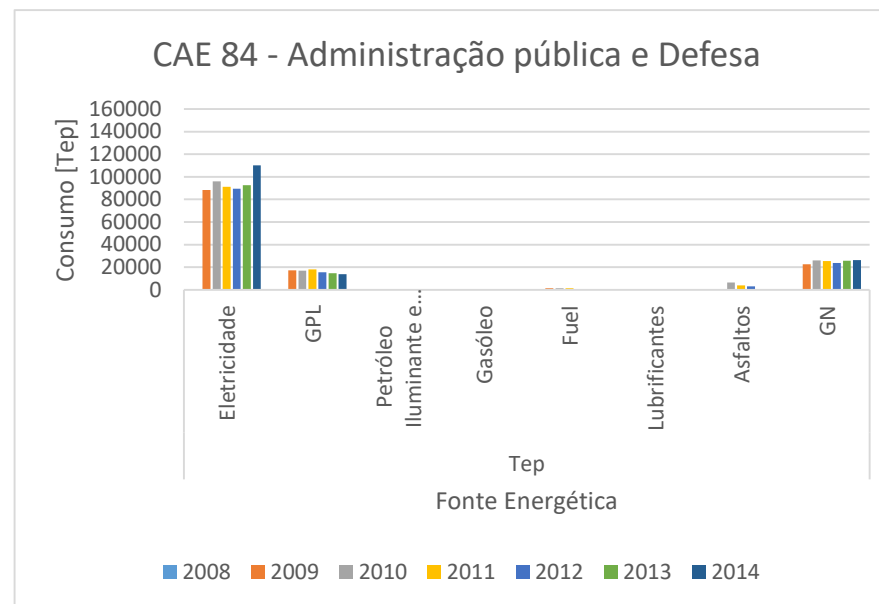
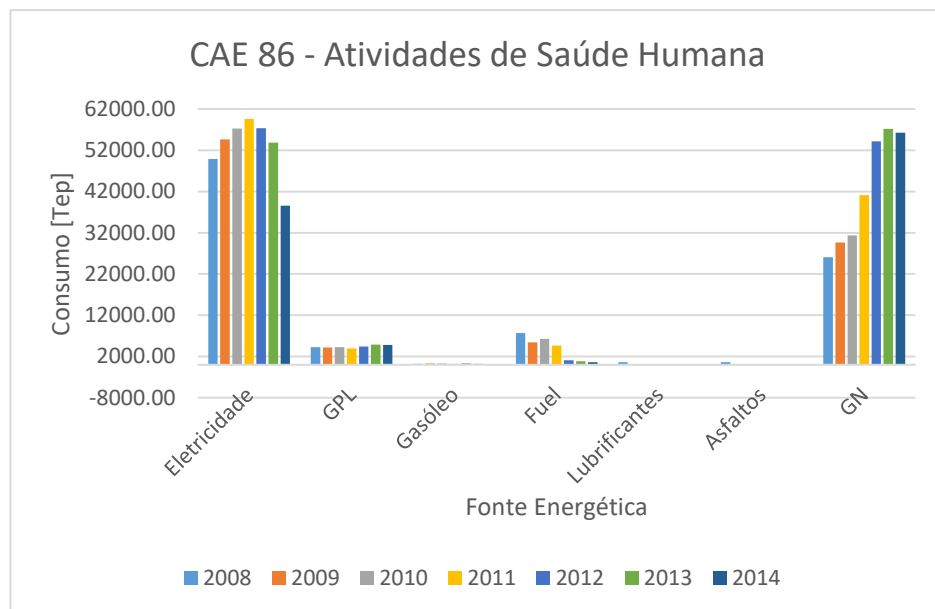
Em termos de evolução de consumos verifica-se que o consumo do principal combustível, o GN, aumentou no período de 2008 a 2011. A partir daí tem sofrido reduções sucessivas, facto que pode estar ligado a melhorias de eficiência (substituição por outras fontes energéticas ou substituição de equipamentos), redução de atividade económica ou até mesmo a redução das necessidades de aquecimento nos casos em que esta fonte energética seja usada. O consumo de gasolina e do fuel tem descido constantemente desde 2008. O consumo de eletricidade nas empresas de serviços tem-se mantido constante possivelmente por estar significativamente desacoplado da atividade económica em si.

Existem ainda consumos de outros combustíveis, embora menores que os anteriores, cuja relevância no panorama geral é reduzida, como é o caso dos petróleos (iluminante e carburante) que são usados em situações muito específicas.

Fazendo uma análise expedita a alguns dos subsectores dos serviços, é possível ter uma visão mais detalhada das fontes energéticas mais utilizadas, assim como da evolução temporal do consumo, que é apresentada na Figura 6.2.



**Figura 6.1 – Desagregação de energia final no setor dos serviços (Fonte: DGEG)**



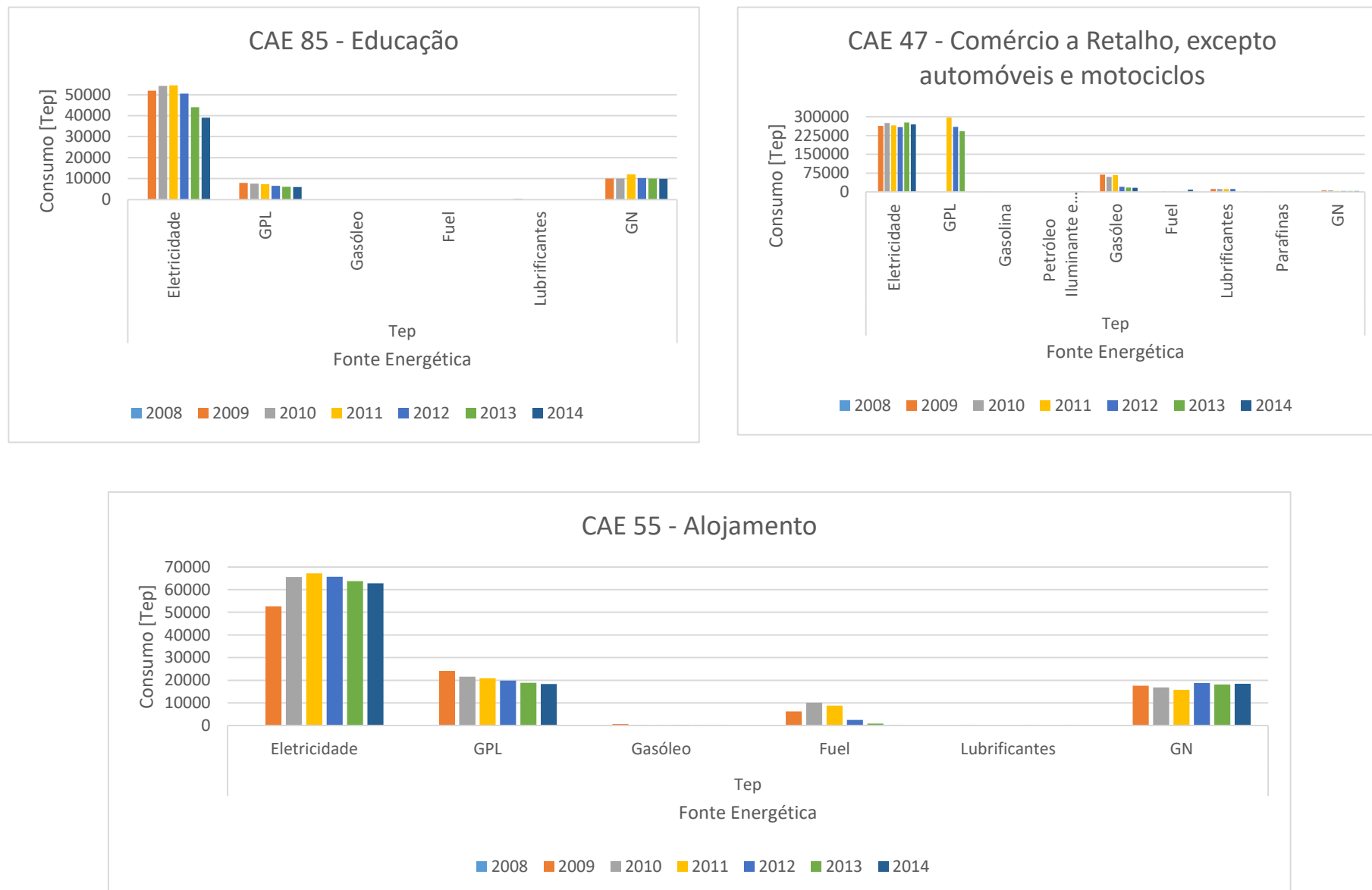


Figura 6.2 - Evolução consumos nos subsectores dos Serviços no período 2008-2014 [Fonte: DGEG]

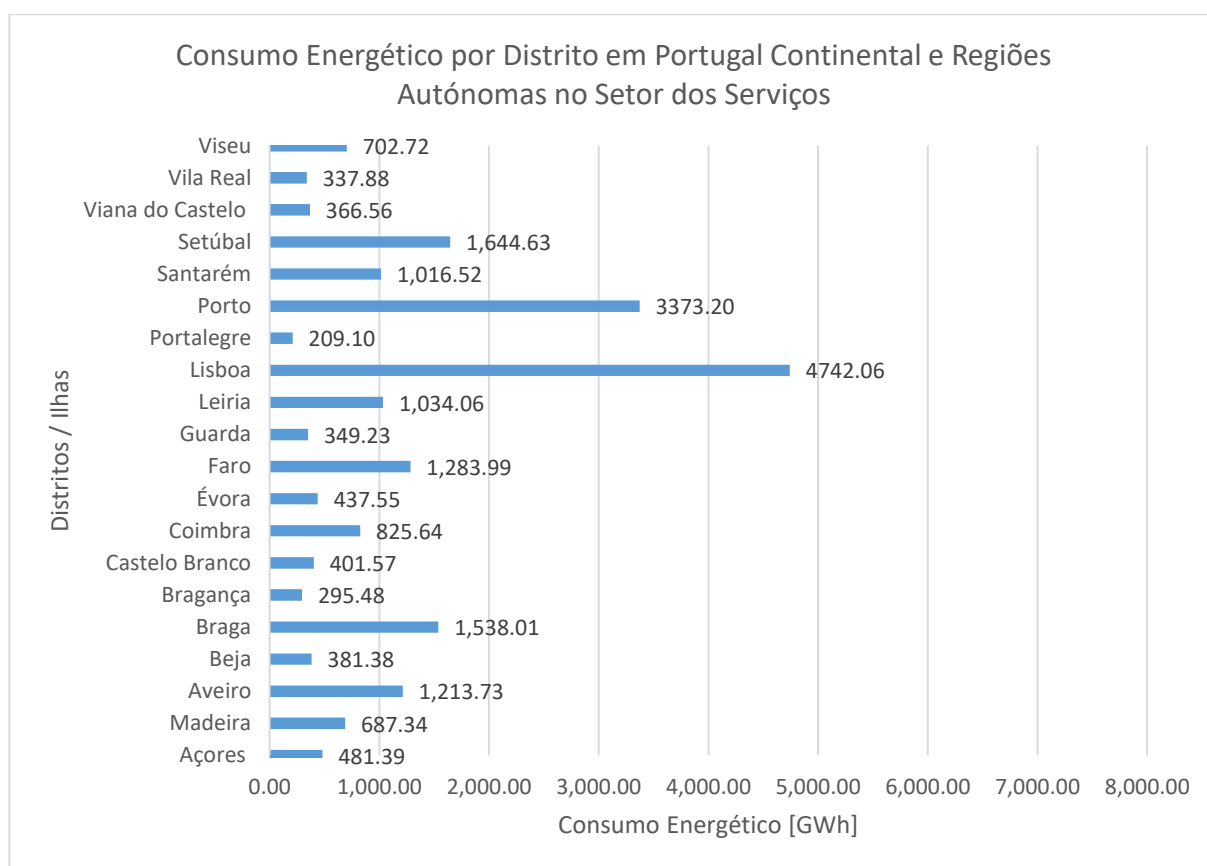
Analisando os subsetores que constam na Figura 6.2 verifica-se que o seu comportamento e evolução é bastante semelhante. Em alguns subsetores, o consumo de eletricidade subiu até 2011 e a partir daí começou a descer, noutros o consumo mantém-se aproximadamente constante desde 2008. Os consumos de GPL, gasóleo e fuel ou se mantiveram constantes ou desceram, enquanto o GN aumentou praticamente em todos eles. Isto pode significar uma substituição de combustíveis, nestes casos em benefício do GN. A Figura 6.2 mostra comportamentos semelhantes nos vários subsetores embora a mudança, quer seja de fonte energética ou no padrão de consumo possa ser motivada por diferentes razões em cada subsetor. De qualquer forma este comportamento semelhante suporta o uso neste estudo de valores médios quer para a procura de calor ou frio, quer para o valor do calor passível de substituição por cogeração.

## 6.2 Descrição da Procura de Aquecimento e Arrefecimento

O consumo energético associado a este setor é muito diversificado e normalmente associado a grandes centros populacionais onde existe uma maior concentração de empresas e serviços. Os consumos neste setor, especialmente aqueles ligados à climatização de edifícios, são afetados pela região climática embora o clima de Portugal seja bastante ameno, nomeadamente nas regiões do litoral onde vive a maioria da população. O consumo médio, em termos de energia térmica, é muito diversificado neste setor pois os edifícios abrangidos vão desde hospitais (com necessidades térmicas muito específicas e ambiente muito controlado), a centros comerciais, escolas, hotelaria, restauração, escritórios, hipermercados, etc.

Relativamente à climatização destes espaços há ainda um fator muito importante a considerar, o fator humano. A sensação de conforto varia de pessoa para pessoa, condicionando os consumos, especialmente em edifícios ligados à hotelaria e escritórios onde existe maior índice de controlo individualizado dos sistemas de climatização.

A Figura 6.3 apresenta a desagregação de consumos em Portugal Continental e Regiões Autónomas no setor dos serviços.



**Figura 6.3 – Consumo Energético por Distrito em Portugal Continental e Regiões Autónomas no Setor dos Serviços [Fonte: DGEG 2014]**

Na Figura 6.3 verifica-se que os distritos com maior consumo são aqueles que possuem maior número de habitantes, tais como Lisboa, Porto, Setúbal, Braga, Santarém, e Aveiro, etc. O número de habitantes é proporcional à quantidade de serviços que a população necessita assim como ao número de postos de trabalho oferecidos por este setor. Tal como referido anteriormente, este setor empregava mais de 67% da população ativa em 2014, existindo uma maior concentração de serviços nas maiores zonas habitacionais (sedes de municípios e distritos).

Relativamente a necessidades de calor ou frio deste setor, estas são bastante diversificadas, mas de acordo com os dados divulgados na conferência de eficiência energética no setor dos serviços organizada pela OE - Ordem dos Engenheiros <sup>5</sup> as necessidades térmicas em termos de frio do setor dos serviços são as que se apresentam de seguida na Tabela 4. Relativamente ao valor do calor apresentado na Tabela 4, este é retirado do balanço energético de 2014.

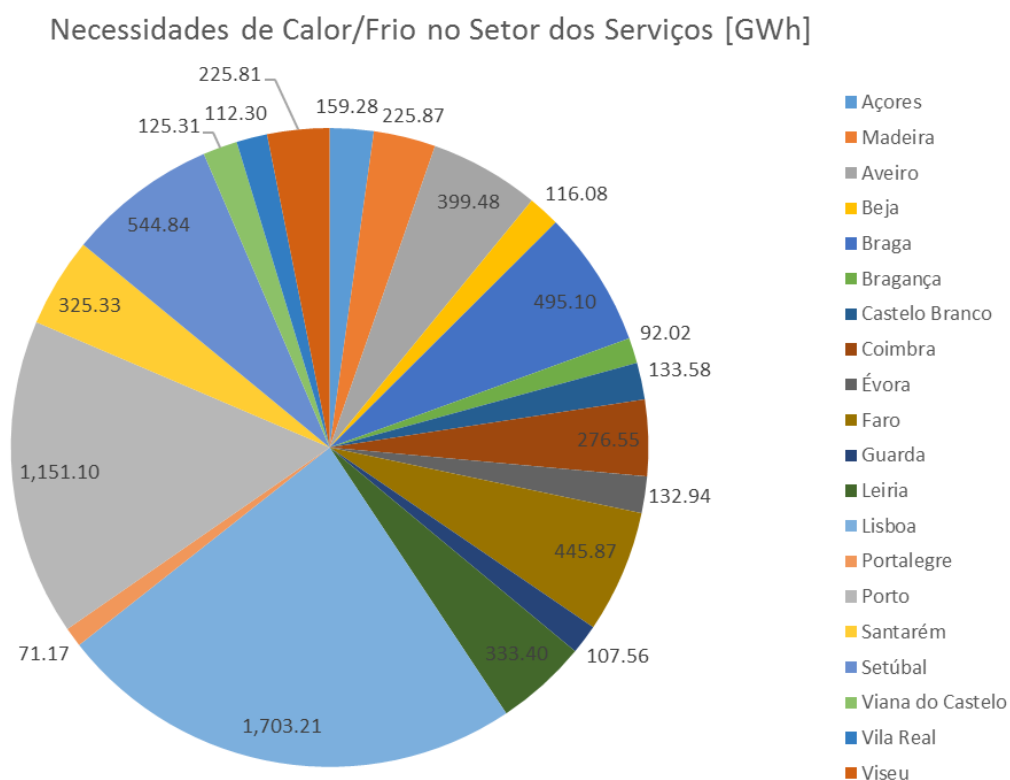
<sup>5</sup> Conferência sobre eficiência energética no setor dos serviços - [http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier\\_artigo/05\\_20120511\\_jhormigo\\_12940243444fb2895ac0780.pdf](http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/05_20120511_jhormigo_12940243444fb2895ac0780.pdf)



**Tabela 4 – Necessidades Térmicas no Setor dos Serviços**

Serviços		
<b>Necessidades de calor</b>	21,8 %	do consumo total de energia do setor
<b>Necessidades de frio</b>	17,7 %	do consumo de eletricidade do setor

Os valores contidos na Tabela 4 são valores médios, no entanto existem edifícios com utilizações muito diferentes, tais como hipermercados, onde grande parte do consumo é de frio para arcas e câmaras frigoríficas e onde as necessidades de aquecimento não são muito elevadas devido ao calor libertado pelos equipamentos, iluminação e pelas pessoas no seu interior. Na hotelaria por exemplo, o facto de a climatização ser controlada de forma separada em cada quarto faz com que o fator humano seja determinante na variação do consumo deste subsector. Desta forma decidiu-se usar os valores médios para minimizar os erros no cálculo da procura e do calor passível de substituição. Desta forma, recorrendo aos valores acima referidos para as percentagens de consumo afetos a calor/frio verifica-se que a procura de calor e o frio tem a distribuição apresentada na Figura 6.4.

**Figura 6.4 - Necessidades de calor/frio por Distrito no setor dos Serviços [GWh]**

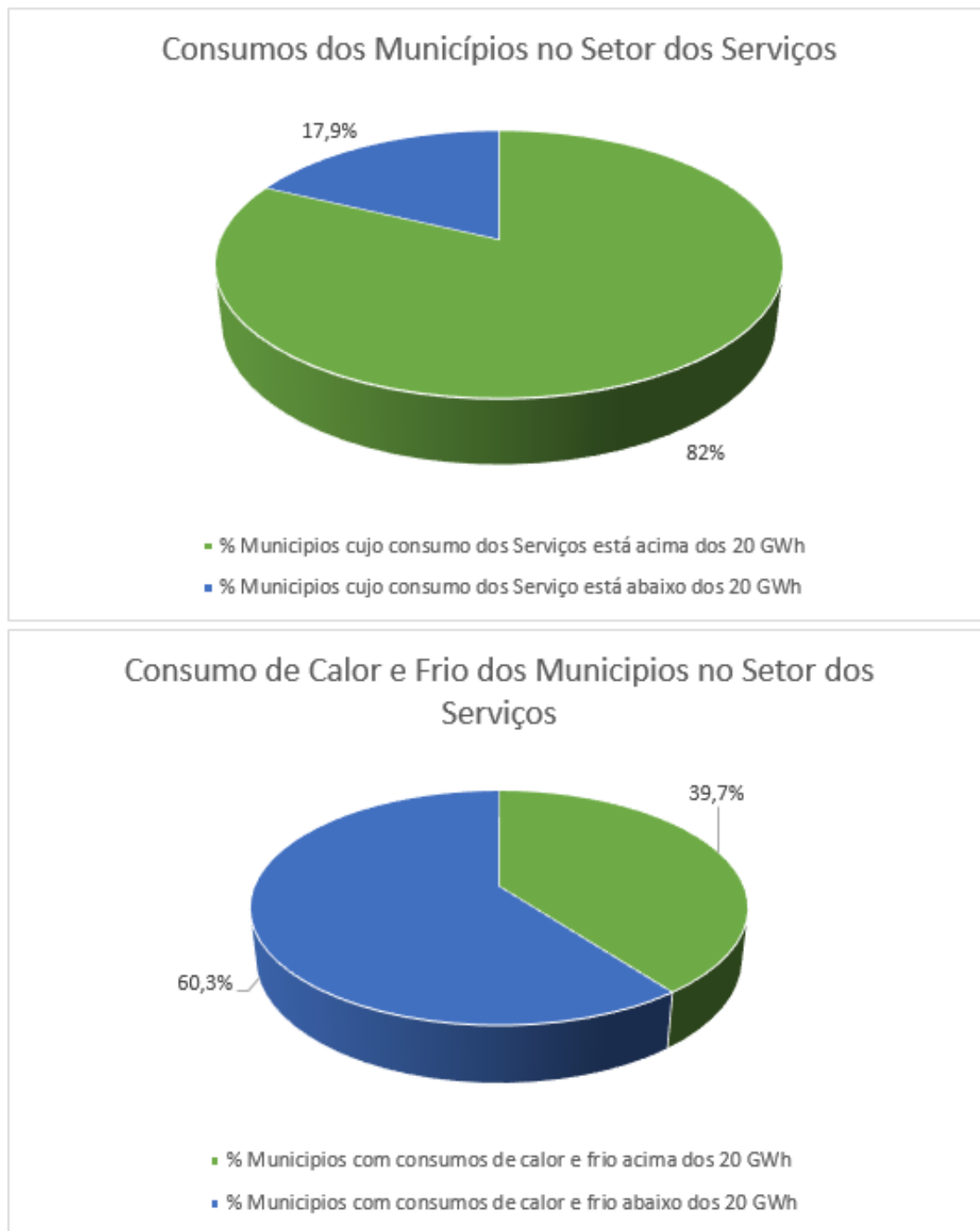
Usando os dados disponíveis ao nível de concelho é possível identificar 252 municípios onde o consumo é superior a 20 GWh. Relativamente a consumo de calor/frio apenas em cerca de 122 municípios os 20 GWh de consumo são ultrapassados.

A Figura 6.5 resume toda esta informação.

Número total de Municípios em Portugal Continental e Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores - 307

Percentagem de Municípios cujo consumo do setor dos serviços está acima dos 20 GWh (Gráfico superior)

Percentagem de Municípios com consumos de calor e frio acima dos 20 GWh (Gráfico inferior)



**Figura 6.5- Estatísticas dos Municípios de Portugal Continental e Ilhas para o Setor dos Serviços**  
(Fonte: DGEG 2014)

## 7 Setor Residencial

### 7.1 Descrição da Procura de Aquecimento e Arrefecimento

O consumo do setor residencial em Portugal apresenta valores muito baixos, quando comparado com o consumo dos restantes países Europeus, com particular relevância no que diz respeito aos consumos para aquecimento e mesmo para arrefecimento ambiente, como ilustram a Figura 7.1 e a Figura 7.2.

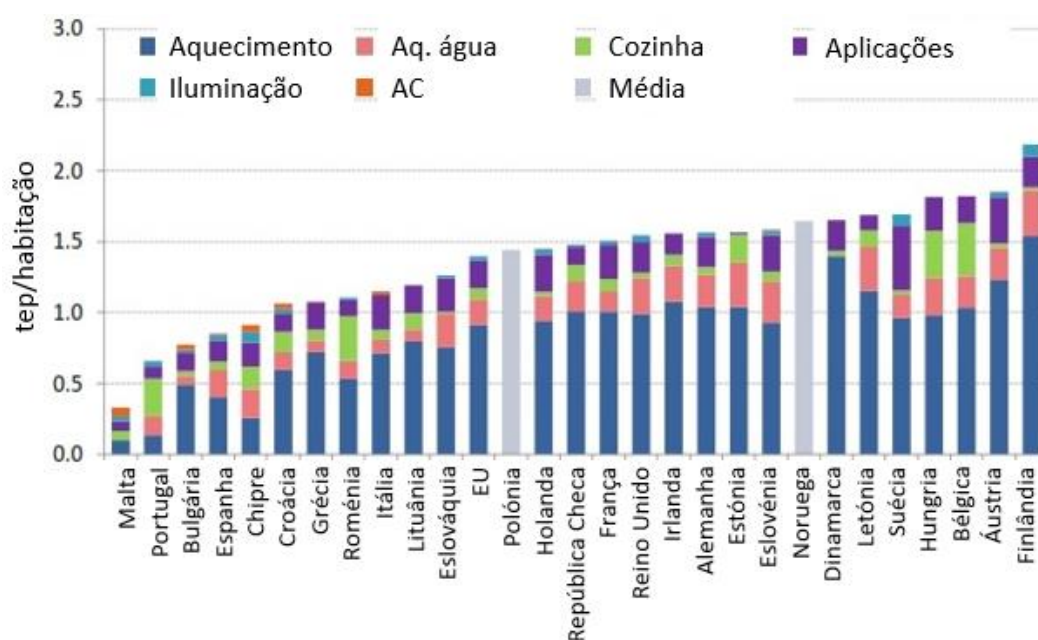


Figura 7.1 – Consumo de energia por alojamento desagregado por uso final em 2012 (Lapillonne, Bruno, Karine Pollier 2015)

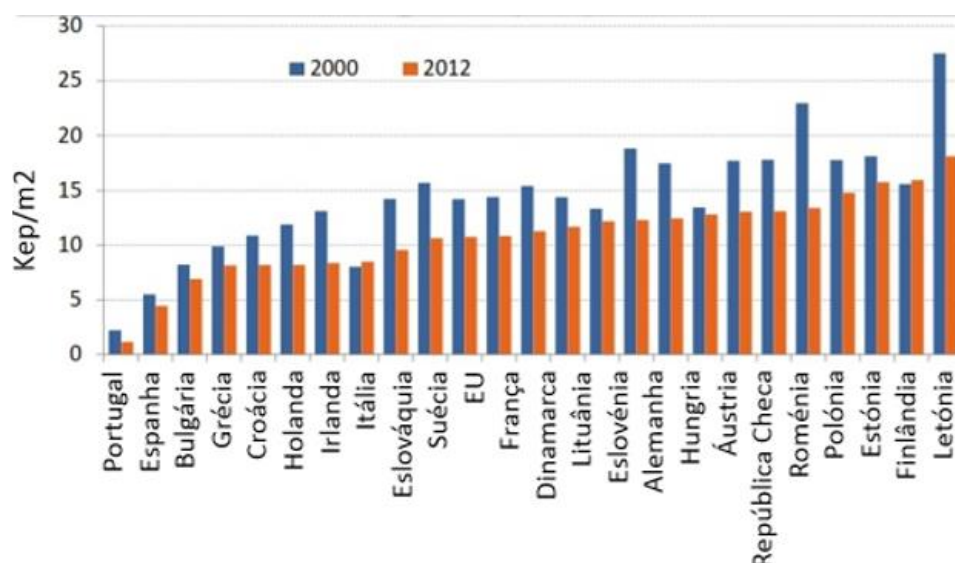
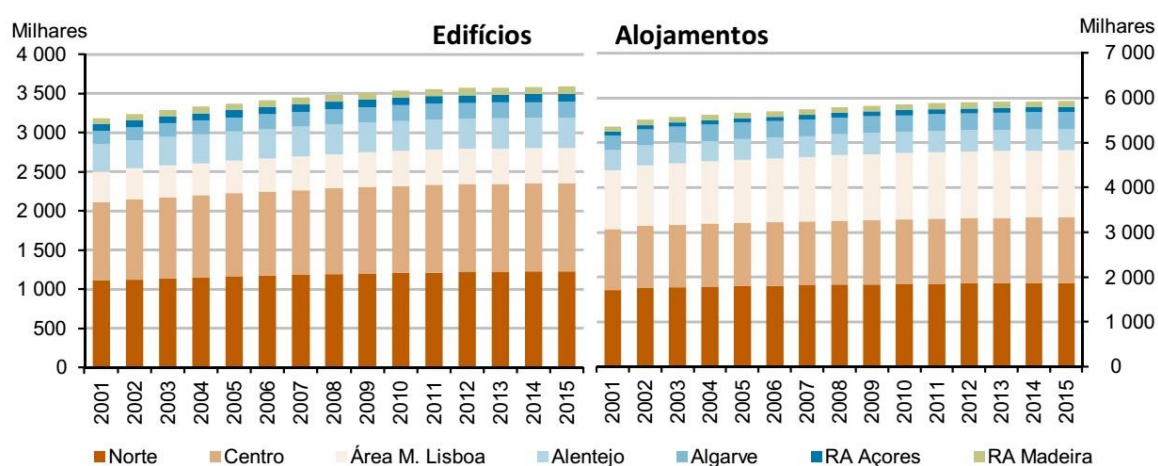


Figura 7.2 – Consumo para aquecimento por m² (Lapillonne, Bruno, Karine Pollier 2015)

Ainda assim, de acordo com (DGEG, 2016), entre 2000 e 2014 o consumo do setor residencial refletiu a tendência decrescente que se verificou no consumo de energia final global, com uma quebra de 12,7%. Uma das explicações para o facto decorre da evolução do número de alojamentos. Em 2014, o número de edifícios habitacionais foi estimado em cerca de 3,6 milhões e o número de alojamentos em 5,9 milhões, dos quais apenas 13% dos edifícios correspondem a edifícios multifamiliares. Mas a construção de novos edifícios diminuiu desde 2000, como é visível na Figura 7.3, sendo o número de obras terminadas em 2013 cerca de 38,4% do número verificado em 2000, correspondendo cerca de um terço a obras de reabilitação.



Fonte: INE, Estimativas do Parque Habitacional

**Figura 7.3 – Nº de edifícios clássicos e de alojamentos (INE 2015)**

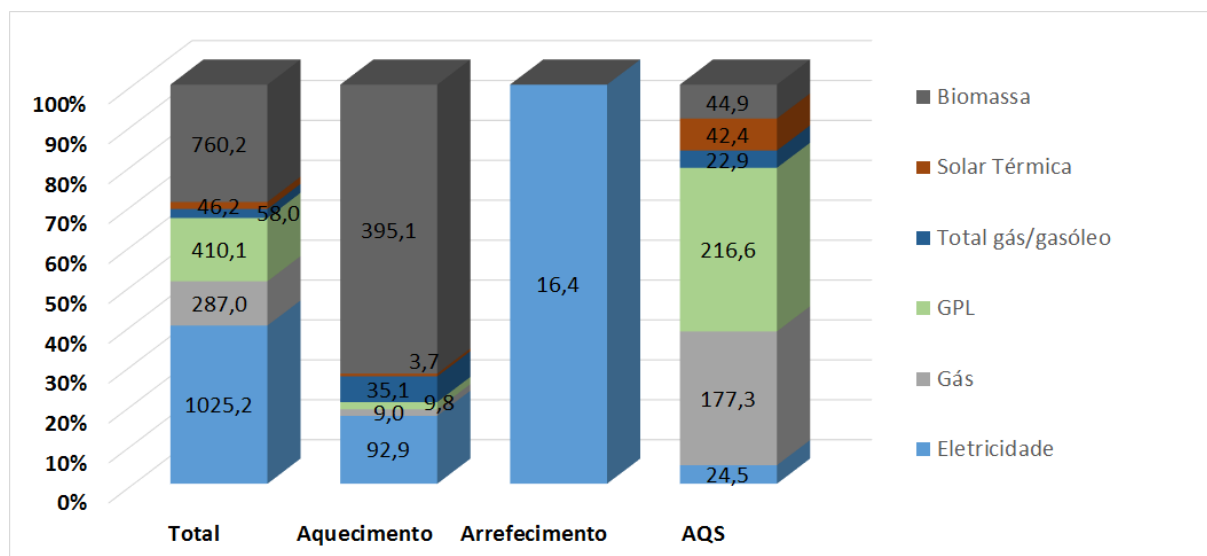
Segundo (DGEG, 2016), a redução de consumo a uma taxa média de -4,4% ao ano desde 2009, está associada ao aumento de eficiência energética resultante de múltiplas medidas implementadas e da melhoria dos equipamentos, assim como ao aumento de taxas e preços de energia mais elevados.

A melhoria de eficiência é aparentemente maior no que diz respeito ao aquecimento ambiente, com uma redução em cerca de 31,7% de 2000 a 2013, e de cerca de 28,8% de redução na cozinha e no AQS.

Em termos de consumo por uso final, as cozinhas contribuem com a maior parcela, com cerca de 39% do consumo final, seguidas do aquecimento de água, com 23%. Contudo, no primeiro caso a eletricidade é a fonte principal, enquanto o aquecimento de água é predominantemente feito com garrafas de GPL. A parcela dedicada à iluminação é reduzida, com apenas 4,5% do consumo e o consumo para arrefecimento ambiente é desprezável (ICESD, 2010).

No ano de 2014, a distribuição de consumos por fonte e uso final no setor residencial são os representados na Figura 7.4. De salientar a importância significativa do consumo de biomassa, com

um peso predominante no aquecimento ambiente (72%), assim como o peso ainda muito relevante do GPL para o aquecimento de águas (41%).

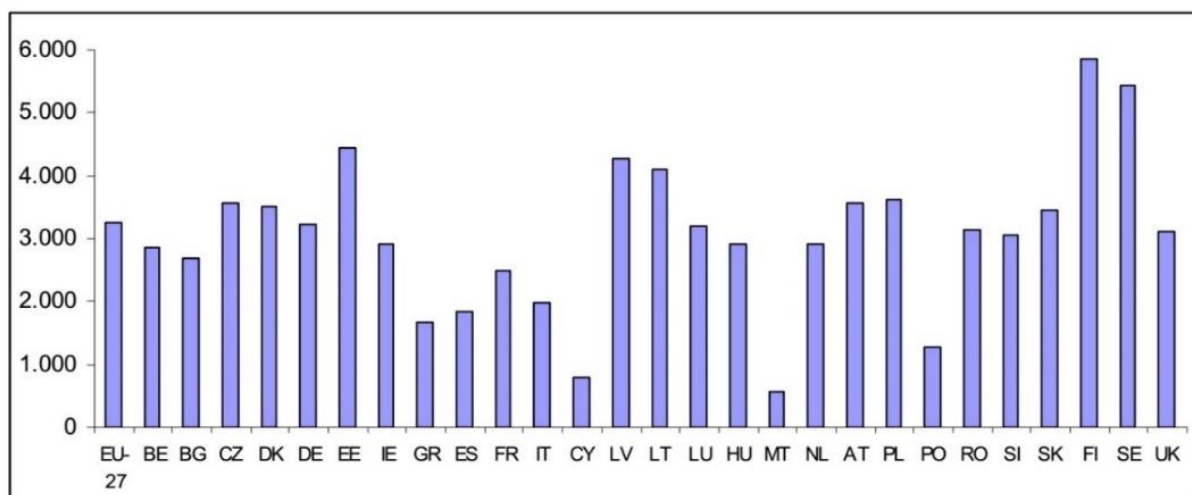


**Figura 7.4 – Distribuição do consumo residencial por fonte em 2014– valores em ktep.**

**Fonte: DGEG**

A evolução dos consumos no sentido de uma maior eficiência poderá ainda ter sido afetada por vários programas para melhoria de eficiência que incluem o setor residencial e o terciário, incluindo a promoção de equipamentos mais eficientes, iluminação eficiente, janelas, isolamento, a certificação de edifícios e a integração de energias renováveis.

Os reduzidos consumos para climatização em Portugal serão certamente significativamente decorrentes da maior suavidade do clima comparativamente a outros países, como ilustra a Figura 7.5, que representa o número médio de graus dia de aquecimento para o período 1980-2004 na Europa a 27, e onde Portugal aparece com o 3º valor mais reduzido, com menos de metade do valor médio Europeu e cerca de um quarto do valor mais elevado (Finlândia), revelando assim uma grande correspondência com os consumos por alojamento tal como ilustrados na Figura 7.1 e Figura 7.2.



**Figura 7.5 – Nº médio de graus dia na Europa a 27 para o período 1980-2004 (Bertoldi et al. 2012)**

Ainda assim, a geografia do País causa diferenças com significado em diferentes regiões, como mostra a Figura 7.6, sendo que algumas delas apresentam características que as aproximam mais dos outros países Europeus com maior consumo. Contudo, nesta figura pode perceber-se que a região onde se concentra a maior parte da população, correspondendo à faixa litoral entre Setúbal e Braga (Figura 7.7), coincide em grande parte com a região de menores exigências para aquecimento.

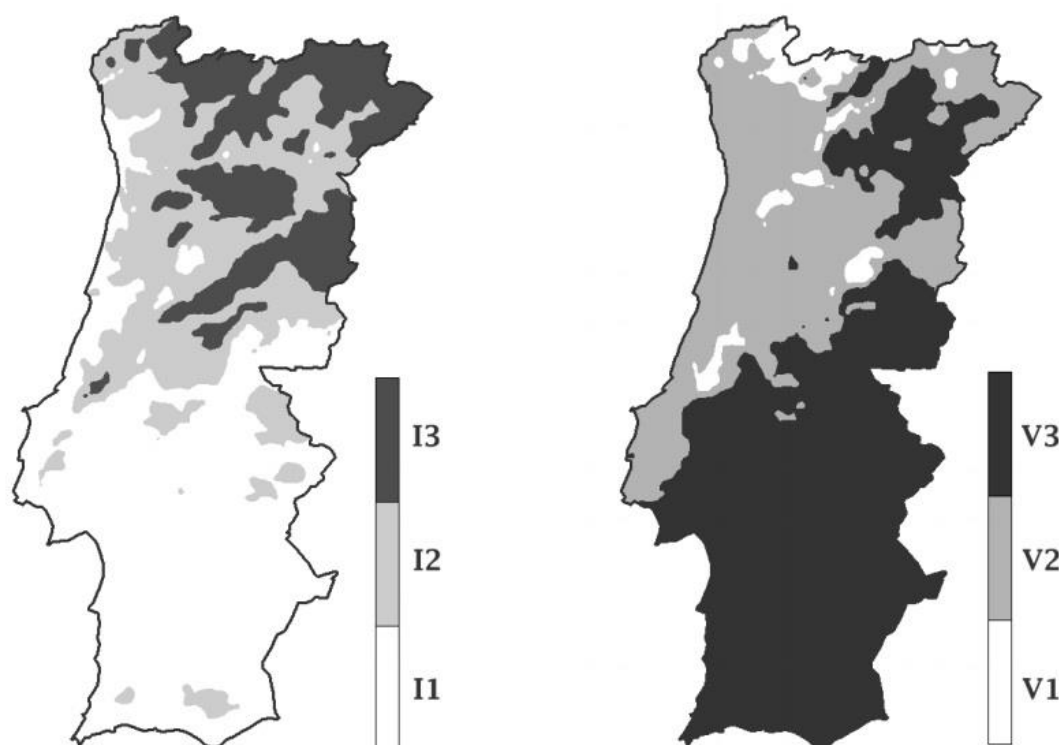
Ao nível do arrefecimento, não se obtiveram dados que permitam tecer comparações internacionais, mas os baixos valores da temperatura média exterior indicados na Figura 7.6, particularmente na região de maior concentração populacional, também parecem justificar o consumo quase irrelevante de energia para arrefecimento no setor residencial, se atendermos igualmente à curta duração da estação e à sua coincidência com o período de férias.

A reduzida duração e importância das estações de aquecimento, associada a limitações financeiras, explicará também o número reduzido de alojamentos com instalação de aquecimento central, assim como o número significativo de alojamentos para os quais não existe registo de qualquer sistema de aquecimento, em qualquer uma das regiões, como ilustra a Figura 7.8.

Outra informação relevante diz respeito à fonte energética usada nos sistemas de aquecimento existentes, como ilustrado na Figura 7.9, sendo notória a importância dos sistemas de aquecimento elétricos, nomeadamente na Região de Lisboa.

As informações descritas nos dois últimos parágrafos denotam, por um lado, um potencial de aumento da eficiência global se os sistemas não centralizados e nomeadamente os elétricos fossem substituídos pelo uso de calor residual, através de redes de distribuição de calor. Contudo, também representam a necessidade de investimentos muito significativos na rede de distribuição de calor, exigindo também

do lado dos consumidores um investimento adicional para adaptar as habitações a tais sistemas, com um retorno de investimento potencialmente prolongado dado o reduzido consumo e a curta duração da estação de aquecimento.



critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
zona	I1	I2	I3

critério	$\theta_{ext, v} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{ext, v} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\theta_{ext, v} > 22^{\circ}\text{C}$
zona	V1	V2	V3

**Figura 7.6 – Zonamento para requisitos de qualidade da envolvente (Aguiar 2013)**





Figura 7.7 – Áreas de tecido urbano. Dados: DGT

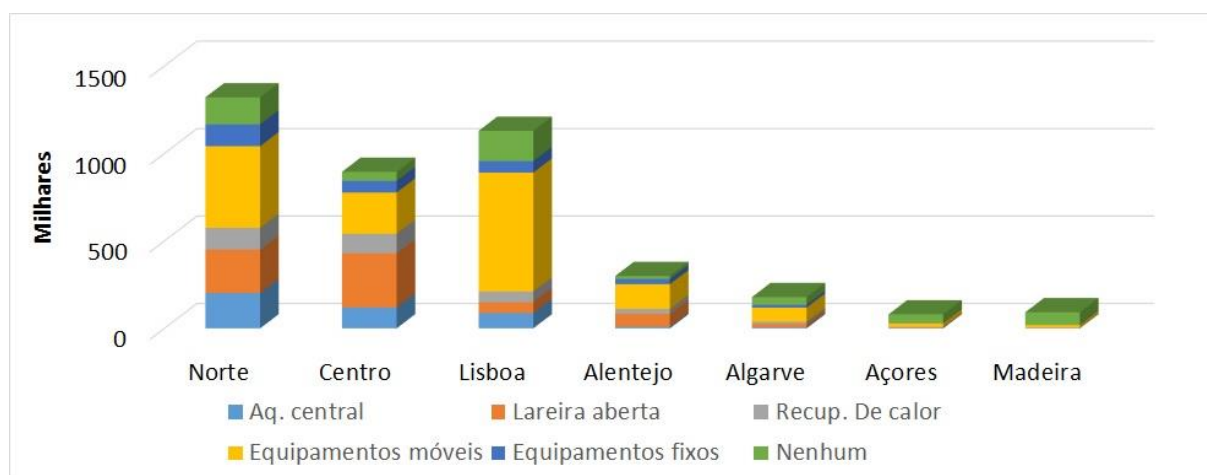
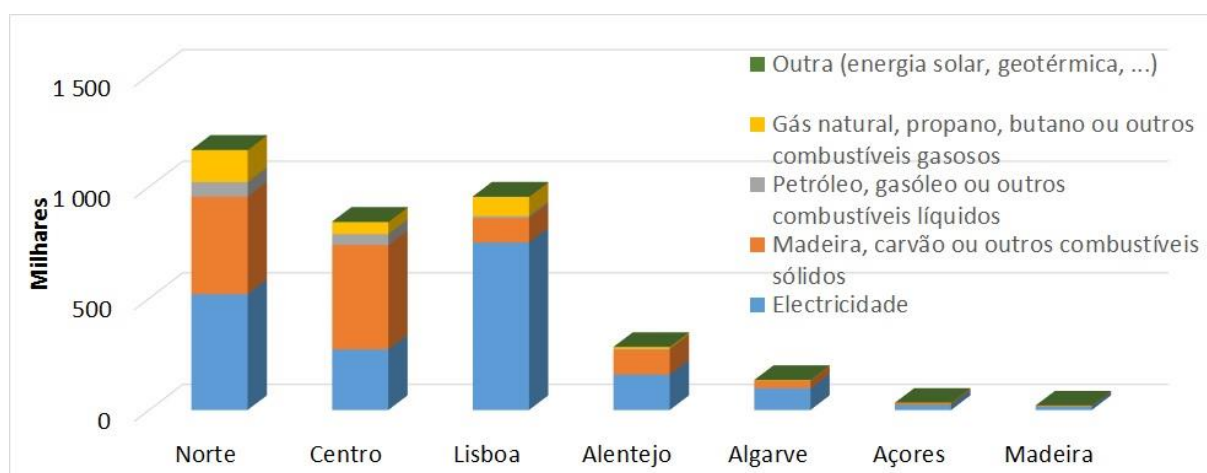
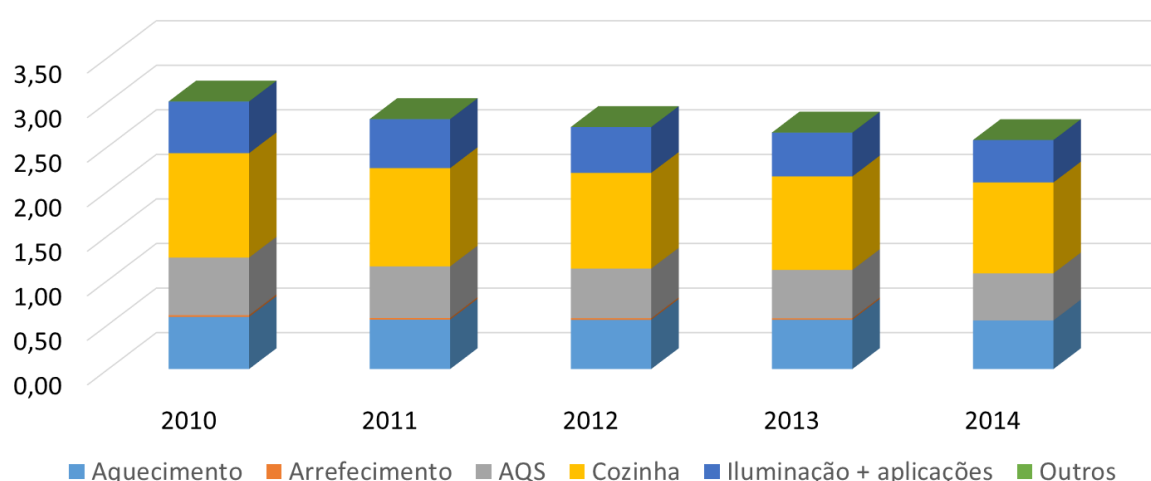


Figura 7.8 – Número de alojamentos com sistema de aquecimento por região NUTS II. Dados: (INE 2011)

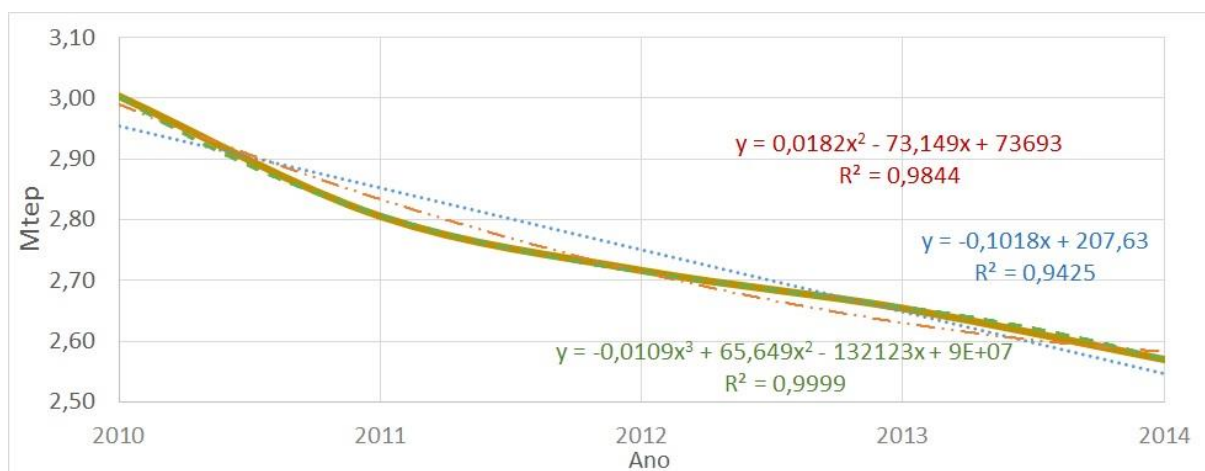


**Figura 7.9 – Número de alojamentos com sistema de aquecimento por região NUTS II – distribuição por fonte energética. (Fonte: INE 2011)**

A evolução dos consumos do setor residencial tem sido no sentido de uma diminuição acentuada, que certamente acompanhou quer a evolução económica quer um aumento de eficiência nos usos finais, como ilustra a Figura 7.10. Uma análise mais aprofundada dos dados mostra que a evolução tem oscilado em torno de uma tendência central de diminuição linear (Figura 7.11), sendo esta possivelmente a melhor base para estimar uma evolução num futuro próximo, atendendo aos efeitos combinados de uma estagnação ou mesmo diminuição demográfica, ao baixo crescimento económico e ao aumento expectável da eficiência energética, não obstante o não ajuste perfeito da curva de tendência linear à evolução dos últimos 5 anos. De notar, porém, que os modelos polinomiais que resultam num melhor ajuste levariam a uma evolução pouco plausível, caso fossem usados para estimar os consumos futuros, seja por implicarem um aumento de consumo já no curto prazo (modelo quadrático), seja por implicarem uma queda muito acentuada nos próximos anos (modelo cúbico).



**Figura 7.10 – Evolução dos consumos do setor residencial. (Fonte: DGEG)**



**Figura 7.11 – Determinação da tendência associada aos dados de consumo residencial**

Se forem mantidas as tendências observadas nos últimos 4 anos, o consumo residencial poderá ser reduzido 30 a 40% até 2025.

## 8 Mapeamento da Procura Incluindo Infraestruturas Existentes e Projetadas

De acordo com o Anexo VIII da Diretiva, a avaliação exaustiva das potencialidades nacionais de aquecimento e arrefecimento deve incluir um mapa do território nacional que identifique, sem deixar de proteger informações comercialmente sensíveis:

- i. os pontos de procura de aquecimento e arrefecimento, incluindo:
  - municípios e aglomerações urbanas com um coeficiente de ocupação do solo de pelo menos 0,3;
  - zonas Industriais com um consumo total anual de aquecimento e arrefecimento superior a 20 GWh.
- ii. as infraestruturas de aquecimento e arrefecimento urbano existentes e projetadas,
- iii. os pontos de aquecimento e arrefecimento potenciais, incluindo:
  - instalações de produção de eletricidade com uma produção total anual superior a 20 GWh,
  - instalações de incineração de resíduos;
  - instalações de cogeração existentes e projetadas utilizando tecnologias referidas no Anexo I, Parte II, e instalações de aquecimento urbano.

Tal como referido anteriormente no capítulo 3, de acordo com os dados oficiais disponibilizados a avaliação da procura e dos consumos energéticos (aquecimento e arrefecimento incluídos) nos setores agricultura e pescas, indústria e serviços o mapeamento apenas pode ser feito ao nível dos municípios. Com os dados existentes onde o consumo por código de atividade económica é apenas tratado, a nível municipal torna-se impossível localizar com mais exatidão estes consumos.

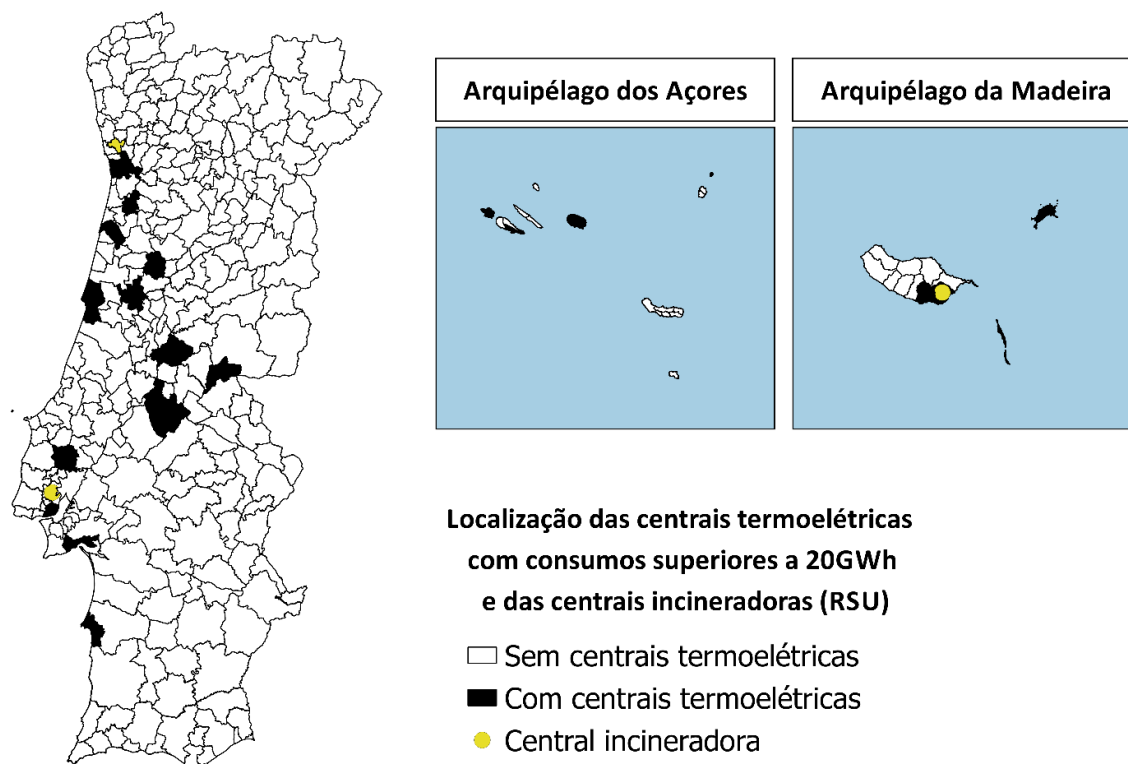
No segundo ponto do ponto i é usado o termo zona Industrial, conceito este que se veio alterando nos últimos 20 a 30 anos. Contudo uma grande parte das instalações industriais, especialmente as mais antigas estão instaladas fora das denominadas Zonas Industriais tendo mesmo uma localização dispersa dentro de cada um dos 307 municípios de Portugal Continental e Ilhas. Desta forma, e visto que o grau de precisão dos dados fornecidos vai até à escala municipal, os consumos e a procura serão tratados a esta mesma escala. No mapeamento, as fronteiras usadas para o mesmo serão as fronteiras geográficas dos municípios.

Numa primeira fase foi elaborada uma base de dados com toda a informação disponibilizada, nomeadamente os consumos por fonte energética, atividade económica e município, a partir da qual fosse possível efetuar as diferentes desagregações necessárias ao trabalho.

## 8.1 Mapas das Infraestruturas Existentes

### 8.1.1 Mapeamento das Centrais Térmicas Ativas em Portugal

O mapeamento apresentado na figura 8.1 representa, a preto, os municípios que possuem centrais termoelétricas ativas em Portugal com produção superior a 20 GWh no ano de 2014, localizando-se 17 no território Continental, 5 na Região Autónoma dos Açores e 3 na Região Autónoma da Madeira, totalizando 25 centrais termoelétricas. Com um ponto amarelo são representadas as centrais incineradoras, localizando-se duas em território Continental nos municípios de Loures e Maia, e uma na Região Autónoma da Madeira no município de Santa Cruz, fazendo um total nacional de 3 incineradoras.

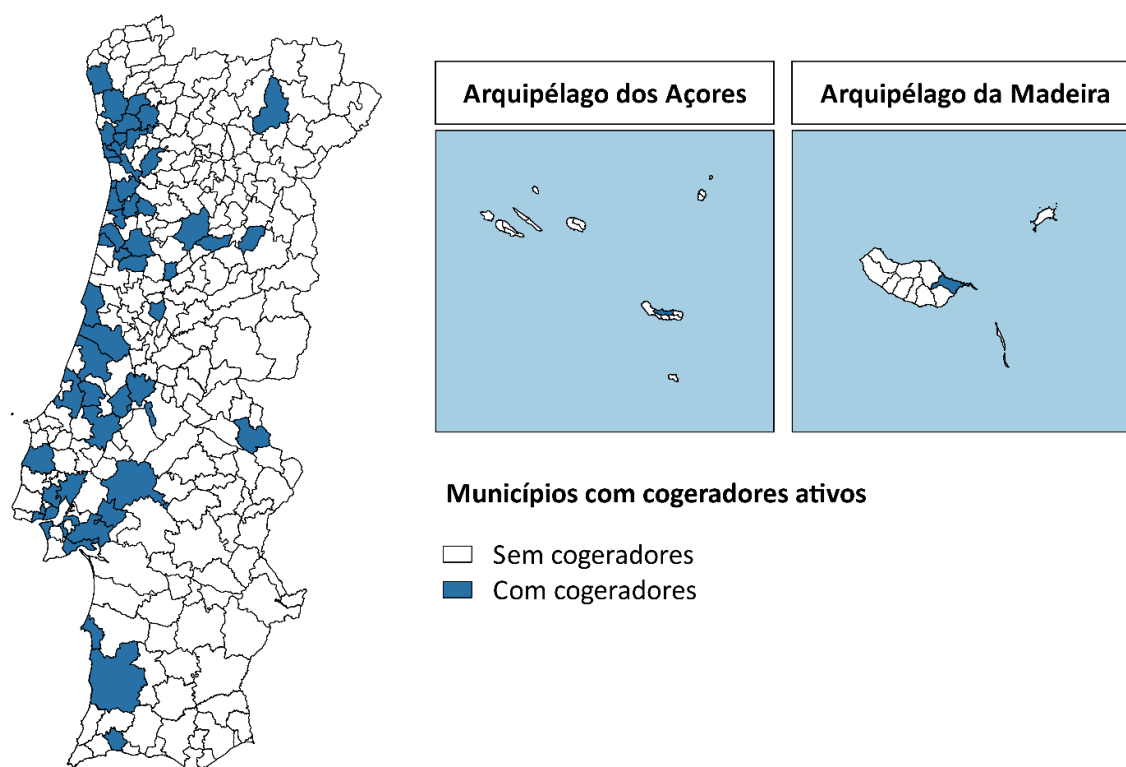


**Figura 8.1 - Localização das centrais termoelétricas com consumos superiores a 20 GWh e das centrais incineradoras (Fonte: DGEG 2014)**

### 8.1.2 Mapeamento dos Cogeradores Ativos em Portugal

Neste mapeamento, os municípios assinalados a azul possuem os cogeradores ativos em Portugal. Num total de 132 cogeradores distribuídos por 61 municípios, estes dividem-se pelos setores da

indústria serviços e agricultura em 74%, 26% e 1%, respetivamente. Esta divisão pode ser melhor observada na figura 10.3.



**Figura 8.2 - Municípios com cogeração ativos (Fonte: DGEG 2014)**

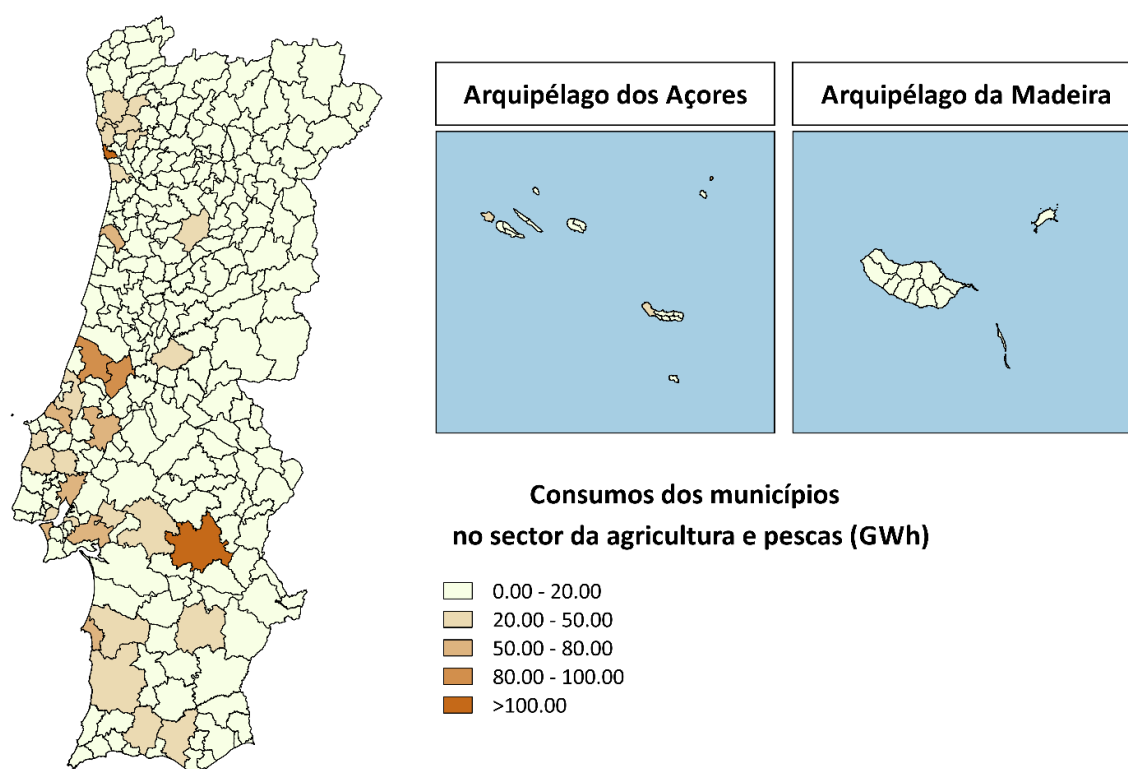
### 8.1.3 Mapeamento de Cogerações Projetadas

Não existem informações sobre instalações deste tipo estarem a ser projetadas ou em fase de execução. O facto de terem sido reduzidos os incentivos à cogeração está certamente ligado a esta situação. Isto também está demonstrado pelo decréscimo no número de instalações de cogeração ativas em Portugal.

## 8.2 Mapeamento do Sector Agricultura e Pescas

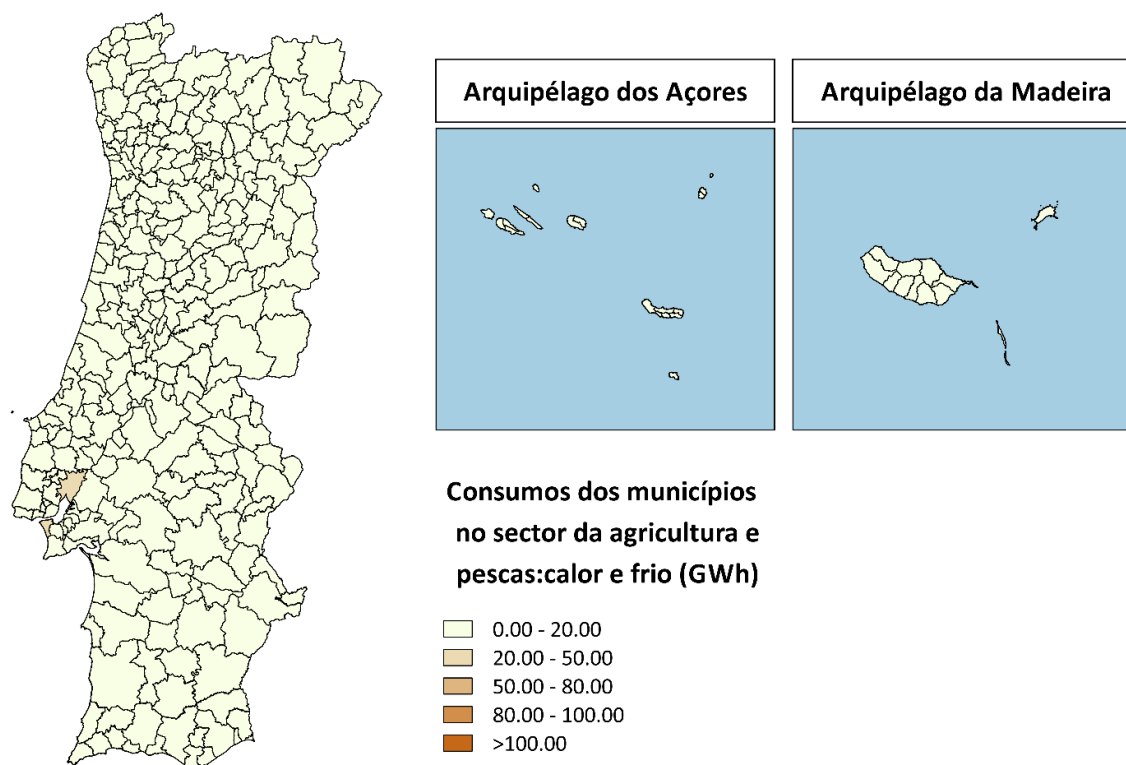
Nas figuras 8.3 e 8.4 estão representados os consumos totais e de energia térmica, respetivamente, do setor da Agricultura e Pescas por município. Como referido anteriormente no capítulo 4, o setor da Agricultura depende de fatores como o clima e condições do terreno, pelo que se pode observar na figura 8.3, que o maior número de municípios com consumos superiores a 20 GWh se encontram nas

zonas Centro e Sul do País, onde as variações de temperatura não são tão acentuadas ao longo do ano. As regiões da Estremadura Ribatejo e Alentejo, apresentam condições, tanto climáticas como a nível de qualidade e quantidade de solos propícios à agricultura. A Região Autónoma dos Açores apresenta o maior consumo nacional neste setor, associado à produção de leite e derivados, e de carne de bovino. O município de Matosinhos apresenta o maior consumo no território Continental associado à sua elevada atividade piscatória.



**Figura 8.3 - Consumo dos municípios no setor da Agricultura e Pescas (Fonte: DGEG 2014).**

Como se pode observar na figura 8.4, relativa aos consumos de energia térmica, este setor será pouco relevante para a atividade de cogeração (existem apenas 2 cogeradores neste setor) uma vez que as quantidades de calor consumidas são mínimas estando a maior percentagem do consumo associada à produção de frio com origem elétrica. Assim, apenas estão representados dois municípios com consumos de calor e frio superiores a 20 GWh.



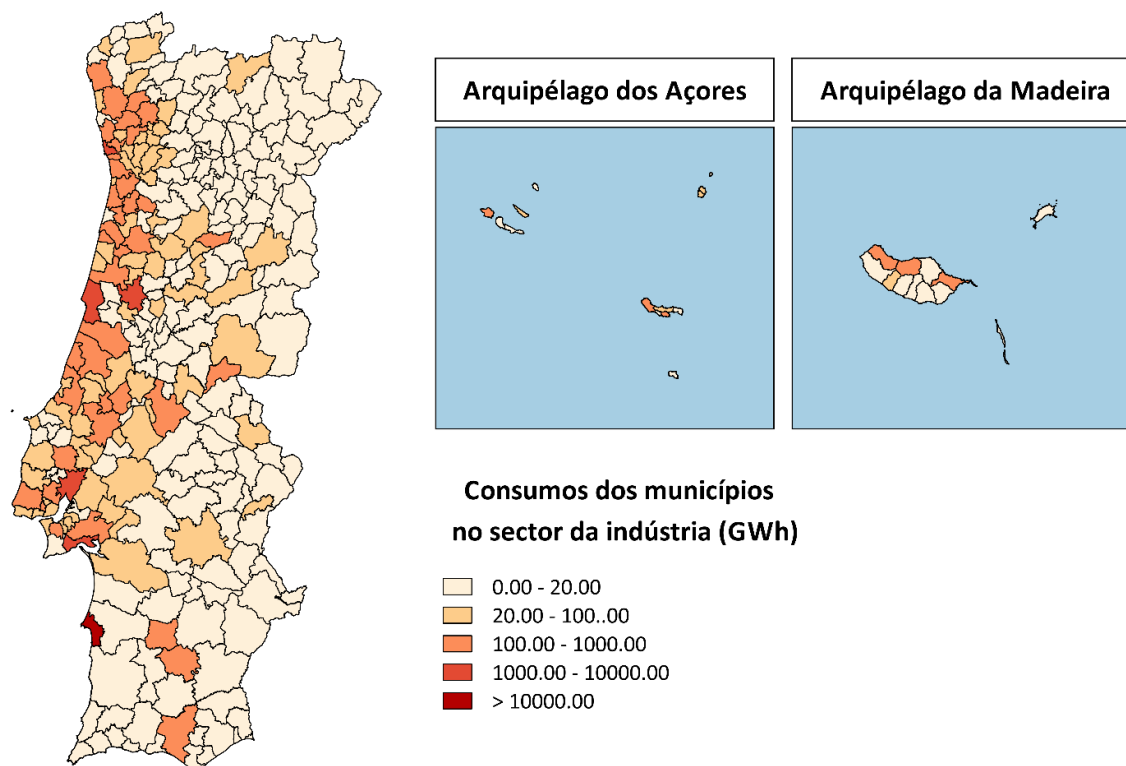
**Figura 8.4 - Consumo dos municípios no setor da Agricultura e Pescas: calor e frio (Fonte: DGEG 2014)**

### 8.3 Mapeamento do Sector da Indústria

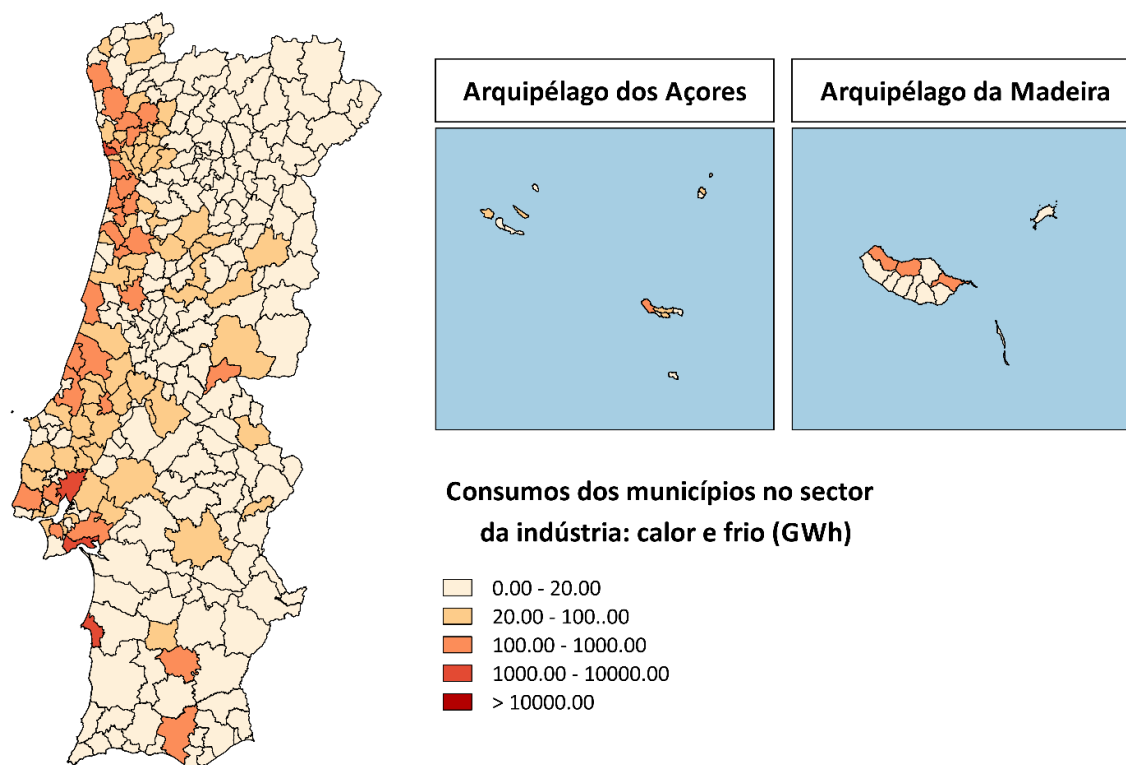
Apesar da constante automatização dos processos no setor da Indústria, este ainda é um setor que gera bastante empregabilidade tendo assim um Papel importante no crescimento económico do País. Geralmente, este setor tende a localizar-se em zonas com boa rede de transporte e de telecomunicações, assim como em zonas de densidade populacional elevadas. Como se pode observar na figura 8.5, e comparando com as figuras 7.7 (área de tecido urbano) e 8.14 (distribuição dos alojamentos por freguesia), a concentração maioritária ocorre na zona litoral do País, onde a densidade populacional é maior e consequentemente há uma melhor rede de telecomunicações e de transportes. No caso do acesso aos transportes, a zona litoral também oferece um conjunto de portos marítimos muito importante neste setor.

Os maiores consumos estão localizados nos municípios de Sines e de Matosinhos onde se encontram refinarias de petróleo.





**Figura 8.5 - Consumo dos municípios no setor da Indústria (Fonte: DGEG 2014).**

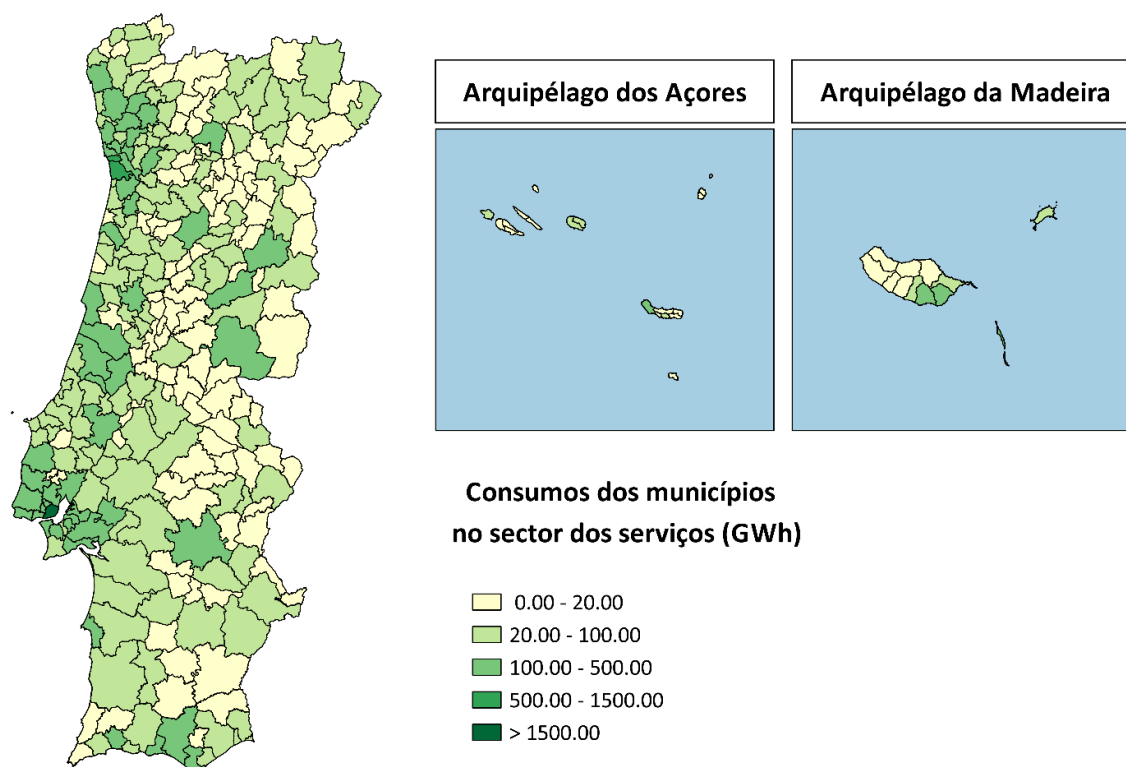


**Figura 8.6 - Consumo dos municípios no setor da Indústria: calor e frio (Fonte: DGEG2014).**

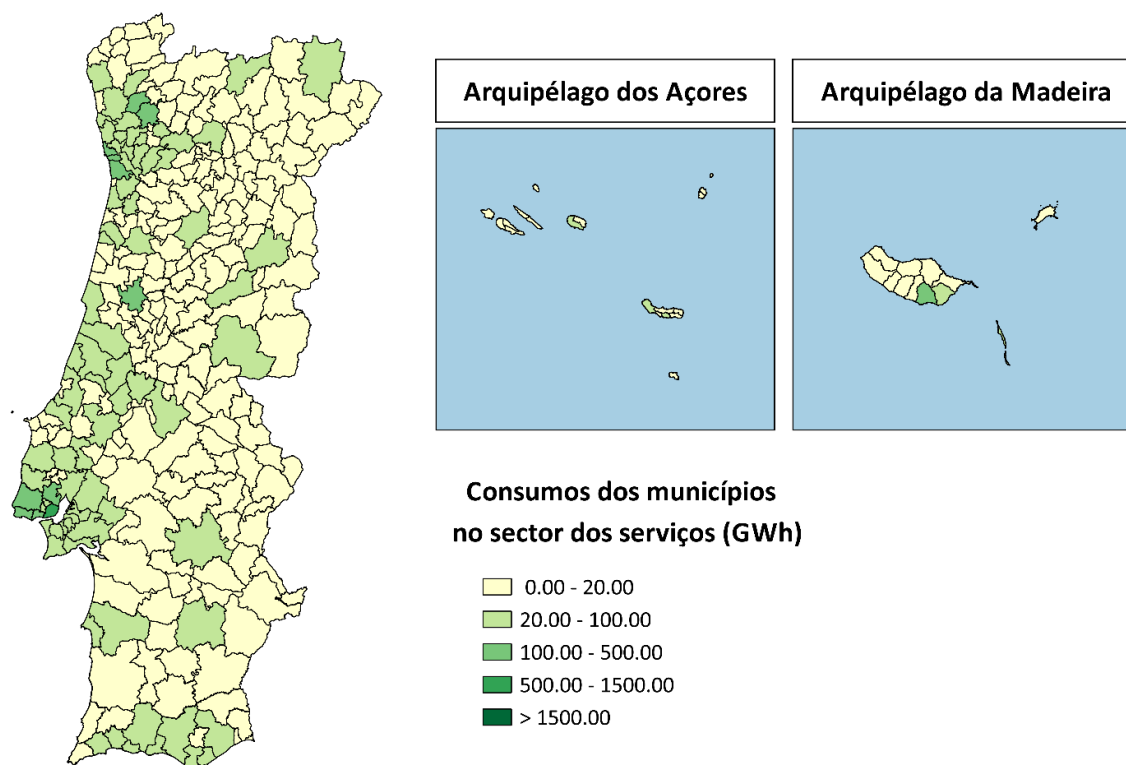
O mapa da figura 8.6, permite observar a concentração dos consumos industriais de calor e frio por município, atendendo à distribuição efetuada com os rácios apresentados na Tabela 3.

#### 8.4 Mapeamento do Setor dos Serviços

Tal como no setor da Indústria, o setor dos Serviços está diretamente relacionado com a densidade populacional. Assim, pode observar-se que os principais consumos no setor dos Serviços ocorrem nos municípios onde o tecido urbano e a densidade populacional são maiores, localizando-se, mais uma vez, na zona litoral de Portugal. Os Municípios de Lisboa, Seixal, Porto e Matosinhos apresentam o maior consumo. A nível de Distritos, Lisboa apresenta o maior consumo seguido do Porto, Setúbal, Braga, Santarém e Aveiro. As necessidades de calor neste setor, para efetuar o mapeamento da figura 8.7, foram calculadas segundo os rácios apresentados na Tabela 4.



**Figura 8.7 - Consumo dos municípios no setor dos Serviços (Fonte: DGEG 2014).**



**Figura 8.8- Consumo dos municípios no setor dos Serviços: calor e frio (DGEG 2014).**

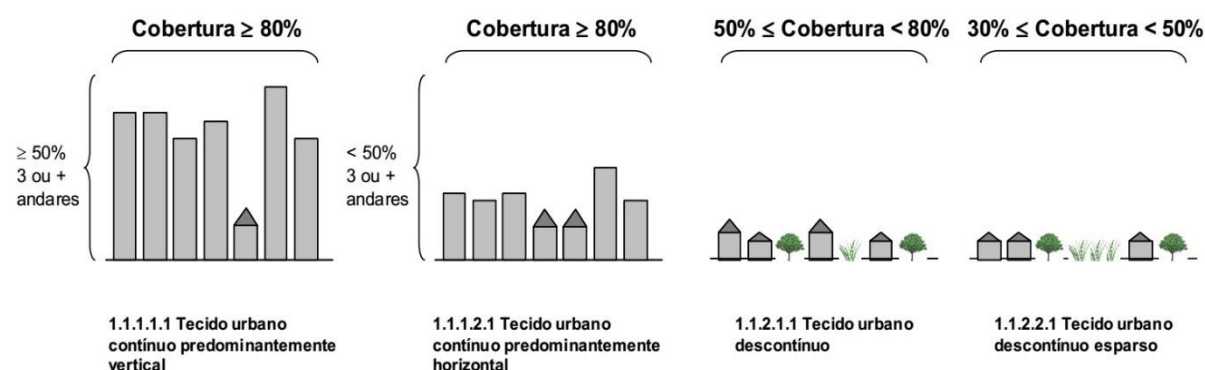
## 8.5 Mapeamento do Setor Residencial

Relativamente ao ponto i) e a municípios e aglomerações urbanas, foi feita uma pesquisa junto das entidades oficiais com responsabilidade relativamente a essa informação, nomeadamente o Instituto Nacional de Estatística (INE) e a Direção Geral do Território (DGT).

No caso do INE, apenas foi possível obter áreas e número de alojamentos, não havendo possibilidade de calcular áreas de ocupação do solo, sendo apenas possível calcular a densidade habitacional (nº de edifícios ou nº de alojamentos por km<sup>2</sup>) a partir dos dados dos Censos 2011, mas sem informação das áreas ocupadas pelos edifícios.

Através da DGT foi possível obter a Carta de Ocupação e Uso do Solo de Portugal Continental para 2007 (COS2007), produzida com base na interpretação visual de imagens aéreas ortorectificadas, de grande resolução espacial. Através da COS2007 foi possível verificar as áreas identificadas como urbanas e nomeadamente confrontá-las com a Carta Administrativa Oficial de Portugal. Contudo, a definição de áreas urbanas não permite determinar com exatidão o “Coeficiente de ocupação do solo”, tal como definido pela diretiva, que deveria corresponder à relação entre a área construída e a área

de terreno num dado território. De facto, as áreas identificadas como urbanas correspondem a todas as áreas impermeabilizadas, incluindo assim arruamentos, e também pequenos jardins associados a habitações. Não existe assim correspondência exata com a “área de construção” definida na diretiva. Ainda assim, parece ser a definição mais próxima, sendo as áreas urbanas a junção de áreas definidas como tecido urbano contínuo e de tecido urbano descontínuo, definidas de acordo com a Figura 8.8.



**Figura 8.8 - Definição de áreas urbanas na COS2007 (Fonte: COS 2007).**

A totalidade das áreas urbanas está representada na Figura 7.6, onde é possível observar a relevância das áreas metropolitanas de Lisboa e Porto e a concentração na região litoral entre elas. No entanto, a simples representação das áreas urbanas não permite identificar as potencialidades em termos de aplicação de micro-cogeração, ou de abastecimento por redes urbanas de calor e frio, sem se perceber os níveis de consumo dessas áreas, tendo como referência os baixos consumos para aquecimento em Portugal e a limitada duração da estação de aquecimento.

Para perceber as necessidades de calor e frio em cada região seria necessário obter estatísticas sobre os consumos distribuídas geograficamente. Contudo, não existe informação que contemple todas as fontes energéticas com um nível de distribuição suficiente, nomeadamente no que diz respeito ao consumo de biomassa, cujo peso no consumo global atinge cerca de 30%, e que terá níveis diferentes de uso, certamente maiores em zonas rurais fora dos círculos urbanos.

De igual forma, não é possível conhecer uma distribuição exata de consumos por uso final, sendo necessário fazer uma estimativa com base em algumas estatísticas conhecidas de distribuição média, em inquéritos ao consumo realizados a nível nacional (INE/DGEG 2011) ou em questões incluídas nos censos.

Tal como indicado no capítulo 3, foram formuladas quatro hipóteses para estimar os consumos na menor unidade administrativa possível, a freguesia, com o objetivo último de obter consumos para aquecimento ambiente, aquecimento de água e arrefecimento:

- i. Simples aplicação dos consumos médios por alojamento à distribuição dos alojamentos de residência habitual por freguesia, obtidos a partir dos Censos, com base nas estimativas do INE para 2014.
- ii. Usar valores de consumo ou vendas por concelho para uso doméstico para todas as fontes energéticas, com exceção da biomassa, estimando uma distribuição desse consumo pelas freguesias de forma proporcional ao número de alojamentos ocupados por freguesia).
- iii. Distribuir a estimativa de consumo total de cada fonte energética atribuída ao aquecimento ambiente, pelas freguesias, proporcionalmente ao número de alojamentos com um sistema de aquecimento principal correspondente em cada freguesia.
- iv. Usar as estatísticas de alojamentos com ar condicionado para estimar um consumo por freguesia para arrefecimento, distribuindo o consumo total para arrefecimento ambiente, proporcionalmente ao número de alojamentos com ar condicionado em cada freguesia.

Os resultados das hipóteses i e ii relativamente à distribuição do consumo total estão representadas na Figura 8.9 e na Figura 8.10, sendo possível observar que a distribuição segundo a hipótese i, que usa simplesmente a distribuição dos alojamentos no País, corresponde a uma representação muito razoável da distribuição dos consumos globais do setor residencial, apenas se observando na distribuição mais aproximada, alguma perda de significado de algumas regiões no interior do país.

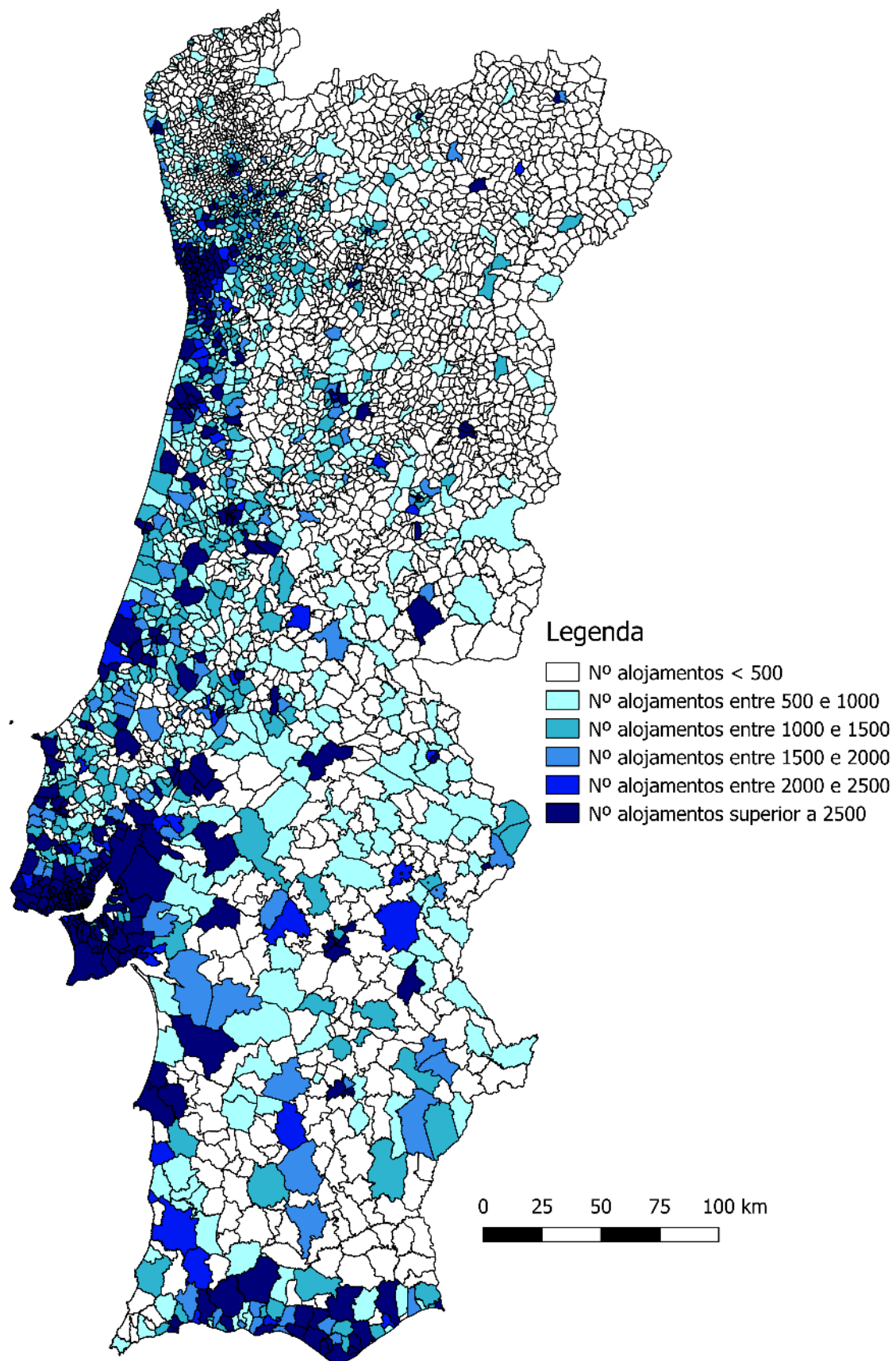
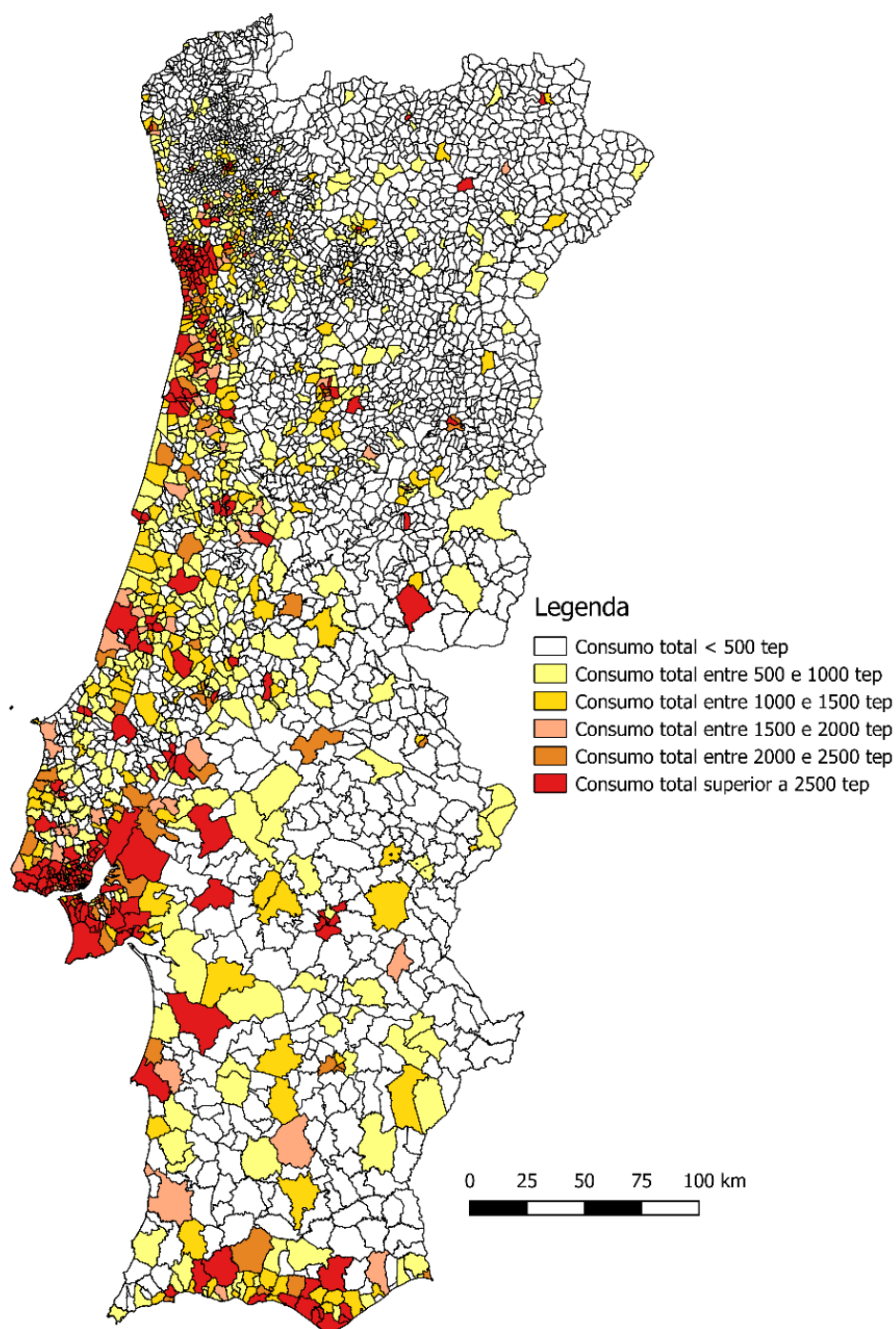


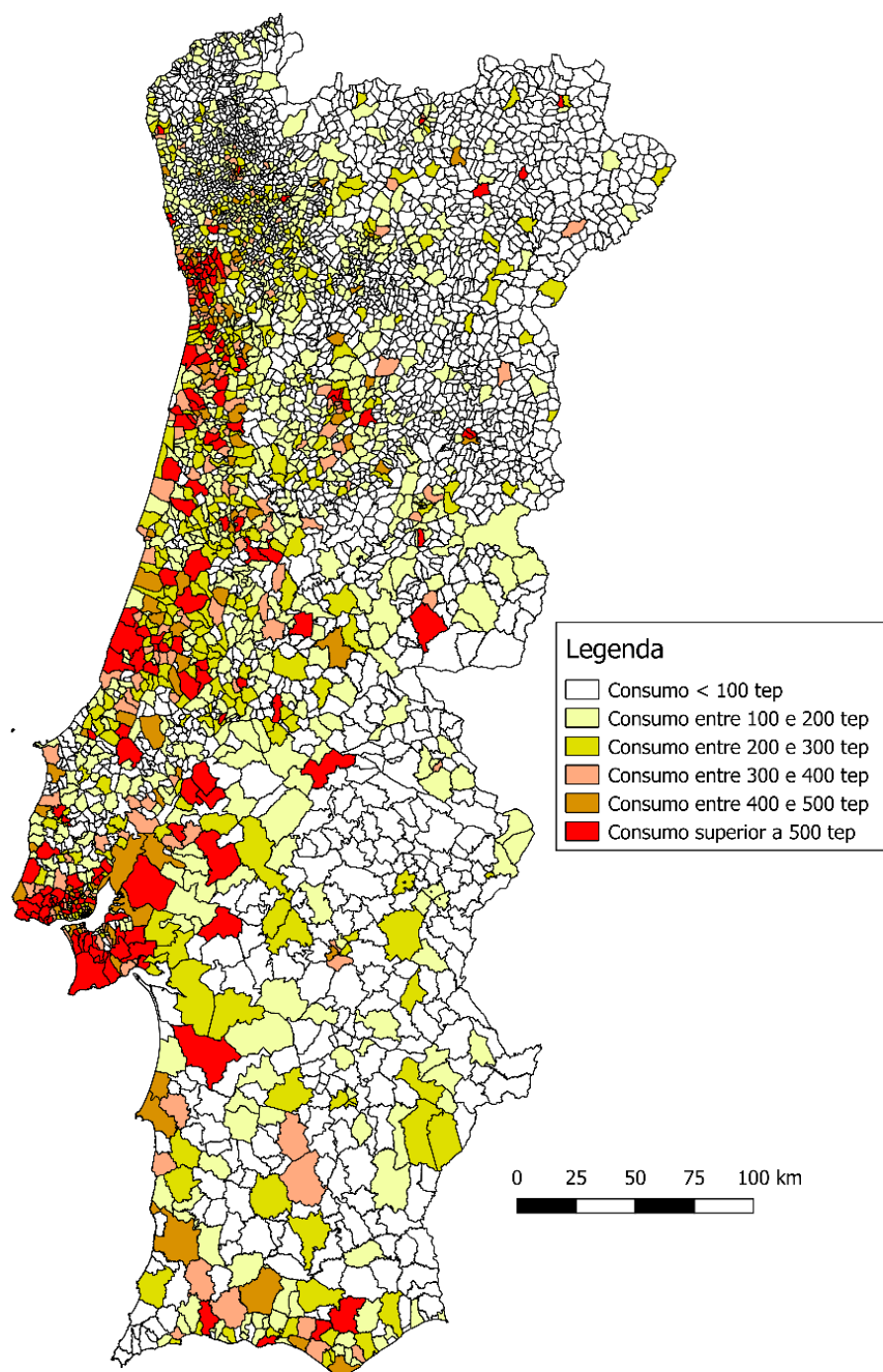
Figura 8.9 - Distribuição dos alojamentos por freguesia.





**Figura 8.10 - Distribuição dos consumos anuais totais do setor Residencial por freguesia, usando estatísticas de consumo reais, com distribuição estimada dos consumos de biomassa de acordo com a hipótese ii**

A representação da hipótese ii, correspondendo a uma distribuição dos consumos de aquecimento com base nas estatísticas relacionadas com os sistemas de aquecimento, resultou no mapa visualizado na Figura 8.11, com uma grande semelhança com as anteriores, não obstante as diferenças climáticas significativas, demonstrando claramente que a concentração populacional no litoral compensa claramente uma maior necessidade de calor para aquecimento em localidades do interior.

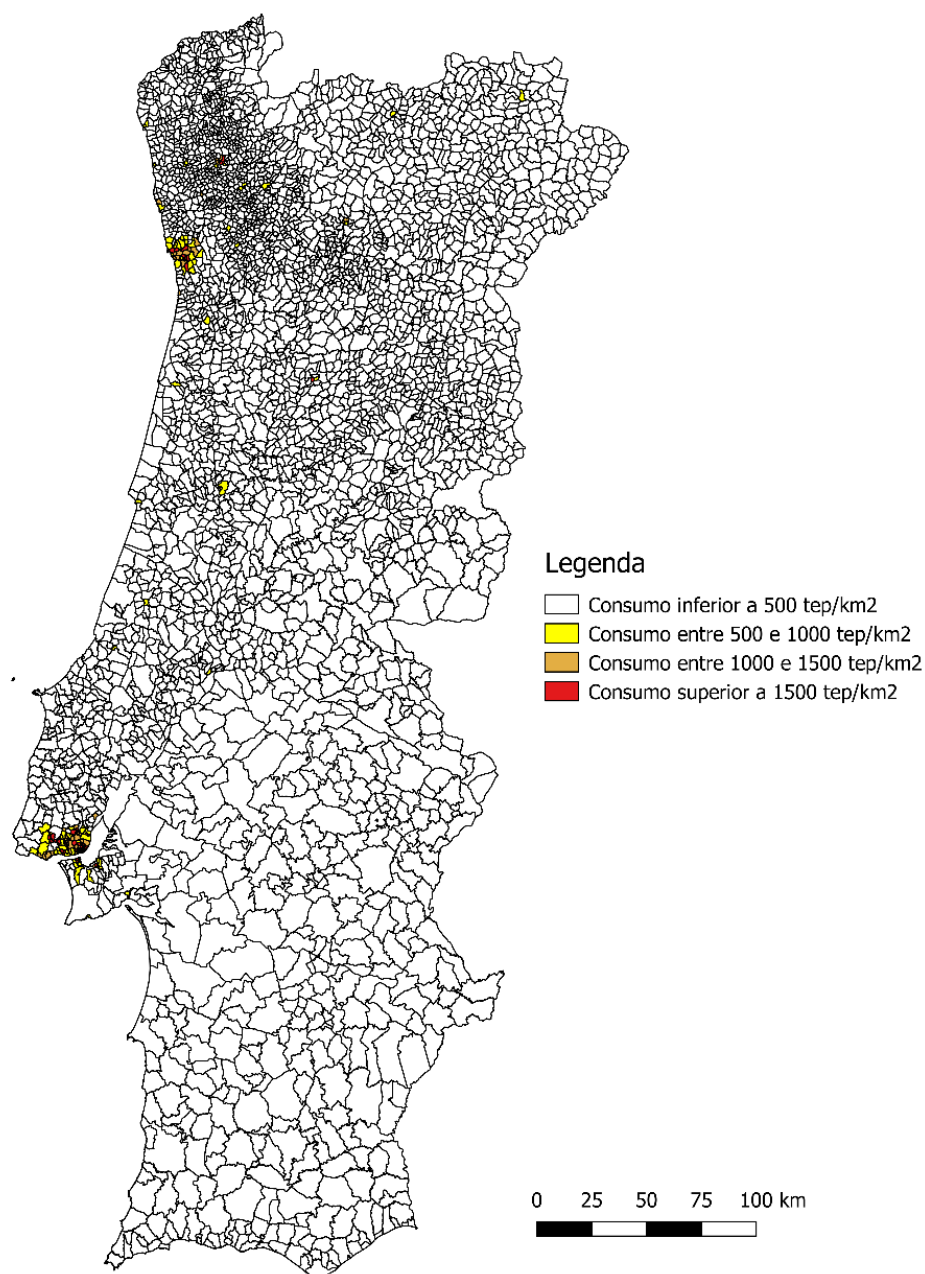


**Figura 8.11 - Distribuição do consumo anual para aquecimento de acordo com hipótese iii**

A distribuição dos consumos totais por  $\text{km}^2$  de área ao nível das freguesias, segundo a hipótese ii mostra ainda mais o significado das áreas urbanas, tornando muito notório o carácter esparsa do consumo na maior parte do território nacional, como é visível na Figura 8.12. De facto, o consumo total ao nível das freguesias fica abaixo dos  $500 \text{ tep/km}^2$  na quase totalidade do país, com exceção quase só das cidades de Lisboa e Porto e de algumas outras freguesias, com particular destaque para Braga. Ao nível do aquecimento, a situação é ainda mais notória, com a maior parte do território a consumir



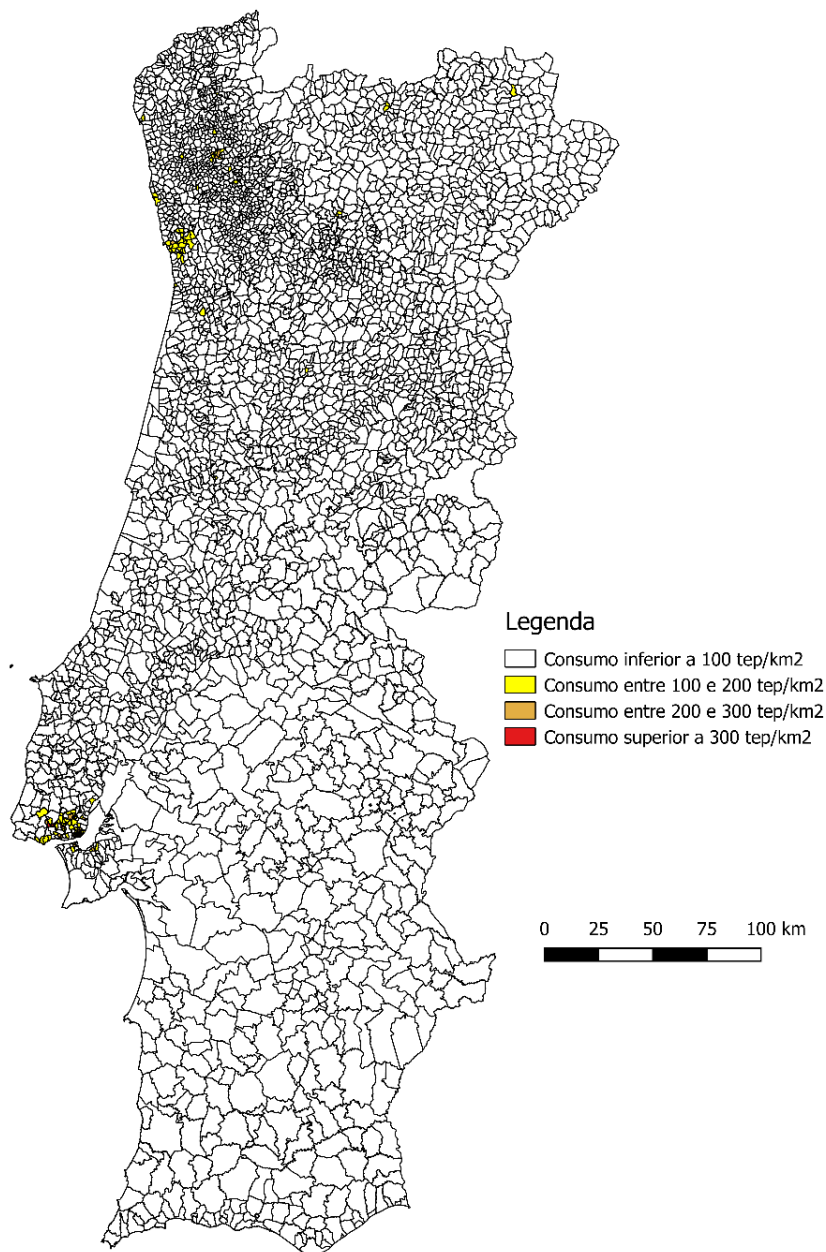
menos de 100 tep/km<sup>2</sup>, com exceção de algumas freguesias, maioritariamente em Lisboa e Porto com consumos entre 100 e 200 tep/km<sup>2</sup> (Figura 8.12).



**Figura 8.12 - Estimativa da densidade de consumo anual por freguesia, em tep/km<sup>2</sup>, com base na abordagem ii.**

De notar que esta estimativa peca por defeito no que diz respeito a avaliar a densidade de consumo em localidades de dimensão inferior à freguesia. Contudo, e atendendo que nas cidades existem quase sempre freguesias maioritariamente urbanas, a quase inexistência de freguesias com densidades com

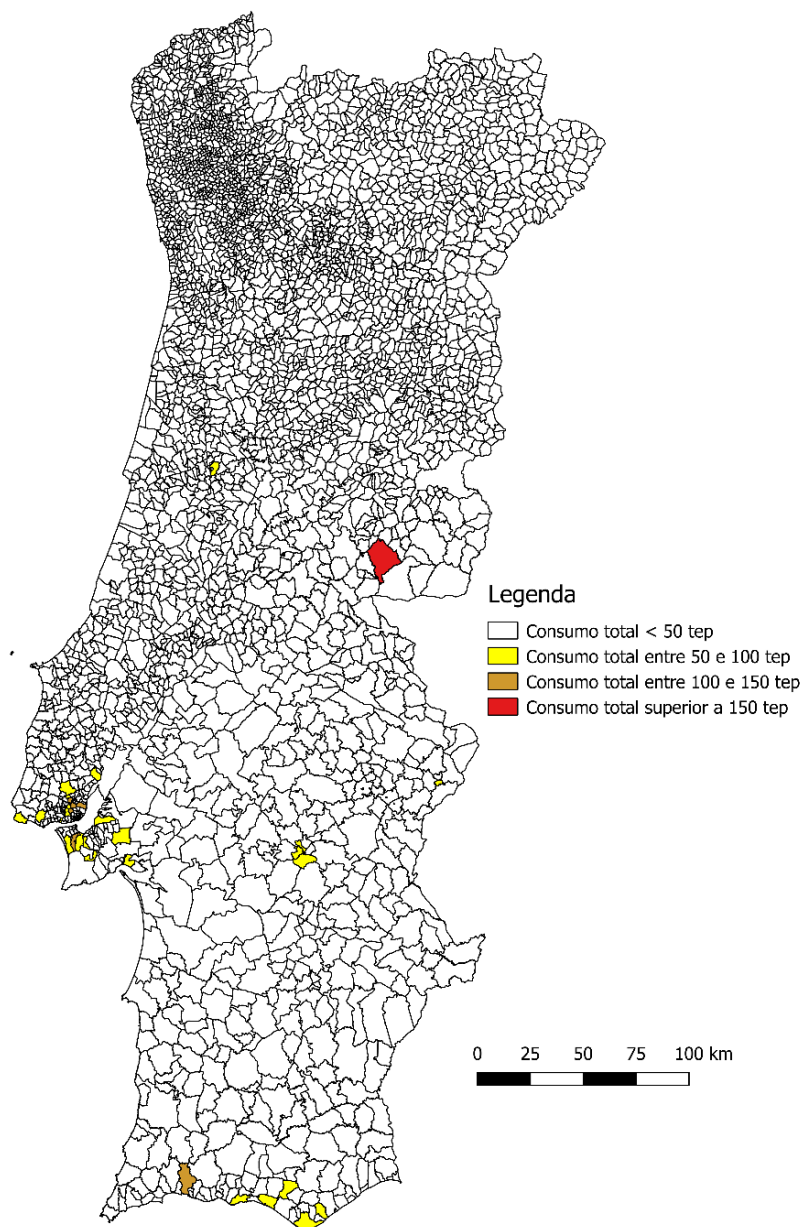
significado fora dos grandes centros urbanos de Lisboa e Porto, permite acomodar essa incerteza com alguma tranquilidade.



**Figura 8.13 - Estimativa da densidade de consumo anual para aquecimento por freguesia, em tep/km<sup>2</sup>, com base na abordagem iii**

Os consumos para arrefecimento são em geral ainda muito reduzidos, como já havia sido identificado através da distribuição dos consumos globais para o setor residencial. A sua distribuição, com base nas estatísticas sobre alojamentos com ar condicionado, resulta na estimativa de distribuição espacial visível na Figura 8.14. De salientar a elevada proporção de alojamentos com ar condicionado na

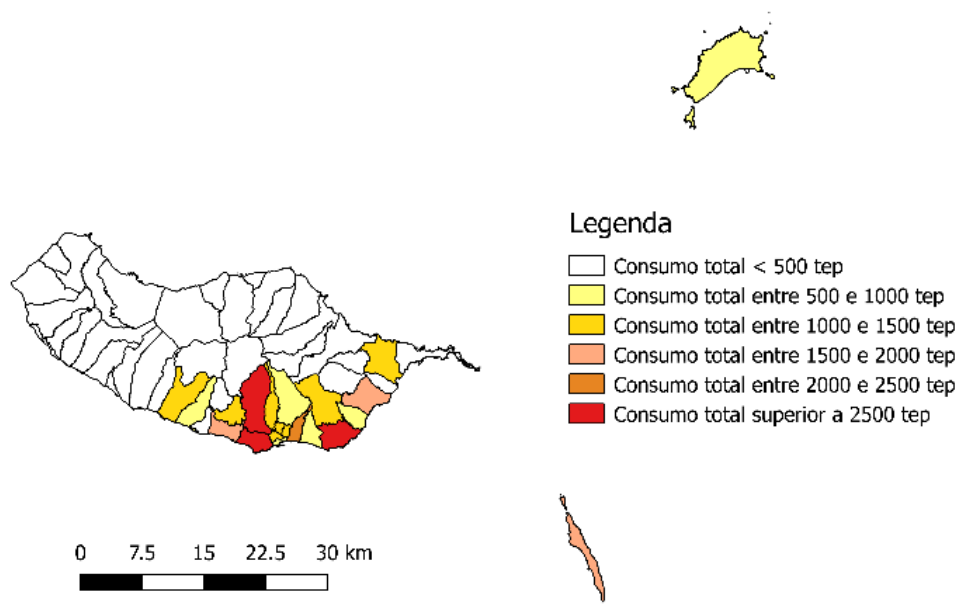
freguesia de Castelo Branco, concelho de Castelo Branco, que no mapa parece indicar um significado maior do que o real devido à dimensão geográfica da freguesia. Na realidade, a densidade de consumo resultante é inferior a 10 tep/km<sup>2</sup> em quase todo o território, com exceção de algumas freguesias de Lisboa.



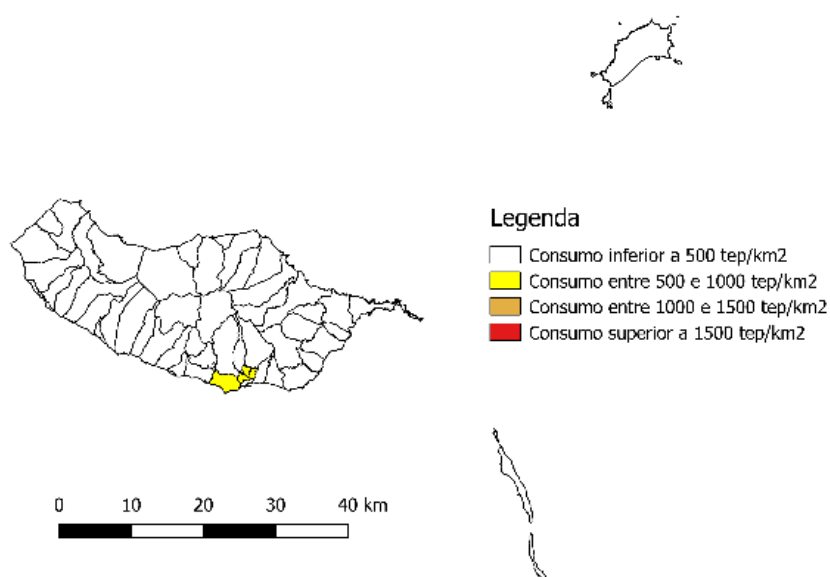
**Figura 8.14 - Distribuição do consumo para arrefecimento segundo os alojamentos com ar condicionado**

Relativamente às Regiões Autónomas, na Madeira regista-se um consumo total com significado na costa sul, com particular ênfase no Funchal, que corresponde de resto à única área com densidade de

consumo um pouco superior a 100 tep/km<sup>2</sup>, como ilustra a Figura 8.15<sup>6</sup>. Já relativamente aos Açores, apenas algumas áreas de Ponta Delgada em S. Miguel e de Angra do Heroísmo na ilha Terceira apresentam uma densidade superior a 100 tep/km<sup>2</sup> (Figura 8.16).



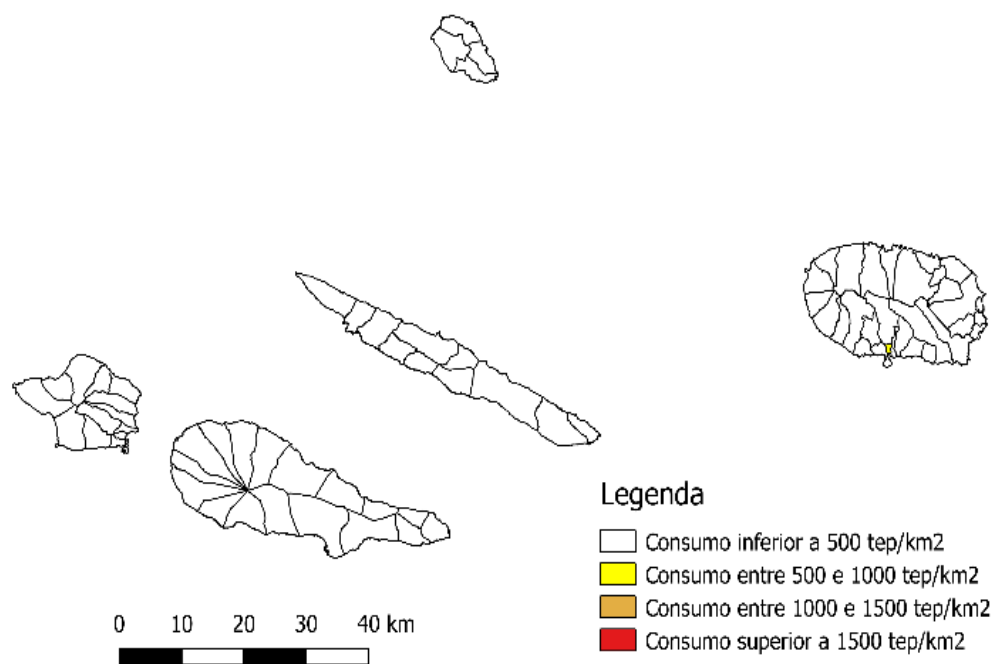
a) Consumo total



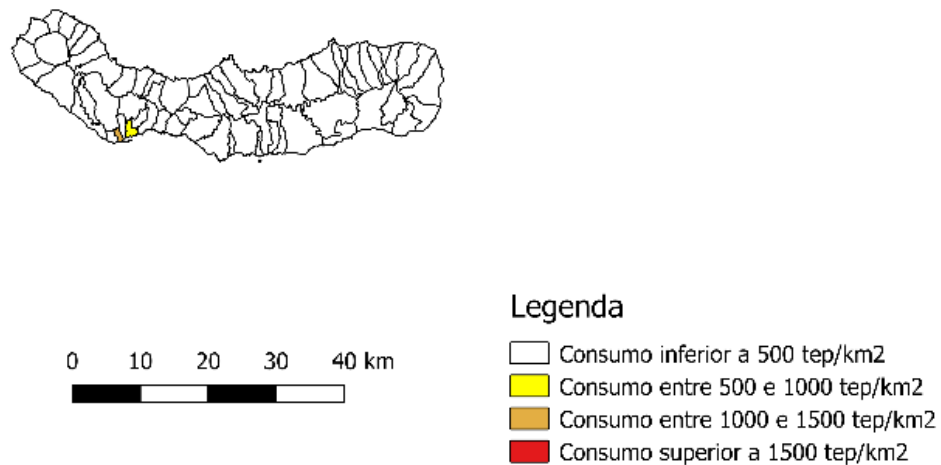
b) Densidade de consumo

**Figura 8.15 - Consumo de Energia Anual no Setor Residencial e RA da Madeira (Fonte: DGEG)**

<sup>6</sup> Nota: A representação do consumo por freguesia no mapa resulta numa aparente atribuição de consumo às ilhas desertas, apenas por estas estarem administrativamente associadas à freguesia de Sta Cruz, concelho de Sta Cruz. Na realidade, apenas uma das ilhas desertas terá habitantes durante o verão, pelo que o consumo será nulo ou desprezável.



a) Grupo Central



b) Grupo Oriental

**Figura 8.16 - Densidade de Consumo na RA dos Açores (Fonte: DGEG)**

## 9 Identificação da Cogeração de Elevada Eficiência e do Potencial Criado Desde o Estudo Anterior

A cogeração foi utilizada pela primeira vez em Portugal nos anos 40 no setor industrial, com a instalação de turbinas de contrapressão. Até 1990 a taxa de penetração da cogeração no mercado foi reduzida, sendo nos anos 90 instalados cerca de 530 MWe em diversos subsectores da Indústria.

A definição das condições para a interligação das centrais de cogeração com a rede elétrica nacional, e também os princípios remunerativos para venda do excedente de energia, ocorreu em 1988, com o objetivo do Governo Português em promover a autoprodução de eletricidade. No final de 2014 a potência instalada era de cerca de 1759 MWe com um rendimento global de 79%.

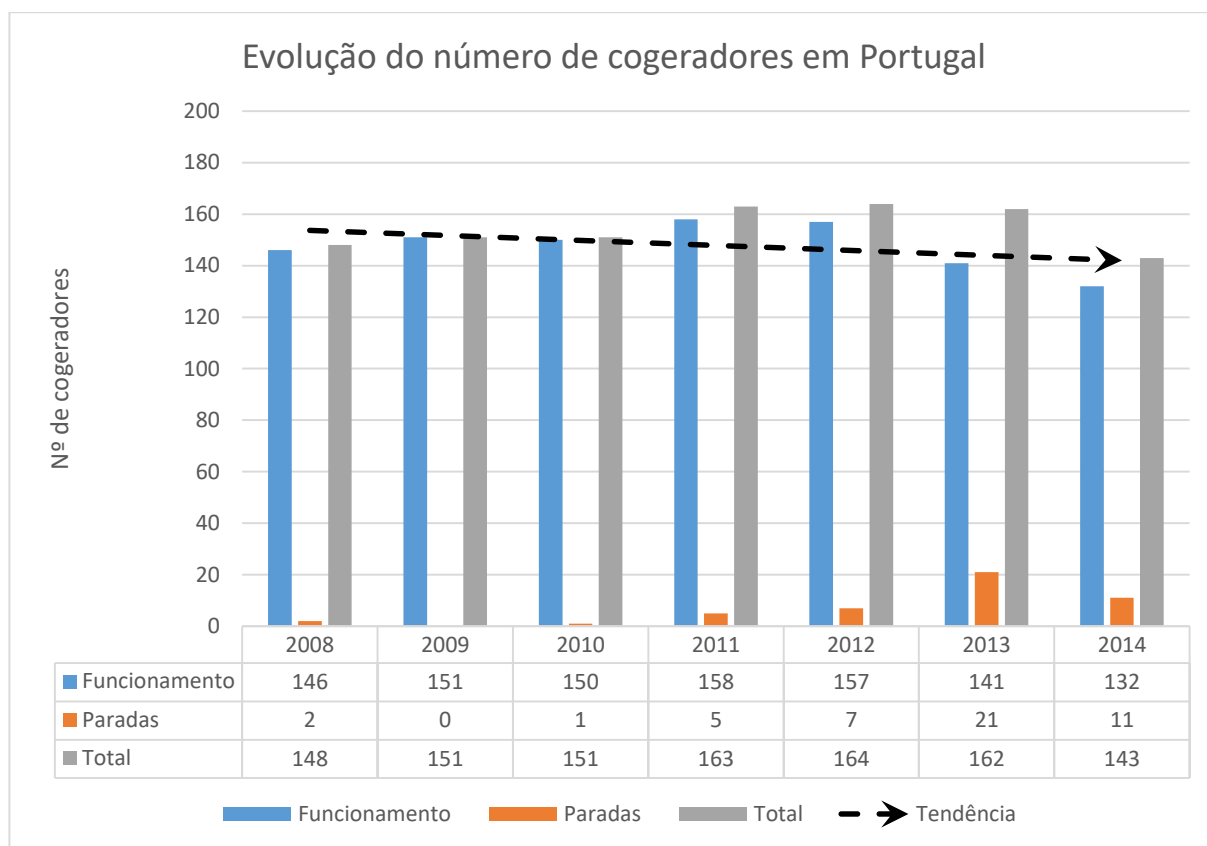
Em 1997, a introdução do GN em Portugal trouxe novas possibilidades e um novo fôlego à cogeração. Foram lançados vários novos projetos utilizando motores de ciclo de Otto e turbinas a gás e foram também melhoradas antigas instalações de forma a aumentar a sua eficiência e reduzir as emissões poluentes. Nos últimos 10 anos, grande parte dos motores a diesel foi substituída ou convertida em gás natural.

### 9.1 Evolução do Número de Centrais de Cogeração no Período 2008-2014

O estudo anterior procurava dar a conhecer a situação em 2008 e projetava qual seria o potencial técnico e económico da cogeração de elevada eficiência em Portugal até 2020.

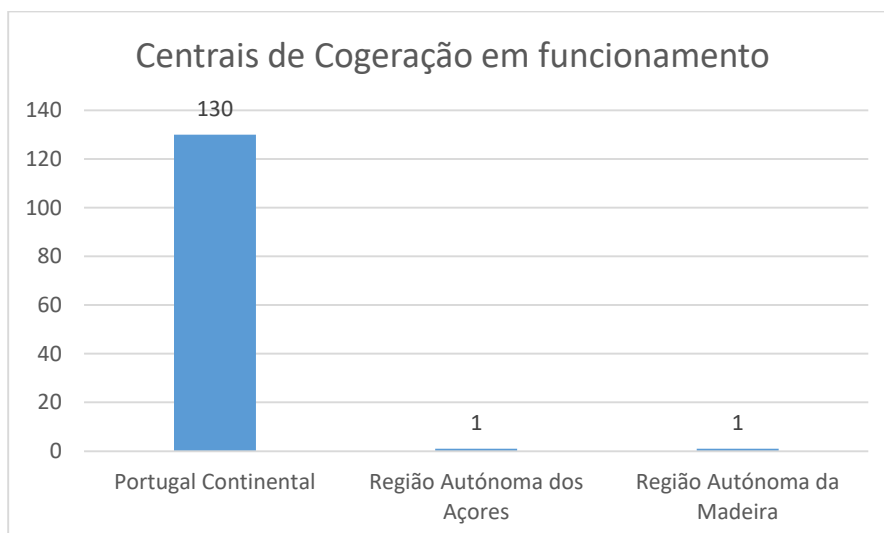
Os dados tratados que são apresentados de seguida são baseados na informação fornecida pela DGEG e correspondem ao período entre 2008 e 2014. Na Figura 9.1 é apresentado o número de centrais de cogeração, entre 2008 e 2014, o seu estado (em funcionamento ou paradas), assim como o total das duas parcelas. Na Figura 9.1 foi inserida uma linha de tendência para as centrais em funcionamento que demonstra a evolução deste tipo de instalações.

Da análise da Figura 9.1 verifica-se que o número total de centrais de cogeração em funcionamento cresceu até 2011 e partir daí sofre um decréscimo até 2014. Relativamente ao número de centrais paradas este número cresce a partir de 2010 e tem o seu valor máximo em 2013, decrescendo a partir deste ponto de forma menos acentuada.



**Figura 9.1 – Número de centrais de cogeração de acordo com a divisão NUT I (Fonte: DGEG)**

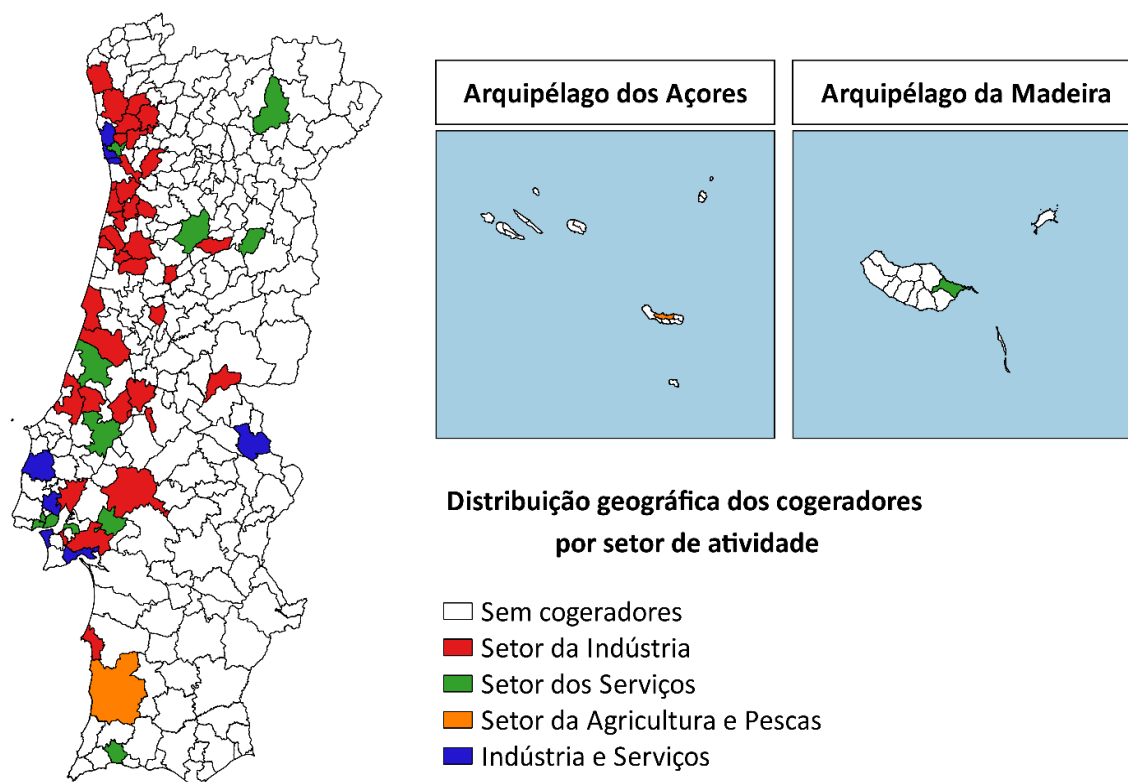
A distribuição das centrais de cogeração pelo Continente e pelas Regiões Autónomas é apresentada na Figura 9.2. Esta figura mostra que a cogeração está maioritariamente implantada no Continente e distribuída um pouco por todo o País como já é mostrado no mapeamento efetuado anteriormente.



**Figura 9.2 – Localização das centrais de cogeração, em 2014, de acordo com a divisão NUT I (Fonte: DGEG 2014)**

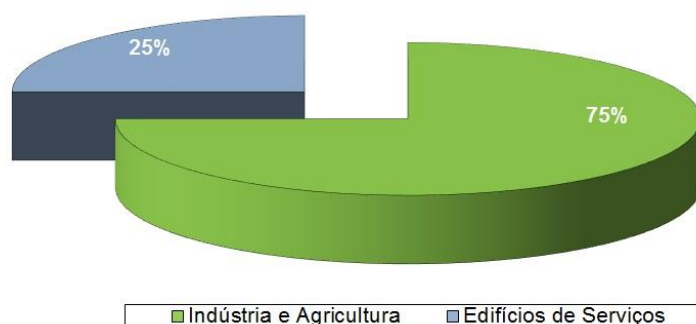


Na Figura 9.3 apresenta-se uma desagregação em termos percentuais dos cogeneradores ativos em 2014 por setor de atividade. Os cogeneradores foram mapeados consoante o seu setor de atividade, mas em Municípios onde existem vários cogeneradores a laborar quer na Indústria, quer nos Serviços, foram englobados numa nova categoria denominada “Indústria e Serviços”.



**Figura 9.3 – Distribuição geográfica dos cogeneradores ativos (Fonte: DGEG 2014)**

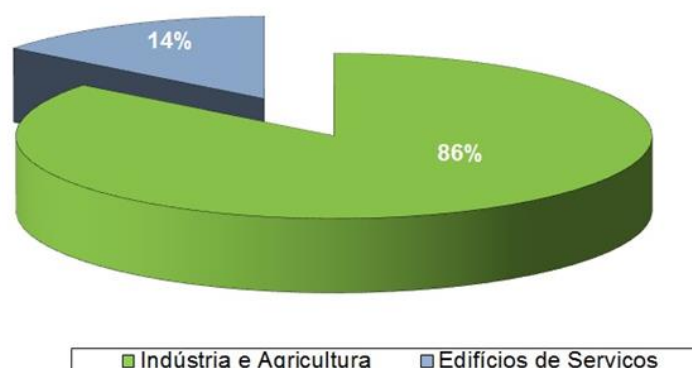
Na Figura 9.4 apresenta-se uma desagregação das novas centrais de cogeração por setor de atividade no período 2008-2014.



**Figura 9.4 - Desagregação (percentagem do número de instalações) das novas centrais de cogeração por setor de atividade no período 2008-2014 (Fonte: DGEG)**



A Figura 9.5 apresenta uma desagregação do número (percentagem do número de instalações) de centrais de cogeração existentes por setor de atividade no ano de 2014.



**Figura 9.5 - Desagregação do número de centrais de cogeração por setor de atividade (Fonte: DGEG 2014).**

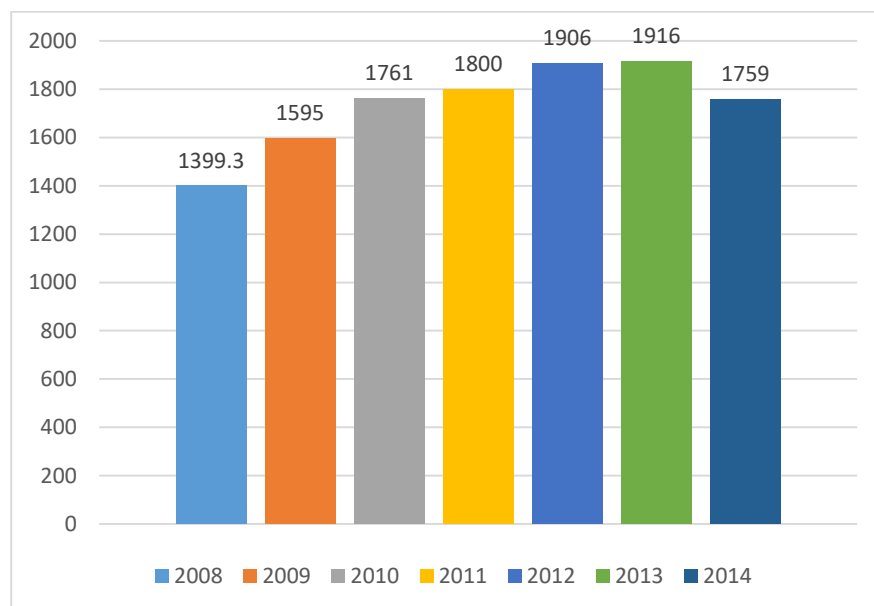
A análise destas figuras (Figura 9.3 e Figura 9.5) permite concluir que entre 2008 e 2014 aumentou em termos relativos o número de centrais de cogeração no setor dos “Edifícios de Serviços”. Esta conclusão é reforçada pelas centrais que encerraram (40 na “Indústria e Agricultura” *versus* 4 nos “Edifícios de Serviços”) e pelas que entraram em funcionamento (27 na “Indústria e Agricultura” *versus* 9 nos “Edifícios de Serviços”). De referir que destas 9 centrais de cogeração que entraram em funcionamento no setor dos “Edifícios de Serviços”, 8 correspondem a estabelecimentos de saúde com internamento (hospitais).

Em 2008, num total de 148 centrais de cogeração, havia 133 centrais na “Indústria e Agricultura” e 15 nos “Edifícios de Serviços”; em 2014 a distribuição era de 123 centrais de cogeração na “Indústria e Agricultura” e 20 nos “Edifícios de Serviços”, totalizando 143 centrais de cogeração. Em termos percentuais o número de centrais de cogeração na “Indústria e Agricultura” diminuiu cerca de 8% e aumentou cerca de 33% nos “Edifícios de Serviços”.

Dada a legislação em vigor, as novas centrais de cogeração que entraram em funcionamento no período 2008 a 2014, foram consideradas como sendo de elevada eficiência, concretizando assim parcialmente o potencial identificado em 2008. Estas novas cogerações distribuem-se por todo o território de Portugal Continental (embora maioritariamente a Sul e a Norte, e em menor número a Centro). A maioria das centrais de cogeração que encerraram localizavam-se principalmente a Norte. De referir que só no ano de 2014 encerraram 17 centrais de cogeração, sendo 16 no setor da “Indústria e Agricultura”.

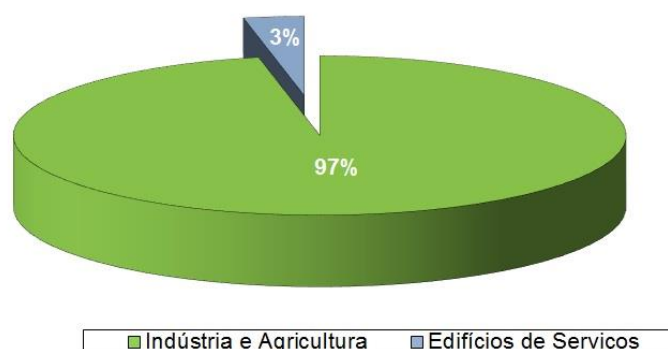
## 9.2 Evolução da Potência Elétrica das Centrais de Cogeração no Período 2008-2014

Na Figura 9.1 é apresentada a evolução da potência elétrica das centrais de cogeração, entre 2008 e 2014. De notar que a diminuição verificada na potência elétrica instalada se deve ao encerramento, por fim de vida, de algumas centrais mais antigas, nomeadamente algumas a fuelóleo, cuja viabilidade diminuiu significativamente.

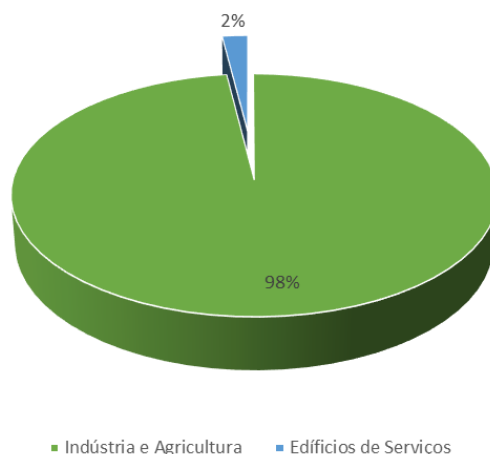


**Figura 9.6 - Evolução da potência elétrica, em MW, das centrais de cogeração entre 2008 e 2014**  
(Fonte: DGEG 2014)

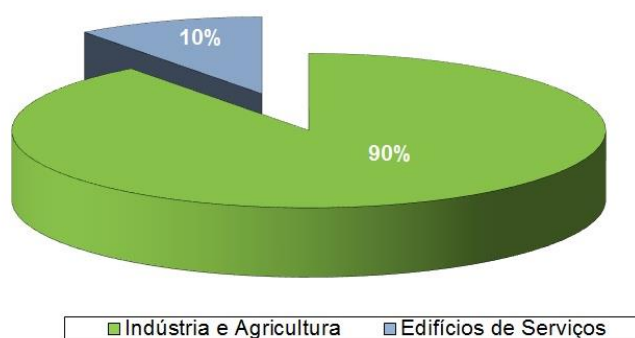
Nas Figuras 9.7 e 9.8 são apresentadas as distribuições em termos percentuais pelos dois grandes “setores” estudados: “Indústria e Agricultura” e “Edifícios de Serviços”.



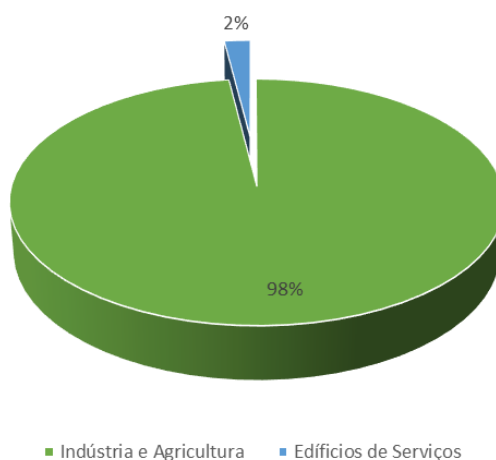
**Figura 9.7 – Desagregação das potências elétricas das centrais de cogeração por setor de atividade**  
(Fonte: DGEG 2008).



**Figura 9.8 - Desagregação das potências elétricas das centrais de cogeração que encerraram por setor de atividade no período 2008-2014 (Fonte: DGEG).**



**Figura 9.9 - Desagregação das potências elétricas das novas centrais de cogeração por setor de atividade no período 2008-2014 (Fonte: DGEG).**



**Figura 9.10– Desagregação das potências elétricas das centrais de cogeração por setor de atividade em 2014 (Fonte: DGEG).**

Na Tabela 6 são apresentadas as potências instaladas (elétricas e térmicas) das centrais de cogeração em cada um dos setores de atividade, para o período 2008-2014.

**Tabela 5 - Potências elétricas e térmicas das centrais de cogeração analisadas no período 2008-2014**

(Fonte: DGEG)

Ano	Potência Instalada (MW)	Potência Térmica (MW)	Setor	Potência Instalada (MW)	Potência Térmica (MW)
2008	1399	5462,0	Indústria e Agricultura	1355	5413,1
			Edifícios de Serviços	45	48,8
Encerradas	226	583	Indústria e Agricultura	217	576,3
			Edifícios de Serviços	12	6,7
Novas	261	294,9	Indústria e Agricultura	233,8	277,5
			Edifícios de Serviços	27,2	17,4
2014	1759	4631	Indústria e Agricultura	1726	4589
			Edifícios de Serviços	33	42,1

A análise das Figuras 9.7 até à Figura 9.10 e da Tabela 6 permite concluir que entre 2008 e 2014 aumentou a potência elétrica instalada nas centrais de cogeração no setor da “Indústria e Agricultura” (logo o seu peso relativo aumentou) e diminuiu no setor dos “Edifícios de Serviços”. Esta conclusão é reforçada pela potência das centrais que encerraram e pela potência das novas centrais que entraram em funcionamento. Globalmente, a potência elétrica instalada em cogeração aumentou de 2008 para 2014. Em 2008 havia 1399 MWe instalados em centrais de cogeração; em 2014 há mais cerca de 360 MWe instalados (corresponde a um aumento de cerca de 25,7%). Em termos percentuais a potência elétrica instalada em centrais de cogeração na “Indústria e Agricultura” aumentou cerca de 27,4% e diminuiu cerca de 26% nos “Edifícios de Serviços”. Comparando globalmente 2008 e 2014 houve um reforço da percentagem da “Indústria e Agricultura” com mais cerca de 2% que o valor inicial. Em termos absolutos, houve um grande aumento da potência elétrica instalada em 2014 face a 2008, devido a várias centrais terem sofrido intervenções.

Como era expectável as percentagens em termos de número de centrais de cogeração nos dois grandes “setores” estudados são agora muito diferentes das percentagens em potências dessas mesmas centrais, em especial porque as centrais do setor “Edifícios de Serviços” são em geral de muito menor dimensão do que as construídas na “Indústria e Agricultura”.

O potencial económico identificado no relatório anterior (correspondente a 60% do potencial técnico identificado) foi o descrito na Tabela 6. Comparando estes valores com os das potências elétricas atualmente instalados em cogeração, verifica-se que se está aquém de concretizar o potencial de

cogeração de elevada eficiência. A título de exemplo, basta comparar o valor (mesmo no cenário pessimista) da potência elétrica instalada em centrais de cogeração indicado na Tabela 7, de 1862 MWe - com o valor constante da Tabela 6, de 1759 MWe (dados atuais da DGEG).

**Tabela 6 - Potencial económico da cogeração de elevada eficiência em 2010, 2015 e 2020, de acordo com DGEG (2010)**

Ano	Cenário Otimista (MWe)	Cenário Pessimista (MWe)
2010	1750	1697
2015	2065	1862
2020	2320	1979

Uma possível explicação para o potencial da cogeração de elevada eficiência identificado anteriormente ter ficado muito aquém do esperado pode decorrer da crise económica que o país atravessou, sobretudo a partir de 2010, que levou à não realização de investimentos nesta área, assim como a redução dos incentivos a partir de 2011.

### 9.3 Redes de aquecimento e arrefecimento urbano, e trigeração

Em Portugal, de acordo com os dados fornecidos pela DGEG, para 185 instalações de cogeração analisadas no período de 2008 a 2015 (148 existentes em 2008 mais as 37 novas que entraram em operação entre 2008 e 2015), foi possível identificar quatro sistemas de cogeração que correspondem a redes de distribuição de calor e de frio.

A principal central identificada alimenta a zona do Parque das Nações em Lisboa. Além de edifícios residenciais, esta rede alimenta edifícios de serviços (hotéis e escritórios, entre outros). Esta central possui uma potência elétrica instalada de cerca de 5 MWe. Uma outra central na Maia produz frio e calor mas numa rede interna do mesmo edifício (esta instalação foi, de acordo com o CAE associado, classificada como “Indústria e Agricultura”). Há duas outras centrais (uma em Oeiras e outra na Região Autónoma da Madeira) que fornecem produtos térmicos (vapor, água quente e fria) a parques de negócios/Industriais. Também estas duas centrais foram classificadas, de acordo com o CAE associado, como pertencendo ao setor da “Indústria e Agricultura”.

Os sistemas de cogeração anteriormente mencionados correspondem efetivamente a uma trigeração (produção combinada de calor, frio por absorção e eletricidade). Além destes sistemas de trigeração foi ainda apurado que existem mais dois sistemas destes em edifícios (um em Loures e outro em Oeiras), embora um deles (o de Loures) tenha sido classificado como “Indústria e Agricultura”, uma vez que o CAE associado a essa instalação induziu a essa mesma classificação. No entanto, sabe-se que

a função deste sistema de cogeração (associado a um chiller de absorção) é fornecer o aquecimento e o arrefecimento ambiente de um edifício de escritórios (serviços).

A referência (Telmo Rocha, 2016) permitiu ainda identificar que há mais 3 sistemas de trigeração em edifícios em Portugal. De acordo com esta fonte estão todos instalados em unidades hospitalares.

## **9.4 Identificação do potencial técnico da cogeração de elevada eficiência em Portugal**

### **9.4.1 Definições e pressupostos – Potencial de cogeração e consumo de energia térmica**

A necessidade de garantir uma poupança mínima de energia primária para definir uma unidade de cogeração como de elevada eficiência impõe um uso mínimo do calor gerado pela unidade. Nesse sentido, o dimensionamento das unidades deve ser feito com base nas necessidades térmicas que poderão ser satisfeitas, no todo ou em parte, pelo calor aproveitado a partir do calor residual da unidade. Entendeu-se assim como fundamental usar os consumos de energia térmica como referência para a determinação de um potencial técnico de cogeração, nomeadamente os consumos setoriais indicados nos balanços energéticos nacionais, excluindo consumos de combustíveis específicos para o setor dos Transportes e produtos petrolíferos não energéticos.

Os consumos de cada setor vão originar um potencial por setor, com base em percentagens de substituição que têm em consideração características específicas do setor, tais como o uso de energia em cozinhas ou outros fins que não podem ser abastecidos diretamente por uma forma de energia térmica como água quente ou vapor.

O consumo de energia no setor dos Serviços em Portugal é dominado pela eletricidade (73% do total), representando o consumo de energia térmica apenas cerca de 19%, do qual uma parte consistirá em usos não passíveis de substituição, como cozinhas. As razões para estas discrepâncias são várias. Por um lado, o inverno razoavelmente ameno das regiões onde reside a grande maioria da população e que concentram a maioria dos edifícios de serviços, não impõe grandes necessidades de consumos para aquecimento. Por outro lado, os edifícios de serviços têm normalmente um número muito significativo de equipamentos que contribuem eles próprios com significativos ganhos internos. Estes dois fatores contribuem também para o uso significativo de equipamentos elétricos de climatização, mesmo para a produção de calor, quer pela pouca viabilidade de sistemas alternativos, quer devido também ao reduzido número de horas em que o aquecimento é necessário, assim como pelo uso de equipamentos de elevado rendimento que servem igualmente para a produção de frio (equipamentos de climatização reversíveis). Finalmente, as explicações já adiantadas para as reduzidas necessidades de calor aumentam as necessidades de arrefecimento nestes edifícios, contribuindo assim para

aumentar o consumo de eletricidade, já de si elevado devido aos inúmeros equipamentos elétricos que atualmente dominam estes espaços

Neste sentido, o uso de sistemas clássicos de cogeração, entendidos como sistemas de produção exclusiva de calor e eletricidade, apresenta viabilidade limitada a não ser em casos em que a utilização de calor em quantidade significativa se prolonga de facto ao longo do ano, caso de piscinas e de hospitais, embora no primeiro caso seja de considerar a potencial vantagem em contemplar o aquecimento com recurso a energia solar.

Em alternativa, a produção de frio com base no calor residual da unidade de produção de energia elétrica poderia afigurar-se como a solução para este problema, permitindo viabilizar as unidades de cogeração ao assegurar o uso de calor por um tempo suficiente para que as poupanças geradas justifiquem o investimento. Contudo, é necessário confrontar essa possibilidade com a alternativa de usar simplesmente a eletricidade num bom equipamento de produção de frio por compressão, dada a grande diferença existente entre coeficientes de desempenho, caso contrário não é garantida a desejável existência de poupanças em energia primária que justifiquem qualquer tipo de apoio a estes sistemas.

A produção de frio a partir de calor residual pode usar um de dois sistemas base, absorção ou adsorção. Em qualquer um dos casos, os melhores sistemas atualmente existentes apresentam variantes com diferentes requisitos em termos das características dos fluidos térmicos à entrada, sendo apresentados coeficientes de desempenho (energia frigorífica à saída sobre energia térmica à entrada) de 0,71 para equipamentos (chillers) de efeito simples, que requerem apenas água quente à entrada, e 1,37 para equipamentos de efeito duplo, mas que já requerem vapor à entrada. Por este motivo, os equipamentos do último tipo só são adequados para queima direta de combustível ou acoplamento a turbinas, não sendo indicados para acoplamento aos motores de combustão de pequena dimensão dos sistemas de cogeração habitualmente usados em edifícios. Em qualquer dos casos, os chillers de absorção ou de adsorção existentes no mercado são unidades de tamanho significativo, com elevados custos, sendo os de duplo efeito normalmente maiores, até para justificar a maior complexidade do sistema.

Em alternativa, os melhores equipamentos de produção de frio por compressão apresentam COP de 5,5 para capacidades abaixo de 500 kW<sub>t</sub>, 7 para capacidades entre 500 kW<sub>t</sub> e 1000 kW<sub>t</sub>, e 7,5 para capacidades acima das 1000 kW<sub>t</sub> (potência térmica de refrigeração).

Com base nos valores indicados acima e nos valores de referência publicados para a diretiva, assumindo cogeração a Gás Natural e ligações em BT (pequenos edifícios) e MT (grandes edifícios), foi possível determinar que, no 1º caso, que implica o uso de motor de combustão e chillers de efeito

simples, a geração de poupanças de energia primária implicará a utilização de calor efetivo (aquecimento ou AQS) equivalente a 23% da energia elétrica gerada ou a 25% da energia frigorífica gerada. No segundo caso, mesmo assumindo a possibilidade de usar uma turbina e um chiller de efeito duplo, a comparação com os melhores chillers de grande dimensão obriga a um uso de calor equivalente a 38% da eletricidade gerada, para os mesmos 25% de energia frigorífica. Em qualquer circunstância, a utilização do sistema apenas para produção de eletricidade e frio corresponde a aumento do consumo de energia primária relativamente à produção separada. Estes resultados são agravados caso ocorra desperdício do calor produzido, o que obriga a um grande cuidado no dimensionamento, que deve ser feito em função da base do consumo e não para uma situação de ponta.

Em face destas conclusões, as aplicações mais suscetíveis de viabilizar os sistemas de cogeração no setor dos Serviços deverão estar no subsetor da Saúde, dado que os hospitais mantêm necessidades de calor e frio de forma continuada. Outras aplicações, como no subsetor hoteleiro ou em edifícios de escritórios, serão fortemente condicionadas pela duração muito limitada da estação de aquecimento, possuindo um consumo base de calor bastante reduzido, ou tendo um horário reduzido de utilização, resultante dos ciclos de trabalho, o que condicionará fortemente o retorno dos investimentos.

De notar que nesta análise se consideraram os rendimentos de referência da Diretiva, para cogerações a Gás Natural, afetadas das perdas inerentes ao nível de tensão de interligação, que assumem a geração evitada como sendo em central de ciclo combinado, pressupondo assim que a eletricidade produzida em cogeração será incluída na parcela previsível e controlável do despacho. A consideração de um mix de geração diferente, com a integração da parcela de renováveis que constitui o alvo da UE, tornaria o uso de cogeração no setor de serviços menos atrativo. A descarbonização total do setor dos edifícios, objetivo da EU para as próximas décadas aponta para uma utilização crescente de equipamentos elétricos de alto rendimento, que utilizam eletricidade proveniente de fontes renováveis.

O potencial de cogeração no setor Residencial decorre da caracterização das necessidades de consumo, analisadas no capítulo 7. De acordo com o mapeamento efetuado, verificou-se que as necessidades de calor e frio para o setor Residencial apresentam um valor muito reduzido, atingindo um máximo de 300 tep/km<sup>2</sup>, ou 3,49 kWh/m<sup>2</sup>, valor significativamente inferior ao limiar de 130 kWh/m<sup>2</sup> indicado nos documentos de apoio à Diretiva como valor mínimo para justificar a consideração de redes de abastecimento de calor. Embora não esteja excluída à partida a possibilidade de viabilizar unidades locais, evitando os custos infraestruturais, os custos unitários sobem consideravelmente com a diminuição da potência a instalar. Verifica-se também uma melhoria acentuada do envelope térmico das habitações, que reduzem ainda mais as necessidades de



aquecimento. Assim, e considerando o tempo reduzido de utilização do calor, devido à diminuta duração da estação de aquecimento, é muito pouco provável a viabilidade da cogeração neste setor.

#### 9.4.2 Distribuição de consumos de energia térmica no ano de referência, por setor de atividade

Com base no balanço energético do ano de 2014 (DGEG) é possível obter valores de consumo de energia térmica por setor de atividade. Na Tabela 9 pode visualizar-se o consumo total de energia térmica e o consumo de energia térmica, descontado dos combustíveis rodoviários e dos produtos petrolíferos não energéticos (coluna saliente). Para efeitos de informação, visualizam-se também os consumos de energia térmica já sob a forma de calor, a partir de unidades de cogeração, assim como a totalidade do consumo de energia elétrica, sendo notória a importância da cogeração nos setores do Papel e Pasta, Alimentação e Bebidas, Têxtil, Madeira e artigos de madeira, Químicas e Plásticos, e Borracha. É igualmente visível um peso já significativo do setor dos Serviços.

Relativamente a este último setor, é possível alguma discriminação adicional com base nas estatísticas de consumo de combustíveis fornecidas pela DGEG. Na Tabela 10 são apresentados alguns dos subsectores dos Serviços com maior potencial de aplicação, quer no que diz respeito ao consumo de energia térmica, quer pela representatividade que já possuem no contexto da cogeração. A linha “Outros (diversos)” corresponde a um agregado de consumos de diversos subsectores sem características identificativas que os tornem alvos óbvios para a atividade de cogeração. A linha “Acertos” corresponde a diferenças entre o total e a estimativa correspondente retirada do balanço energético, justificadas da seguinte forma:

- Duas das unidades de cogeração a operar no setor dos Serviços estão classificadas na listagem fornecida pela DGEG com o CAE 35 - Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio, não sendo óbvia a afetação da sua produção a setores específicos. Pelo contrário, algumas das restantes, estarão possivelmente oficialmente registadas também no CAE 35 pelo que a contabilização do consumo de combustíveis, nomeadamente Gás Natural, contém discrepâncias, motivando o erro de 7,4%.
- O consumo total contabilizado no balanço energético inclui uma estimativa da contribuição de energias renováveis sem eletricidade que não é possível desagregar por subsector. De qualquer modo, não é desejável à partida que o consumo satisfeito por energias renováveis venha a ser substituível, pelo que os valores indicados como “combustíveis não rodoviários + calor” corresponderão no limite à parcela de consumo passível de ser satisfeita por calor gerado em cogeração.

Tabela 7 - Consumos energéticos por setor em tep - 2014 (Fonte: DGEG)

	<i>Total de combustíveis</i>	<i>Calor</i>	<i>Térmica sem combustíveis rodoviários</i>	<i>Eletricidade</i>	<i>Total</i>
<b>AGRICULTURA E PESCAS</b>	<b>355 760</b>	<b>1 203</b>	<b>19 965</b>	<b>70 912</b>	<b>427 875</b>
<i>Agricultura</i>	269 851	1 203	16 323	67 118	338 172
<i>Pescas</i>	85 909		3 642	3 794	89 703
<b>INDÚSTRIAS EXTRATIVAS</b>	<b>36 148</b>	<b>22 800</b>	<b>28 503</b>	<b>52 697</b>	<b>111 645</b>
<b>INDÚSTRIAS TRANSFORMADORAS</b>	<b>1 931 074</b>	<b>1 171 323</b>	<b>2 973 976</b>	<b>1 258 872</b>	<b>4 361 269</b>
<i>Alimentação, bebidas e tabaco</i>	232 466	53 170	259 323	159 503	445 139
<i>Têxteis</i>	126 081	38 391	163 273	90 512	254 984
<i>Papel e Artigos de Papel</i>	155 307	945 266	1 089 575	265 666	1 366 239
<i>Químicas e Plásticos</i>	158 936	91 416	228 434	182 020	432 372
<i>Cerâmicas</i>	221 094	15 806	234 674	31 495	268 395
<i>Vidro e Artigos de Vidro</i>	199 259	0	197 882	43 486	242 745
<i>Cimento e Cal</i>	570 214	968	555 323	73 899	645 081
<i>Metalúrgicas</i>	26 252	0	25 226	20 142	46 394
<i>Siderurgia</i>	56 321	0	54 540	109 554	165 875
<i>Vestuário, Calçado e Curtumes</i>	19 324	2 197	19 486	24 104	45 625
<i>Madeira e Artigos de Madeira</i>	45 578	11 222	49 091	43 151	99 951
<i>Borracha</i>	7 029	10 194	14 783	17 948	35 171
<i>Metalo-eleto-mecânicas</i>	77 126	762	69 656	165 971	243 859
<i>Outras Indústrias Transformadoras</i>	36 087	1 931	12 710	31 421	69 439
<b>CONSTRUÇÃO E OBRAS PÚBLICAS</b>	232 942		30 894	27 343	<b>260 285</b>
<b>SETOR DOMÉSTICO</b>	1 528 845		1 471 348	1 024 064	<b>2 552 909</b>
<b>SERVIÇOS</b>	<b>483 298</b>	<b>31 081</b>	<b>423 037</b>	<b>1 426 826</b>	<b>1 941 205</b>

Relativamente ao setor dos Serviços (Tabela 8), é notória a importância do setor da Saúde, sendo já visível a contribuição das unidades de cogeração instaladas em hospitais. É também notória a não existência de unidades de cogeração identificáveis no setor Hoteleiro, tradicionalmente apontado como um setor com potencial, o que parece consentâneo com as justificações já adiantadas sobre a potencial pouca viabilidade neste setor em Portugal. Também não são assinaladas quaisquer unidades de cogeração nos serviços da Administração Pública. As unidades existentes restantes incluem o abastecimento de centros desportivos, piscinas, a unidade que abastece a única rede de distribuição urbana de calor e frio existente, unidades instaladas em centros comerciais de grande dimensão e

unidades instaladas em grandes edifícios de escritórios, incluindo nestes casos o uso do calor residual para produção de frio em chillers de absorção.

**Tabela 8 - Consumos energéticos no setor dos Serviços - 2014 (Fonte: DGEG)**

<b>Atividade económica</b>	<b>Calor (tep)</b>	<b>Combustíveis não rodoviários + calor (tep)</b>	<b>Elettricidade (tep)</b>	<b>Total (tep)</b>
Comércio por grosso, exceto automóveis e motociclos	3 387	36 562	243 367	279 929
Alojamento	0	37 101	57 294	94 395
Administração pública e defesa; segurança social obrigatória	0	39 034	148 865	188 038
Educação	0	16 257	28 566	44 826
Atividades de saúde humana	10 022	61 776	38 583	100 365
Apoio social com alojamento	0	24 980	19 148	44 129
Atividades desportivas, de diversão e recreativas	1 692	12 568	17 921	30 495
Outros (diversos)	9 723	173 745	874 488	1 072 864
Acerto	6 258	-27 677	-1 406	86 166
<b>Total</b>	<b>31 081</b>	<b>374 346</b>	<b>1 426 826</b>	<b>1 941 205</b>
<b>Acerto em % do total</b>	<b>20,1%</b>	<b>-7,4%</b>	<b>-0,1%</b>	<b>4,4%</b>

## 9.5 Potencial técnico de cogeração e a sua evolução em 2014-2025

As unidades de cogeração em funcionamento em 2014 totalizaram 1759 MW de potência elétrica instalada, e 4631 MW de potência térmica, tendo produzido um total de 7 484 GWh de energia elétrica e 19 249 GWh de energia térmica, correspondendo assim a um rácio T/E de 2,57. Apresentaram ainda um rendimento global de 79% e um número médio de horas de utilização da potência de 4349. A aplicação dos pressupostos e valores de referência associados à Diretiva, tendo em conta os combustíveis utilizados por cada uma das unidades, e as perdas na rede associadas ao nível de tensão de localização, resulta numa poupança global estimada em 30740 TJ (0,73 Mtep) de energia primária, correspondendo a uma poupança de 33,5%.

O impacto atual da cogeração nos consumos energéticos pode ser determinado a partir dos dados do Balanço energético de 2014, comparando os dados registados de consumo de calor cogelado por setor com os consumos de energia térmica passíveis de substituição, e comparando a produção de energia elétrica em unidades de cogeração com o consumo global de eletricidade (Tabela 11).

No caso dos subsectores dos Serviços, foi novamente necessário recorrer aos dados estatísticos relativos a cada fonte energética e aos dados relativos às cogerações, ambos fornecidos pela DGEG, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 10.

Tabela 9 - Peso da cogeração em 2014 por setor de atividade (Fonte: DGEG)

	Térmica (tep)			Eletricidade (tep)		
	Produção	Consumo substituível	Calor/ substituível	Produção	Consumo total	Produção / Consumo
<b>AGRICULTURA E PISCAS</b>	<b>1 203</b>	<b>15 124</b>	<b>8%</b>	<b>1 373</b>	<b>70 912</b>	<b>2%</b>
<i>Agricultura</i>	1 203	11 485	10%	1 373	67 118	2%
<i>Piscas</i>	0	3 639	0%	0	3 794	0%
<b>INDÚSTRIAS EXTRATIVAS</b>	<b>22 800</b>	<b>28 503</b>	<b>80%</b>	<b>16 815</b>	<b>52 697</b>	<b>32%</b>
<b>INDÚSTRIAS TRANSFORMADORAS</b>	<b>1 171 323</b>	<b>2 811 963</b>	<b>42%</b>	<b>442 395</b>	<b>1 258 872</b>	<b>35%</b>
<i>Alimentação, bebidas e tabaco</i>	53 170	234 813	23%	25 445	159 503	16%
<i>Têxteis</i>	38 391	161 532	24%	44 705	90 512	49%
<i>Papel e Artigos de Papel</i>	945 266	1 062 925	89%	314 225	265 666	118%
<i>Químicas e Plásticos</i>	91 416	227 840	40%	30 151	182 020	17%
<i>Cerâmicas</i>	15 806	217 841	7%	10 846	31 495	34%
<i>Vidro e Artigos de Vidro</i>	0	197 882	0%	0	43 486	0%
<i>Cimento e Cal</i>	968	493 032	0%	1 297	73 899	2%
<i>Metalúrgicas</i>	0	25 222	0%	0	20 142	0%
<i>Siderurgia</i>	0	54 540	0%	0	109 554	0%
<i>Vestuário, Calçado e Curtumes</i>	2 197	18 499	12%	2 645	24 104	11%
<i>Madeira e Artigos de Madeira</i>	11 222	21 818	51%	6 029	43 151	14%
<i>Borracha</i>	10 194	14 275	71%	4 139	17 948	23%
<i>Metal-eleto-mecânicas</i>	762	69 488	1%	1 253	165 971	1%
<i>Outras Indústrias Transformadoras</i>	1 931	12 256	16%	1 660	31 421	5%
<b>CONSTRUÇÃO E OBRAS PÚBLICAS</b>	<b>0</b>	<b>30 593</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>27 343</b>	<b>0%</b>
<b>SETOR DOMÉSTICO</b>	<b>0</b>	<b>669 592</b>	<b>0%</b>	<b>0</b>	<b>1 024 064</b>	<b>0%</b>
<b>SERVIÇOS</b>	<b>31 081</b>	<b>374 346</b>	<b>5%</b>	<b>29 860</b>	<b>1 426 826</b>	<b>2%</b>

A partir dos dados da Tabela 11 verifica-se que alguns setores estarão já muito perto do seu potencial técnico, nomeadamente os subsectores do Papel e Pasta e o subsector da Borracha, quer pela percentagem do consumo térmico que atingem, quer pela percentagem do consumo de eletricidade coberto pela produção, que, particularmente no caso do Papel e Pasta, sendo já indicativo de uma injeção líquida na rede, potenciará certamente a existência de limitações físicas de interligação que no mínimo diminuirão a viabilidade económica de mais investimentos.

O subsector dos Têxteis, embora do ponto de vista térmico apresente ainda alguma margem para crescimento, poderá estar também limitado por esta via já que a produção de eletricidade atinge quase 50% do seu consumo. No setor dos Serviços, o subsector “Atividades de saúde humana” apresenta já uma parcela não desprezável de substituição.

**Tabela 10 - Peso da cogeração nos subsectores dos Serviços em 2014 (Fonte: DGEG)**

	<b>Térmica</b>	<b>Eletricidade</b>
<b>Atividade económica</b>	<b>% substituição</b>	<b>% produção/consumo</b>
Comércio por grosso, exceto automóveis e motociclos	9,26%	1,23%
Alojamento	0,00%	0,00%
Administração pública e defesa; segurança social obrigatória	0,00%	0,00%
Educação	0,00%	0,00%
Atividades de saúde humana	16,22%	33,41%
Apoio social com alojamento	0,00%	0,00%
Atividades desportivas, de diversão e recreativas	13,46%	9,05%
Outros (diversos)	5,60%	1,08%
<b>Total</b>	<b>8,30%</b>	<b>2,09%</b>

De notar, porém, que uma parte do calor produzido nas unidades de cogeração existentes no setor dos Serviços está a ser usada para produzir frio em sistemas de absorção pelo que a contabilização das energias térmica e elétricas substituídas não é garantida, quer porque o calor produzido não substituiu a produção separada de calor, estando esta substituição sobreavaliada, quer porque a produção de frio evitou um consumo correspondente de eletricidade, resultando assim num impacto subavaliado. De assinalar igualmente que a contabilização da energia térmica na Tabela 10 não inclui a contribuição de fontes renováveis, incluindo biomassa, por escassez de informação, justificando assim a diferença relativa à Tabela 12 no cálculo da percentagem de substituição de energia térmica para o total do setor.

O potencial técnico da cogeração para produção de calor pode ser estimado, aplicando as percentagens máximas de substituição indicadas na secção 3.1 (Klotz e et al 2014) aos valores de consumo de calor substituível, resultando em cerca de 2,7 Mtep de calor potencialmente utilizável, como indicado na Tabela 13. Na mesma Tabela são apresentadas estimativas do consumo de frio, na Indústria, no setor Residencial e nos Serviços, resultando em 0,5 Mtep de energia final, a que corresponderia entre 1,1 Mtep e 2,2 Mtep de calor adicional para alimentar chillers de absorção, resultando assim entre 3,8 e 4,9 Mtep de produção térmica das cogerações.

Assumindo o rácio T/E médio e o número médio de horas de funcionamento verificado nas cogerações existentes em 2014 (2,57 e 4349 h respetivamente), a energia elétrica gerada e a potência elétrica instalada corresponderiam a 12 TWh (2,8 GW) só para satisfazer as necessidades de calor e 17,3 TWh a 22 TWh (4,0 GW a 5,1 GW) para satisfazer igualmente as necessidades de frio. Contudo, a

concretização de todo este potencial é irrealista uma vez que não tem em consideração os regimes de funcionamento das unidades de cogeração, as necessidades de paragem para manutenção, nem aspetos básicos tais como potências mínimas de funcionamento. Assim, o potencial técnico será seguramente superior ao potencial alcançável, e deve ser este último a servir de referência para quaisquer decisões políticas. No entanto, a identificação deste potencial alcançável é particularmente difícil por não existirem dados detalhados nem bases de comparação, dada a diversidade de abordagens e da natureza das indústrias e outras entidades destino do calor e frio gerados.

Considerou-se assim somente os subsectores da Indústria transformadora com maior potencial de satisfação, quer pelos valores de consumo de calor, quer pela parcela de calor substituível, nomeadamente:

- Alimentação, Bebidas e Tabaco,
- Têxteis,
- Papel e Artigos de Papel,
- Químicas e Plásticos,
- Madeira e Artigos de Madeira,
- Borracha.

Consideram-se igualmente apenas os subsectores dos Serviços onde a utilização de cogeração já tem significado, correspondendo a cerca de 40% do consumo de energia elétrica e de energia térmica (sem combustíveis rodoviários) deste setor. O consumo resultante é de cerca de 1,8 Mtep de calor potencialmente utilizável e 0,25 Mtep de consumo para frio, a que corresponderia entre 2,4 Mtep e 2,9 Mtep de produção térmica das cogerações, ou, com base nos mesmos pressupostos, 11 TWh a 13 TWh de geração (29% do consumo nacional) e 2,4 GW a 3,0 GW de potência instalada, representando assim um acréscimo de 700 MW a 1300 MW de potência, relativamente à potência instalada atualmente, de 1759 MW.

Os números agora obtidos, não deixando de ter alguma incerteza, possuem um maior grau de certeza por se basearem em setores com uma cobertura atual já razoavelmente significativa, e que simultaneamente possuem a maior parcela de potencial, devido à natureza do seu processo produtivo/atividade económica, assumindo-se que a margem de erro relativamente à concretização total do potencial nestes setores é compensada pelo potencial dos setores não considerados.

Com base nas Tabelas 16 e 18 pode ainda antever-se alguma evolução futura deste potencial, no sentido de um ligeiro decréscimo, devido à redução acentuada de consumos prevista para os

subsetores da Indústria de Pasta e do Papel (-7,3%), e da Indústria Têxtil (-19,4%), precisamente os dois subsetores com mais relevância no contexto da cogeração, e também de um decréscimo nos consumos para climatização no setor dos Serviços (-10,9%), apesar de um ligeiro crescimento no consumo global desse setor (1,7%). Assim, em 2025 o potencial alcançável será de 2,2 Mtep a 2,7 Mtep de produção térmica das cogerações, ou, 10 TWh a 12 TWh de geração de eletricidade e 2,3 GW a 2,8 GW de potência elétrica instalada.

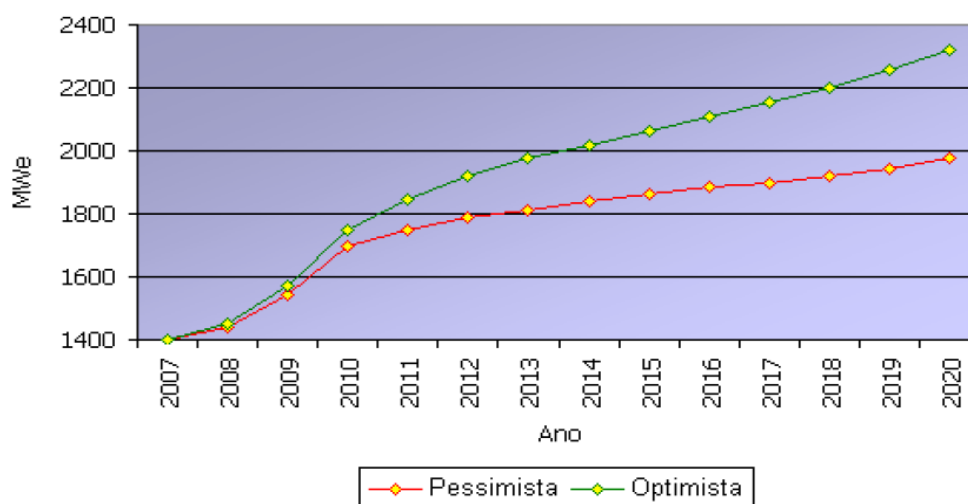
**Tabela 11 - Cálculo do potencial de calor e frio a fornecer por cogerações (Fonte: DGEG)**

BALANÇO ENERGÉTICO tep	TOTAL GERAL	Total energia térmica substituível	Potencial de substituição		Consumo de frio (estimativa)
2014 (provisório)	tep	tep	(%)	tep	tep
<b>CONSUMO FINAL</b>	<b>15 166 780</b>	<b>3 930 121</b>	<b>66,21%</b>	<b>2 602 023</b>	<b>520 053</b>
<b>AGRICULTURA E PESCAS</b>	<b>427 875</b>	15 124			
<i>Agricultura</i>	338 172	11 485	100,00%	11 485	
<i>Pescas</i>	89 703	3 639			
<b>INDÚSTRIAS EXTRATIVAS</b>	<b>111 645</b>	28 503			
<b>INDÚSTRIAS TRANSFORMADORAS</b>	<b>4 361 269</b>	2 811 963			174 451
<i>Alimentação, bebidas e tabaco</i>	445 139	234 813	100,00%	234 813	
<i>Têxteis</i>	254 984	161 532	81,00%	130 841	
<i>Papel e Artigos de Papel</i>	1 366 239	1 062 925	100,00%	1 062 925	
<i>Químicas e Plásticos</i>	432 372	227 840	100,00%	227 840	
<i>Cerâmicas</i>	268 395	217 841	7,00%	15 249	
<i>Vidro e Artigos de Vidro</i>	242 745	197 882	7,00%	13 852	
<i>Cimento e Cal</i>	645 081	493 032	10,00%	49 303	
<i>Metalúrgicas</i>	46 394	25 222	19,00%	4 792	
<i>Siderurgia</i>	165 875	54 540	30,00%	16 362	
<i>Vestuário, Calçado e Curtumes</i>	45 625	18 499	81,00%	14 984	
<i>Madeira e Artigos de Madeira</i>	99 951	21 818	81,00%	17 673	
<i>Borracha</i>	35 171	14 275	100,00%	14 275	
<i>Metal-eleto-mecânicas</i>	243 859	69 488	69,00%	47 947	
<i>Outras Indústrias Transformadoras</i>	69 439	12 256	81,00%	9 927	
<b>CONSTRUÇÃO E OBRAS PÚBLICAS</b>	<b>260 285</b>	30 593	81,00%	24 780	
<b>TRANSPORTES</b>	<b>5 511 592</b>	0	0%	0	
<b>SETOR DOMÉSTICO</b>	<b>2 552 909</b>	669 592	60,00%	401 755	2 009
<b>SERVIÇOS</b>	<b>1 941 205</b>	374 346	81,00%	303 220	343 593

## 9.6 Potencial económico da cogeração de elevada eficiência

### 9.6.1 Cenários de Evolução

Os dados apresentados no estudo anterior para a evolução económica da cogeração em Portugal indicavam dois cenários de evolução até 2020 (um pessimista e outro otimista) conforme se apresenta na Figura 9.11. Estes cenários foram também citados e incorporados em 2014 no relatório do Projeto Europeu CODE2-Cogeneration Observatory and Dissemination Europe (CODE2, 2014), onde mostravam a evolução do potencial económico de cogeração até 2020.



**Figura 9.11 – Cenários económicos para a cogeração (Fonte: EEP, INESCC, ISR, Protermia, 2010)**

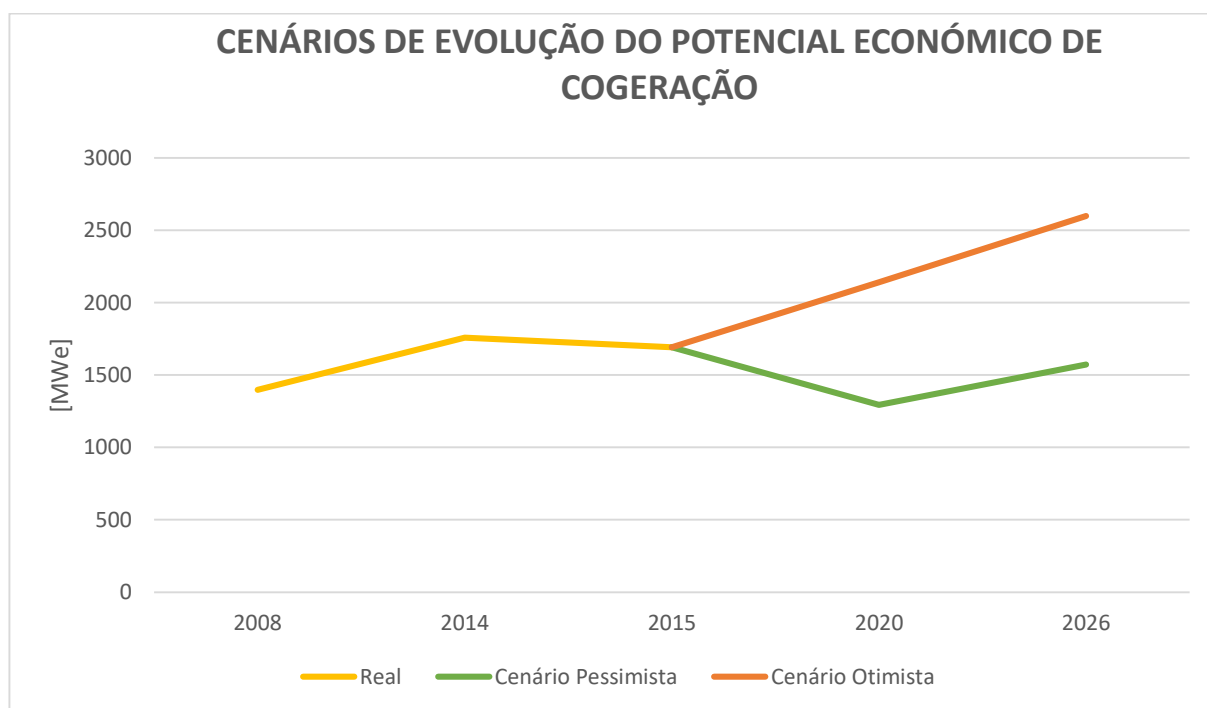
Na Tabela 12 apresentam-se os valores para dois cenários (pessimista e otimista) assim como uma projeção até ao ano de 2026 baseadas nas tendências de evolução apresentadas no cálculo do potencial técnico apresentado neste estudo.



**Tabela 12 – Cenários de evolução em MWe (Fonte: EEP, INESCC, ISR, Protermia. 2008)**

Ano	Cenário Pessimista (MWe)	Cenário Otimista (MWe)
2008	1070	1770
2014	1346	2225
2015	1294	2140
2020	1461	2415
2026	1573	2600

A Figura 9.12 apresenta o gráfico de evolução do potencial económico para o período 2008 a 2026.

**Figura 9.12 – Cenários de evolução do potencial económico de cogeração até 2026 (Fonte: DGE)**

De acordo com os dados fornecidos pela DGEG, e tendo em atenção que as unidades de cogeração em funcionamento em 2014 totalizaram 1759 MW de potência elétrica instalada, devido ao facto de não

existirem projetos de cogeração previstos nos próximos anos, é expectável que a evolução da cogeração se situe mais próxima do cenário pessimista do gráfico anterior.

Por exemplo, sabe-se que no setor dos Serviços, e em especial nos edifícios hospitalares que representam os edifícios com maior potencial para a instalação de unidades de cogeração, neste momento não são expectáveis investimentos desta ordem de grandeza, principalmente devido à natureza pública da maioria. Apenas os operadores privados na área da saúde (que envolvem nalguns casos grandes grupos internacionais), poderão eventualmente ter capacidade financeira para alavancar projetos desta natureza. No entanto dentro do quadro legislativo e de incentivos atualmente em vigor, estes operadores podem considerar o investimento nestas unidades de cogeração pouco atrativo do ponto de vista económico.

Apesar de todos os problemas que a economia portuguesa atravessou e continua ainda a atravessar, existe um elevado potencial económico na cogeração de elevada eficiência, especialmente no setor da Indústria.

#### ***9.6.1.1 Evolução Previsível dos Consumos***

O modelo Primes (Capros et al. 2016) constitui possivelmente a base mais completa para previsão dos consumos de energia na União Europeia. De acordo com esse modelo, na sua atualização de 2016, os consumos em Portugal deverão evoluir de acordo com a Tabela 13, incluindo a contribuição prevista da cogeração na satisfação das necessidades de calor.

Por outro lado, são previstas reduções de consumos no setor Industrial e nos Transportes, que serão praticamente compensados por aumentos no setor Residencial e no setor dos Serviços.

A cogeração contribuirá assim com uma parcela não desprezável da energia elétrica produzida e consumida em Portugal, como ilustra a Tabela 14 sendo esperado um aumento em 11,3% da contribuição para o consumo total de eletricidade, de 19% para 21,1%, após atingir um pico de 23,4% em 2020.

**Tabela 13 - Previsão de evolução dos consumos de energia entre 2015 e 2035 em Portugal (Fonte: EU Reference Scenario 2016)**

Unidades - ktep	2015	2020	2025	2015-2025
<b>Primary energy consumption</b>	<b>21514</b>	<b>19893</b>	<b>19646</b>	<b>-8,7%</b>
<b>Final Energy Demand</b>	<b>16789</b>	<b>16831</b>	<b>16655</b>	<b>-0,8%</b>
<i>by sector</i>				
Industry	5066	5193	4943	-2,4%
Energy intensive industries	3613	3713	3525	-2,4%
Other industrial sectors	1452	1480	1418	-2,4%
Residential	2632	2742	2780	5,6%
Tertiary	2224	2251	2250	1,2%
Transport(5)	6867	6645	6682	-2,7%
<i>by fuel</i>				
Solids	17	15	11	-36,8%
Oil	8142	7717	7695	-5,5%
Gas	1691	1809	1740	2,9%
Electricity	3865	4051	4100	6,1%
Heat (from CHP and District Heating)	325	366	338	4,0%
Renewable energy forms	2748	2868	2764	0,6%
Other	1	4	6	405,8%

**Tabela 14 – Previsão de evolução da produção de eletricidade e da proporção gerada em unidades de cogeração em Portugal (Fonte: EU Reference Scenario 2016)**

	2014 Valores reais	2020	2025	2015-2025
<b>Gross Electricity generation by source (GWhe)</b>		<b>48507</b>	<b>47988</b>	
% of gross electricity from CHP	14,2%	22,7%	21,0%	32,4%
% of electricity consumption from CHP	16,6%	23,4%	21,1%	21,4%

A evolução prevista para o consumo dos diferentes subsectores da Indústria está representada na Tabela 15, incluindo também uma distribuição do total pelas diferentes fontes energéticas, sendo representada a contribuição da cogeração no setor. De notar, porém, que a contribuição da cogeração está possivelmente subdeterminada pela não inclusão de geração própria de calor/vapor, de acordo com os critérios de contabilização do Eurostat, já que nestes casos o que é contabilizado é a energia primária fornecida às unidades de cogeração próprias das indústrias e não o calor que produzem para uso direto. De qualquer modo, é de registar um aumento previsto de 11,3% na contribuição do calor cogelado para os usos não elétricos, embora também decorrente da redução significativa dos

consumos de combustíveis sólidos (carvão) e de derivados de petróleo, apenas ligeiramente compensados com um aumento do consumo de gás natural. É igualmente relevante a redução prevista nos consumos dos subsectores de “Papel e Pasta” (-7,3%) e Têxtil (-19,4%), setores que possuem um peso significativo na cogeração industrial instalada.

**Tabela 15 – Previsão de evolução dos consumos por subsector industrial em Portugal (Fonte: EU Reference Scenario2016)**

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2015-2025</b>
<b>Final Energy Demand (in ktoe)</b>	<b>5066</b>	<b>5193</b>	<b>4943</b>	<b>-2,4%</b>
<u>By sector</u>				
Iron and steel	162	173	156	-3,4%
Non ferrous metals	22	22	22	-1,2%
Chemicals	443	453	444	0,1%
Non metallic minerals	1381	1410	1415	2,4%
Paper and pulp	1605	1656	1488	-7,3%
Food, drink and tobacco	482	495	480	-0,5%
Engineering	202	216	212	4,8%
Textiles	269	258	217	-19,4%
Other industries	500	512	510	2,1%
<u>By fuel</u>				
Solids	17	15	11	-36,8%
Oil	771	682	625	-18,9%
Gas	1203	1300	1222	1,6%
Electricity	1346	1396	1427	6,0%
Heat (distributed CHP)	295	338	310	5,2%
Other (Biomass, waste, hydrogen etc.)	1434	1461	1348	-6,0%
% Heat/total consumption	<b>5,8%</b>	<b>6,5%</b>	<b>6,3%</b>	<b>7,8%</b>
% Total/non electric	<b>7,9%</b>	<b>8,9%</b>	<b>8,8%</b>	<b>11,3%</b>

O modelo Primes inclui igualmente uma previsão de consumos do setor Residencial (Tabela 16), incluindo uma contribuição residual da cogeração, possivelmente correspondendo à única rede de distribuição de calor e frio existente, não obstante os dados estatísticos anteriormente referenciados (Balanço Energético Nacional) não o indicarem. De acordo com os dados ilustrados, o aumento previsto para o consumo do setor será essencialmente atribuído ao consumo de gás natural e a outras fontes (possivelmente biocombustíveis e aproveitamentos de energia solar), sendo o aumento previsto do consumo para eletrodomésticos e iluminação compensado possivelmente por um menor consumo de energia elétrica para climatização, resultando assim numa ligeira diminuição do consumo setorial de eletricidade.

Finalmente, a evolução prevista para os setores dos Serviços e Agricultura está representada na Tabela 17. Neste caso é de assinalar a redução expectável nos consumos para climatização, compensada

quase na totalidade pelo aumento no consumo em equipamentos elétricos e iluminação. De notar igualmente a redução prevista na contribuição da cogeração para estes setores, certamente associada à redução expectável no consumo para climatização.

**Tabela 16 – Previsão de evolução dos consumos residenciais em Portugal (Fonte: EU Reference Scenario2016)**

	2015	2020	2025	2015-2025
<b>Final Energy Demand (in ktoe)</b>	<b>2632</b>	<b>2742</b>	<b>2780</b>	<b>5,6%</b>
<u>By end use</u>				
Heating and cooling (incl. cooking)	2210	2305	2334	5,6%
Electric appliances and lighting	422	438	446	5,7%
<u>By fuel</u>				
Solids	0	0	0	
Oil	515	486	510	-1,0%
Gas	248	278	298	20,1%
Electricity	1048	1067	1039	-0,9%
Heat	8	10	10	27,7%
Other	813	901	923	13,5%
% Heat/total consumption	0,30%	0,35%	0,36%	20,9%
% Heat/non electric	0,49%	0,57%	0,57%	16,2%

**Tabela 17 – Previsão de evolução dos consumos dos setores dos Serviços e Agricultura em Portugal (Fonte: EU Reference Scenario 2016)**

	2015	2020	2025	2015-2025
<b>Final Energy Demand (in ktoe)</b>	<b>2224</b>	<b>2251</b>	<b>2250</b>	<b>1,2%</b>
<u>By sector</u>				
Services	1803	1829	1833	1,7%
Agriculture	421	422	417	-1,0%
<u>By end use</u>				
Heating and cooling	1194	1134	1064	-10,9%
Electric appliances and lighting	643	731	804	25,2%
Agriculture specific uses	387	386	382	-1,4%
<u>By fuel</u>				
Solids	0	0	0	
Oil	465	396	374	-19,5%
Gas	226	216	198	-12,3%
Electricity	1432	1538	1577	10,2%
Heat	22	19	18	-21,0%
Other	79	82	82	4,5%
% Heat/total consumption	1,0%	0,8%	0,8%	-21,9%
% Heat/non electric	2,8%	2,6%	2,6%	-7,0%

### 9.6.2 Análise Custo-Benefício

#### Enquadramento e Pressupostos

Nos capítulos anteriores foi verificado que as necessidades atuais de calor e frio no setor Residencial são significativamente inferiores à média europeia, levando a que as maiores densidades de consumo, associadas às freguesias centrais de Lisboa e Porto, sejam muito inferiores ao que a Diretiva 2012/27/UE estabelece como limiares de viabilidade para as redes de abastecimento de calor e frio. Este resultado é compatível com a perceção associada à reduzida duração e severidade, quer da estação de aquecimento quer da estação de arrefecimento, que de alguma forma induziu ao longo do tempo um uso muito reduzido de sistemas de aquecimento centralizado, em benefício do uso de sistemas de climatização distribuídos com menores custos de instalação. É de salientar a evolução atual do mercado de habitação, com um número reduzido de construções novas, o que implicaria necessariamente uma aposta na remodelação em urbanizações e construções existentes, sendo de notar que mesmo os sistemas centralizados existentes são na sua grande maioria apenas centralizados ao nível das habitações individuais, pelo que a construção de infraestruturas teria de incluir a ramificação até cada habitação individual, para além da própria rede interna às habitações nos muitos casos onde esta não exista.

Nessas circunstâncias, considerou-se apenas relevante efetuar a análise custo-benefício de projetos individuais associados a unidades industriais e/ou grandes edifícios de serviços, cujo consumo de calor o justifique. Assim, considerou-se que a análise custo-benefício a efetuar deveria incidir sobre a viabilidade genérica de tais projetos, numa base unitária em termos de potência elétrica, atendendo a diferentes classes de dimensão e a determinadas condições limite de utilização, sob duas perspetivas essenciais, a perspetiva do investidor individual e a perspetiva societal.

A perspetiva do investidor individual vê os benefícios e os custos sentidos pelo investidor, incluindo assim os incentivos existentes à cogeração sob a forma da valorização garantida à energia elétrica produzida, onde aplicável, a valorização da energia térmica produzida, o custo dos combustíveis, assim como quaisquer taxas e impostos. A perspetiva societal analisa os benefícios e custos sentidos pela sociedade, eliminando trocas internas tais como os incentivos e quaisquer taxas e impostos, mas incluindo as externalidades evitadas associadas às poupanças em energia primária.

A taxa de desconto a aplicar no cálculo de valores atualizados deve também ser inferior à taxa usada na perspetiva privada, já que a sociedade não visa o lucro e deve acautelar os interesses de gerações futuras. Em ambos os casos se considera o investimento a ocorrer no ano zero, considerando que eventuais juros de capital estão contemplados na taxa de desconto aplicada. De resto, serão calculados

também o VAL, a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) do investimento e o período de retorno simples, facilitando assim a análise.

Os benefícios anuais líquidos no ano  $i$  ( $B_i$ ) na perspetiva privada podem assim ser calculados de acordo com a seguinte expressão:

$$B_i = Ee_i \times V_e + Et_i \times V_t - Ep_i \times C_c - C_{O\&M}$$

sendo  $Ee_i$  a produção de energia elétrica pela unidade de cogeração no ano  $i$ ,  $V_e$  o valor unitário da energia elétrica produzida,  $Et_i$  a produção de energia térmica útil,  $V_t$  o valor unitário a atribuir à energia térmica útil,  $Ep_i$  a energia primária consumida pela unidade de cogeração,  $C_c$  o custo unitário do combustível usado e  $C_{O\&M}$  os custos anuais de operação e manutenção.

Na perspetiva societal, dado que as energias elétrica e térmica produzidas são desviadas de unidades convencionais, os benefícios anuais líquidos resultam somente da poupança em energia primária (PEP), definida de forma percentual de acordo com o indicado na Diretiva, em função dos rendimentos de referência para a produção separada de eletricidade e calor. Assim, os benefícios anuais líquidos no ano  $i$  na perspetiva societal podem assim ser calculados de acordo com a seguinte expressão:

$$B_i = Ep_i \times \frac{PEP}{1 - PEP} \times (C_c + C_{ext})$$

sendo  $C_{ext}$  os custos externos unitários associados ao combustível considerado.

A energia elétrica produzida por kW instalado ( $E_e$ ) é apenas função do número de horas de utilização da ponta a considerar. A análise das cogerações em funcionamento em Portugal determinou uma utilização média de 4255 horas, valor que está perto das 4500 horas tipicamente apontadas como necessárias para a sua viabilidade. A análise a efetuar usará uma banda de variação em torno deste valor.

A energia térmica útil produzida será determinada em função da energia elétrica produzida, com base num rácio T/E estipulado. O valor médio determinado para as unidades em funcionamento em Portugal foi de 2,57, sendo que a partir dos dados de equipamentos é possível considerar como viáveis rácios entre 0,75 e 3.

A energia primária consumida ( $Ep$ ) pode assim ser determinada com base nas componentes elétrica e térmica produzidas e numa especificação de poupanças em energia primária a concretizar, correspondentes no mínimo à definição de cogeração de elevada eficiência, ou seja, estipulando  $PEP = 0,1$  (10%), de acordo com a seguinte expressão:

$$E_p = (1 - PEP) \times \left( \frac{E_e}{\eta_{el,ref}} + \frac{E_t}{\eta_{t,ref}} \right)$$

Sendo,  $\eta_{el}$  o rendimento de referência da produção separada de eletricidade e  $\eta_t$  o rendimento de referência da produção separada de calor, de acordo com a diretiva.

De notar que, com base nesta definição, a expressão que determina os benefícios líquidos anuais na perspetiva societal resulta em:

$$B_i = PEP \times \left( \frac{E_e}{\eta_{el,ref}} + \frac{E_t}{\eta_{t,ref}} \right) \times (C_c + C_{ext})$$

### Cenários de Teste

O potencial técnico existente reparte-se entre a indústria transformadora e grandes edifícios de serviços. A indústria transformadora assume a maior parte do potencial, resultando este das necessidades de calor para processo, e onde as potências a instalar podem atingir valores significativos. Nos grandes edifícios de serviços a potência a instalar poderá atingir valores bem menores, principalmente tendo em consideração a necessidade de viabilizar perto de 4500 horas de utilização da ponta. De qualquer modo, a análise incluiu tanto dados relativos a unidades de muito pequena dimensão, como dados relativos a unidades de muito grande dimensão, procurando deste modo uma elevada abrangência de cenários. Os dados considerados são apresentados na Tabela 20.

**Tabela 20 - Dados de sistemas genéricos a utilizar nos cenários de teste (Fonte: Eurostat 2016, Subsidies and costs of EU energy).**

Caso	Tipo	Potência elétrica [kW]	Custo capital [€/kW]	Período de vida útil [anos]	Custos de operação e manutenção - €/kWh	Preço de combustíveis €/kWh	Preço de energia elétrica (venda) €/kWh	Preço de energia elétrica (autoconsumo) €/kWh
1	Motor	5	1650	15	0,0687	0,0639	0,087	0,1527
2	Motor	50	711	15	0,0208	0,0639	0,087	0,1527
3	Motor	500	504	15	0,0208	0,0423	0,087	0,1126
4	Motor	2000	409	15	0,0165	0,0333	0,087	0,1126
5	TG	5000	561	20	0,0155	0,0333	0,087	0,1126
6	TG	10000	478	20	0,0138	0,0333	0,087	0,1126
7	TG	20000	408	20	0,0138	0,0274	0,087	0,1126
8	CCGT	100000	401	20	0,0103	0,0265	0,065	-
9	CCGT	200000	374	20	0,0103	0,0265	0,065	-
10	CCGT	450000	373	20	0,0103	0,0265	0,065	-



Assume-se que todos os sistemas utilizados consomem Gás Natural, correspondendo ao combustível fóssil mais desejável do ponto de vista ambiental.

As taxas de desconto a utilizar serão de 4%<sup>7</sup> na perspetiva societal, assumindo o valor normalmente utilizado pela Comissão Europeia, e de 7%<sup>8</sup> na perspetiva privada de médio prazo.

Para potências até 20 MW, o preço de eletricidade considerado foi o valor médio de 2016 (dados até julho) da Produção em Regime Especial, 0,087 €/kWh (Fonte: ERSE), sendo que nos casos de autoconsumo foi considerado o valor médio de compra de eletricidade à rede em MT, 0,1126€/kWh (Fonte: ERSE).

Para potências superiores a 20 MW, o preço de eletricidade considerado foi o do mercado grossista, assumindo-se o valor de 0,065 €/kWh como valor indicativo do mês de outubro de 2016 (Fonte: MIBEL)<sup>9</sup>.

## **Estudo de Cenários**

Foram analisados os seguintes cenários típicos para caracterizar uma gama muito variada de possíveis instalações:

### **Caso 1.**

Para o caso de um pequeno motor de combustão interna com potência na gama de 5 kW (Anexo 2 – Tabela A2.1), foram testados os seguintes cenários:

- Utilização da ponta entre 4000 e 4500 horas;
- Rácio T/E entre 0,5 e 2,57;
- Funcionamento para autoconsumo e funcionamento como produtor em regime especial, com e sem prémios de eficiência.

Os resultados mostram que apenas na perspetiva societal, e com rácio T/E elevado (2,6), se atingem VAL positivos, pressupondo uma utilização significativa da potência máxima de mais de 4000 horas. Na perspetiva privada, em nenhum caso se atinge um resultado animador, fruto do pequeno diferencial entre o valor da eletricidade produzida e o custo do combustível, associado a um custo significativo de operação e manutenção que leva a que os benefícios anuais sejam sempre negativos.

---

<sup>7</sup> Validado pela DGEG

<sup>8</sup> Valor recomendado pela Comissão Europeia e utilizado nos relatórios de outros Estados Membros. As atuais taxas de juro são mais reduzidas, mas numa perspetiva de médio prazo é mais realista considerar valores mais elevados.

<sup>9</sup> <http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>

**Caso 2.**

Este caso, um motor de combustão interna na gama de 50 kW (Anexo 2 – Tabela A2.2), foi testado de forma análoga ao caso anterior. Os resultados na perspetiva societal são agora mais interessantes, sendo sempre positivos em todos os casos, e atingindo um VAL de 1143 €/kW no caso mais favorável, com utilização da ponta de 4500 horas e rácio T/E de 2,6. Contudo, na perspetiva privada apenas é possível obter um VAL positivo para a situação de autoconsumo e com elevado rácio T/E, num máximo de 611,6€/kW, correspondendo a um período de retorno simples de 5 anos e uma TIR de 19% para a situação de máxima utilização da ponta e maior rácio T/E.

**Caso 3.**

O caso de um motor de combustão interna na gama de 500 kW (Anexo 2 – Tabela A2.3) foi testado de forma análoga aos anteriores. Os resultados na perspetiva societal são agora bastante interessantes, chegando a atingir um VAL de 217,34 €/kW, com uma TIR de 23% e períodos de retorno do investimento de 4 anos para o caso mais favorável. Na perspetiva privada é agora possível obter VAL positivo, mas apenas na situação de autoconsumo e para um rácio T/E elevado. Ainda assim são possíveis TIR de 13% e períodos de retorno de investimento de 6,7 anos.

**Caso 4.**

Para um motor de combustão na gama de 2 MW (Anexo 2 – Tabela A2.4), testado de forma análoga, já foi possível obter resultados positivos em todas as perspetivas e em todas as situações testadas, atingindo na perspetiva privada uma TIR de 46%, um VAL de 1340€/kW e um período de retorno simples de 2,18 anos, para a situação mais favorável (máxima utilização da ponta e máximo T/E). Mesmo na perspetiva societal são atingidas elevadas rentabilidades, resultando de um bom desempenho face a um custo unitário de instalação menor do que os casos anteriores.

**Caso 5.**

No caso de uma turbina a gás na gama de 5 MW (Anexo 2 – Tabela A2.5) aplicaram-se os mesmos cenários já explicados, e de novo se obtiveram resultados positivos em todas as perspetivas, e em todas as situações, apenas ligeiramente piores em termos de indicadores, devido a um maior custo de instalação. De novo a situação de autoconsumo é claramente a mais favorável, principalmente se associada a uma elevada utilização da potência e a um elevado rácio T/E, embora mesmo a situação de remuneração como produtor em regime especial seja atrativa, permitindo assim uma grande flexibilidade de utilização da energia elétrica produzida, desde que haja uma boa aplicação para o calor gerado. Ainda assim, o VAL na perspetiva privada não é muito elevado nessas circunstâncias, sendo entre 11,7 €/kW e 836,7 €/kW, o que implica algum cuidado nas opções de instalação.

**Caso 6.**

As turbinas a gás na gama de 10 MW (Anexo 2 – Tabela A2.6) apresentam resultados ainda melhores do que o caso anterior, fruto de um custo unitário inferior. De salientar apenas que embora um pouco melhor, o VAL na perspetiva privada continua a ter valores inferiores suficientemente baixos para justificarem alguma cautela nas opções tomadas, caso não seja possível assegurar uma elevada utilização da ponta e um elevado rácio T/E, principalmente se se pretender evitar o constrangimento do autoconsumo.

**Caso 7.**

Para o caso de uma turbina a gás com potência na gama de 20 MW (Anexo 2 – Tabela A2.7) os resultados continuam a mostrar um enorme interesse quer do ponto de vista societal, quer do ponto de vista privado, com períodos de retorno do investimento em torno dos 2 anos na perspetiva privada e de 5 a 10 anos na perspetiva societal, dependendo do rácio entre produção de energia térmica útil e energia elétrica. De notar porém, que o VAL societal varia entre 141,7 €/kW e 817,3 €/kW, pelo que alguma variação nos custos pode afetar o resultado final, nomeadamente se a implementação da cogeração implicar custos significativos em termos de obra.

**Caso 8.**

Neste caso, para uma central de ciclo combinado na gama dos 100 MW (Anexo 2 – Tabela A2.8), já só foram testados os limites de 4000 e 4500 horas de utilização da ponta e a variação do rácio T/E entre os limites estipulados. Os resultados na perspetiva societal são sempre positivos em termos de VAL, apresentando taxas internas de rentabilidade entre 8 e 22% e períodos de retorno simples do investimento entre 4,5 e 10 anos. Já a perspetiva privada mostra que a utilização da ponta e o rácio T/E devem ser o mais elevados possível, pois não se atinge um VAL positivo para uma utilização de 4000 horas com rácio T/E baixo. Ainda assim, é possível atingir taxas internas de rentabilidade de 15 a 17% para rácios T/E em linha com a média atual nas cogerações em funcionamento em Portugal.

**Caso 9.**

Neste caso, uma central de ciclo combinado na gama dos 200 MW (Anexo 2 – Tabela A2.9), tal como no anterior, só foram testados os limites de 4000 e 4500 horas de utilização da ponta e a variação do rácio T/E entre os limites estipulados, tendo-se obtido em todos os casos um excelente resultado, quer na perspetiva privada, quer na perspetiva societal, com períodos de retorno de 5 a 10 anos na perspetiva privada, e de 4 a 10 anos na perspetiva societal, atingindo taxas internas de rentabilidade 18% e 23%, respetivamente. O VAL privado oscilou, contudo, entre 4,4 e 372,3€/kW, podendo representar algum risco caso os custos de implementação se revelem superiores aos usados como

referência. Deverá haver por isso algum cuidado em garantir uma boa utilização da energia térmica já que o resultado é particularmente dependente do rácio T/E.

#### **Caso 10.**

O último caso, uma central de ciclo combinado na gama dos 450 MW (Anexo 2 – Tabela A2.10), foi analisada em condições semelhantes ao anterior e tem resultados bastante parecidos, com taxas internas de rentabilidade um pouco inferiores, mas apresentando VAL bastante positivos nas duas perspetivas, principalmente para utilizações de potência próximas das 4500 horas e rácios T/E superiores.

## **9.7 Estratégicas, Políticas e Medidas para a Realização do Potencial Identificado**

### **9.7.1 Medidas de Apoio Público à Cogeração - Definição de Interesse e Setores Prioritários**

A produção combinada de eletricidade e calor, maioritariamente para fins industriais, cresceu e atingiu em Portugal um significado muito relevante em resultado dos diversos regimes de incentivos que vigoraram desde 1988. No ano de 2014, a produção de eletricidade em cogeração representou 14% da produção nacional, 16% do consumo e 32% da produção termoelétrica, e o calor produzido correspondeu a 13% do consumo final de energia térmica (36% se for excluído o consumo de combustíveis rodoviários). De acordo com os pressupostos da Diretiva, as poupanças em energia primária estimam-se em 31 PJ, correspondendo a uma redução em  $\frac{1}{3}$  do consumo de energia primária que ocorreria para satisfazer os consumos finais atualmente fornecidos por essas unidades. Nesse sentido, a promoção da cogeração revelou-se uma aposta muito bem-sucedida, contribuindo decisivamente para uma maior eficiência energética da economia nacional.

Contudo, ao longo dos anos foi possível identificar alguns casos de utilizações menos adequadas dos incentivos, que levaram à existência de unidades com contribuição negativa para o objetivo final de poupança, devido a utilizações muito reduzidas do calor produzido. Assim, importa que os sistemas de incentivos tomem em conta o interesse societal e sejam ajustados em função da evolução dos objetivos, não obstante a necessidade de assegurar a estabilidade necessária à viabilização dos investimentos desejados.

Na sequência da determinação efetuada do potencial técnico existente nos diferentes setores, verifica-se assim que poderá ser útil continuar a promover a instalação de unidades de cogeração em instalações industriais que constituam destino para o calor gerado, e que possam originar poupanças

de energia primária suficientes para a definição de cogeração de elevada eficiência, procurando sempre garantir a existência de viabilidade económica.

Relativamente ao setor dos Serviços em Portugal, deverão ser estudadas formas de incentivar este tipo de instalações em unidades hospitalares e outras que assegurem uma utilização do calor durante um número de horas suficiente para a necessária justificação económica, tendo em consideração que, mesmo nos casos em que se verifique a viabilidade de instalar equipamentos de produção de frio a partir do calor residual, só são socialmente interessantes as instalações que utilizem uma parcela não desprezável do calor de forma direta, para aquecimento ambiente, águas quentes sanitárias ou para efeitos de esterilização, por exemplo.

Finalmente, em relação ao setor Residencial, as condições climáticas nacionais associadas à situação económica dos agregados familiares originam um consumo atualmente demasiado reduzido para que se anteveja qualquer viabilidade da instalação quer de unidades individuais, quer de sistemas centralizados com a respetiva rede de abastecimento. De resto, como foi já documentado neste trabalho, as densidades de consumo atuais mais elevadas, obtidas apenas para algumas zonas urbanas das cidades de Lisboa e Porto, são muito inferiores à densidade de referência para a diretiva Europeia (130 kWh/m<sup>2</sup>). Assim, não obstante a previsão de um aumento de 5,6% nos consumos para aquecimento e arrefecimento, não se prevê que essa viabilidade possa ser atingida mesmo em 2025. De resto, a continuação e reforço do investimento em melhorias na envolvente térmica dos edifícios, através de reabilitação, e o aumento do aproveitamento de energias renováveis, nomeadamente na componente solar térmica e da energia solar fotovoltaica, serão certamente apostas socialmente mais atrativas e que reduzirão ainda mais o interesse da cogeração neste setor.

### **9.7.2 Sistema de Incentivos à Cogeração Existente e Possíveis Melhorias**

O Decreto-Lei nº 68-A/2015, de 30 de abril, veio proceder à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 23/2010, de 25 de março, alterado pela Lei n.º 19/2010, de 23 de agosto, que estabelece a disciplina da atividade de cogeração, consagrando por um lado, o paradigma assumido pela Diretiva nº 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, e, por outro, esquemas remuneratórios sustentáveis que mantêm o incentivo à cogeração renovável e de elevada eficiência.

Segundo este decreto, existem dois regimes remuneratórios, um geral e um especial.

O regime remuneratório geral divide-se em duas submodalidades: uma que permite a injeção total ou parcial da energia produzida na rede elétrica de serviço público e outra que possibilita o autoconsumo da referida energia, beneficiando, nas instalações de cogeração com potência elétrica de injeção inferior ou igual a 20 MW, de compra garantida do excedente pelo comercializador de último recurso.

As cogerações com potência de injeção à rede igual ou inferior a 20 MW que consomem parte da eletricidade produzida, podem entregar a energia não consumida ao comercializador de último recurso (CUR) em termos pré-definidos e atualizáveis por portaria específica.

As cogerações que operam em regime de venda, total ou parcial, de eletricidade produzida em mercados organizados ou mediante contratos bilaterais, por ultrapassarem o limite de potência de injeção, ou por opção própria, estabelecem esses contratos de acordo com as regras vigentes para os produtores de energia elétrica em geral.

Quando a energia elétrica produzida, para além da utilizada nos serviços auxiliares, se destine ao abastecimento de uma unidade de utilização associada, e a energia térmica se destine ao próprio cogrador, ou seja, fornecida a terceiros, considera-se que a cogeração opera em modo de autoconsumo. As instalações de cogeração nestas circunstâncias que se encontrem ligadas à rede elétrica de serviço público estão sujeitas ao pagamento de uma compensação mensal fixa, nos primeiros 10 anos após a obtenção do título que habilita a entrada em exploração, destinada a suportar a parcela dos custos de interesse económico geral (CIEG) na tarifa de uso global do sistema atribuível às unidades de cogeração com potência elétrica instalada igual ou inferior a 20 MW, em função da sua proporção no Sistema Elétrico Nacional, calculada com base na potência elétrica da unidade e do nível de tensão de interligação. Dessa forma, custeia-se a disponibilidade da rede para satisfazer as necessidades quando os grupos eletroprodutores estiverem fora de serviço.

O regime remuneratório especial aplica-se às instalações de cogeração com potência elétrica instalada inferior ou igual a 20 MW, as quais podem ainda beneficiar de prémios de elevada eficiência e renovável, consoante a poupança de energia primária verificada e a fonte primária de energia utilizada. A modalidade vigora enquanto se mantiverem as condições da sua atribuição, pelo prazo de 120 meses, eventualmente prorrogado por mais 60 meses, desde que se verifique a poupança de energia primária e, quando aplicável, se mantenham as condições relativas ao prémio de elevada eficiência e ao prémio de energia renovável. Nestas circunstâncias, o preço de venda da energia fornecida ao CUR resultará da soma de uma tarifa de referência e dos eventuais prémios de elevada eficiência e de energia renovável, cujas definições são publicadas e atualizadas por portaria específica.

A atribuição dos títulos de controlo prévio para a produção em cogeração depende, entre outros do balanço custo-benefício favorável, baseado em análise realizada nos termos do decreto-lei, sempre que se trate de uma cogeração cuja potência térmica total seja superior a 20 MW. Depende igualmente da poupança estimada de energia primária, da produção de calor útil e da eficiência global da cogeração, calculadas ou apuradas nos termos do decreto-lei.

As instalações de cogeração que utilizem combustíveis com coeficientes de emissão iguais ou inferiores aos do gás natural têm prioridade na obtenção de condições de ligação à rede elétrica de serviço público, nos mesmos termos da produção de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis, mas sem dificultar o acesso à rede da eletricidade de origem renovável.

As condições acima descritas definem assim um conjunto de especificações que distingue as unidades de cogeração pela potência elétrica instalada e de interligação, e térmica, com limiares fixados em 20 MW. De salientar a obrigação de análise benefício-custo em termos muito específicos para todas as que possuam uma potência térmica superior a 20 MW, independentemente da modalidade de injeção, e as bonificações atribuídas às unidades mais pequenas, com potência elétrica inferior a 20 MW, em função das poupanças em energia primária e da possibilidade de usar combustíveis renováveis. É também de referir a imposição de um pagamento mensal durante 10 anos relativa à parcela do uso geral do sistema das tarifas de eletricidade, proporcionalmente à potência de interligação, para as unidades que operem em regime de autoconsumo.

Dado que um bom rendimento global permite à partida a uma unidade de cogeração conseguir um custo de produção competitivo, desde que seja feita a compensação relativamente à diferença nos custos de combustíveis e dos próprios equipamentos em função da escala, o atual sistema de incentivos parece procurar equilibrar este aspeto ao favorecer as unidades mais pequenas, mas sem as desresponsabilizar demasiado. Porém, dada a recente publicação do decreto-lei em causa, a eficácia deste regime na promoção da cogeração de elevada eficiência, no sentido de materializar o potencial existente só será possível de verificar no futuro, monitorizando a evolução do sistema.

## 10 Conclusões e Recomendações

As novas centrais de cogeração que entraram em funcionamento no período 2008 a 2015, dada a legislação em vigor, foram consideradas como sendo de elevada eficiência, concretizando assim algum do potencial identificado em 2008. No entanto, parte significativa do potencial da cogeração de elevada eficiência identificado não foi concretizado.

Contudo, a legislação sofreu modificações em 2015, no sentido de favorecer a instalação de unidades pequenas e médias, adequadas aos setores com menor penetração da cogeração, através de uma tarifa fixa e bonificada em função da eficiência obtida e do uso de combustíveis renováveis, garantindo a compra pelo comercializador de último recurso da energia gerada em unidades com potência de interligação inferior a 20 MW, mas abrindo a possibilidade a todas de estabelecer contratos diretamente com consumidores, ou de negociar no mercado. De notar igualmente a imposição de avaliações periódicas destinadas a confirmar a manutenção dos rendimentos que justifiquem o apoio.

Relativamente ao potencial associado a redes de abastecimento de calor e frio, verificou-se a inexistência de consumo suficiente para justificar tais redes no contexto exclusivamente residencial, devido às características específicas do setor em Portugal, com um consumo reduzido para aquecimento ambiente e ainda menor para arrefecimento, e com uma muito reduzida penetração de sistemas de climatização centralizados, o que aumenta ainda mais os custos a incorrer num qualquer processo de adaptação a uma nova infraestrutura. De resto, a maior densidade de consumo identificada é tão inferior ao limiar mínimo proposto na diretiva que, mesmo considerando a combinação com o consumo em edifícios de serviços, não serão facilmente atingidos limiares de viabilidade. Estes fatores explicarão a existência de apenas uma rede de aquecimento e arrefecimento urbano em Portugal Continental, planeada e construída em condições muito favoráveis, durante a fase de urbanização de uma larga área dedicada a habitações de valor elevado e a um elevado número de grandes edifícios de serviços. Nas Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira não foi identificado nenhum sistema deste tipo. A promoção destas redes não parece assim uma opção atrativa, sendo mais adequado reforçar a cogeração industrial e apostar no reforço das políticas de melhoria da envolvente térmica e do aproveitamento de energias renováveis em habitações, principalmente em contexto de reabilitação.

As unidades de cogeração em funcionamento em 2014 totalizaram 1759 MW de potência elétrica instalada, e 4631 MW de potência térmica, tendo produzido um total de 7,5 TWh de energia elétrica e 19,2 TWh de energia térmica, correspondendo assim a um rácio T/E de 2,57. As unidades de cogeração em funcionamento apresentaram ainda um rendimento global de 79% e um número médio de horas de utilização da potência de 4255. A aplicação dos pressupostos e valores de referência



associados à Diretiva, tendo em conta os combustíveis utilizados por cada uma das unidades, e as perdas na rede associadas ao nível de tensão de localização, resulta numa poupança global estimada em 30740 TJ de energia primária, correspondendo a uma poupança de 33,5%.

O potencial de cogeração que se crê poder ser alcançável com base na situação em 2014 representaria 11 TWh a 13 TWh de geração de energia elétrica (29% do consumo nacional) e 2, 5GW a 3,1 GW de potência instalada, representando assim um acréscimo de 0,7 GW a 1,3 GW de potência elétrica, mantendo as características médias da exploração atualmente verificadas. A evolução desse potencial até 2024 vai, contudo no sentido de um ligeiro decréscimo, devido à redução estimada nos consumos dos setores com maior peso, nomeadamente os setores da Pasta e do Papel, o setor Têxtil e mesmo os consumos para climatização no setor dos Serviços, prevendo-se que o potencial alcançável será então de 2, 2 Mtep a 2,7 Mtep de produção térmica das cogerações, ou, 10 TWh a 12 TWh de geração de energia elétrica e 2,4 GW a 2,9 GW de potência instalada. De notar que parte da incerteza está associada à viabilidade das instalações com produção de frio no setor dos Serviços, frequentemente designadas por trigeração, e aos sistemas a instalar.

Dado que um bom rendimento global permite à partida a uma unidade de cogeração conseguir um custo de produção competitivo, desde que seja feita a compensação relativamente à diferença nos custos de combustíveis e dos próprios equipamentos em função da escala, o sistema de incentivos recentemente modificado parece procurar equilibrar este aspeto ao favorecer as unidades mais pequenas, mas sem as desresponsabilizar demasiado relativamente à necessidade de manter um elevado rendimento através de um efetivo uso do calor. Porém, dada a recente publicação do diploma legal que o institui, a eficácia deste regime na promoção da cogeração de elevada eficiência, no sentido de materializar o potencial existente só será possível de verificar no futuro, monitorizando a evolução do sistema.

Porém, é particularmente importante ajustar a análise dos sistemas de cogeração com produção de frio, ou trigeração, e às suas especificidades, sendo particularmente importante definir o modo de contabilizar o “calor útil”, adaptando a fórmula de cálculo das poupanças em energia primária, garantindo que não seja usado o calor à entrada do chiller de absorção como valor de produção térmica, o que pela Diretiva levaria à comparação com uma produção isolada em caldeira, e não à correta comparação com os equipamentos de produção exclusiva de frio mais eficientes do mercado para a mesma gama de potência, garantindo assim reais poupanças de energia primária. De resto, uma análise comparativa destes sistemas permitiu identificar que essas poupanças só existirão caso exista um uso direto com algum significado para o calor produzido pela cogeração, por exemplo para aquecimento ambiente, aquecimento de águas sanitárias ou para outro fim útil à atividade económica envolvida.

Com a atual tendência de estagnação do crescimento da cogeração, patente na quase inexistência de novos pedidos de licenciamentos, deverá ser estudada a possibilidade de criação de novos mecanismos de incentivo (financeiros ou não) para a cogeração em Portugal, nomeadamente criando estímulos ao investimento que ajudem a ultrapassar as limitações decorrentes da conjuntura. Interessa igualmente desenvolver programas de disseminação de informação sobre cogeração e disponibilizar e divulgar casos de estudo de sucesso (nomeadamente de outros países), nos sectores com mais elevado potencial.

A cogeração renovável já tem um papel significativo nalgumas indústrias, tais como nos subsectores do Papel e das Madeiras. Portugal tem compromissos internacionais de ir reduzindo progressivamente as emissões de CO<sub>2</sub>. Nestas condições interessa promover o aumento significativo da cogeração renovável através de uma maior utilização de resíduos florestais e agrícolas. Os incentivos poderiam ser majorados para instalações que substituíssem combustíveis fósseis por biomassa, cuja utilização crescente pode dinamizar as regiões do interior e contribuir para mitigar os incêndios florestais.

## 11 Referências

- ADENE, 2015. Energy Efficiency trends and policies in Portugal. Agência para a energia.
- Aguiar, R., 2013. Climatologia e Anos Meteorológicos de Referência para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios.
- Bertoldi, P., Hirl, B. & Labanca, N., 2012. Energy Efficiency Status Report 2012.
- Capros, P., A. De Vita, N. Tasios, P. Siskos, M. Kannavou, A. Petropoulos, S. Evangelopoulou, et al. 2016. EU Reference Scenario 2016 - Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <http://bookshop.europa.eu/en/eu-reference-scenario-2016-pbMJ0115793/>.
- Code2, 2014. Cogeneration Observatory and Dissemination Europe – D5.1 Cogeneration Roadmap non pilot Member State: Portugal; FAST- Federazione delle associazioni scientifiche e tecniche.
- COGEN Europe – The European Association for the Promotion of Cogeneration - <http://www.cogeneurope.eu/>
- DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia - <http://www.dgeg.pt/>
- EEP, INESCC, ISR, Protermia 2010. Estudo do Potencial de Cogeração de elevada eficiência em Portugal, Estudo realizado para DGEG, 2010.
- INE, I., 2011. Censos 2011.
- INE, I., 2014. Estatísticas do Emprego 2014.
- INE, I., 2010. Estatísticas das Pescas 2010.
- INE, I., 2015. Estatísticas da Construção e Habitação 2015.
- ICESD, 2010. «Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010». Lisboa, Portugal: Instituto Nacional de Estatística.
- Klotz, Eva-Maria, e et al. 2014. «Potential analysis and cost-benefit analysis for cogeneration applications (transposition of the EU Energy Efficiency Directive) and review of the Cogeneration Act in 2014». Final report on project I C 4 - 42/13. Prognos AG Marco and Fraunhofer IFAM and IREES and BHKW-Consult.
- Lapillonne, B., Pollier, K. and S., N., 2015. Energy Efficiency Trends for households in the EU. <http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/Overall-Indicator-brochure.pdf>
- REN – Redes Energéticas Nacionais – [www.ren.pt](http://www.ren.pt)
- Telmo Rocha, 2016. Cogeração | Tecnologias de Trigeração (6ª PARTE). Voltimum. <http://www.voltimum.pt/artigos/artigos-tecnicos/cogeracao-tecnologias-de-trigeracao-6a-parte>

## ANEXOS

### Anexo I – Guia de Utilização da Base de Dados

Esta ferramenta Excel foi construída de forma a concentrar todos os dados de consumo das diversas fontes energéticas para o período 2008-2014.

Esta concentração de dados permitiu realizar uma análise robusta dos dados permitindo assim uma filtragem dos mesmos de acordo com as necessidades do utilizador. Esta filtragem pode ser feita em termos geográficos, isto é, por distritos ou municípios de Portugal Continental e Regiões Autónomas.

É possível ainda analisar os dados por CAE e em diversas unidades do Sistema Internacional (Tep, GWh, Ton, etc.). A Base de Dados permite ainda uma análise individualizada das fontes energéticas por município para o ano de referência (2014).

**Esta ferramenta é constituída por 30 Folhas, cujo conteúdo será explicado de seguida.**

**Resumo** – Contém as instruções para utilização da base de dados consolidada.

**Fontes Energia VS CAE 2008-2014** – Esta folha apresenta os consumos desagregados por CAE e por fonte energética de 2008 a 2014. Nesta folha é possível filtrar os dados por ano (2008-2014), Código de Atividade Económica (CAE) e Setor de Atividade (Agricultura e Pescas, Indústria e Serviços).

As folhas apresentadas na listagem seguinte correspondem às diversas fontes de energia cujos consumos foram recolhidos a partir dos dados da DGEG. Nestas folhas é possível consultar os consumos individuais da fonte energética em questão por município e por distrito.

- **Elettricidade** – Desagregação dos consumos de eletricidade por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **GN** – Desagregação dos consumos de Gás Natural por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **GPL** – Desagregação dos consumos de GPL (Butano, Propano e GPL Auto) por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Fuel** – Desagregação dos consumos de Fuel por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Gasóleo(s)** – Desagregação dos consumos de Gasóleos (rodoviário e colorido) por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Gasolinas** - Desagregação dos consumos de Gasolinas por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Biodiesel** – Desagregação dos consumos de Biodiesel por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Lubrificantes** – Desagregação dos consumos de Lubrificantes por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Asfaltos** – Desagregação dos consumos de Asfaltos por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Solventes** – Desagregação dos consumos de Solventes por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.

- **Benzinas** – Desagregação dos consumos de Benzinas por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Parafinas** – Desagregação dos consumos de Parafinas por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Petróleos ilu e carb** – Desagregação dos consumos de Petróleos Iluminantes e Carburantes por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Nafta** – Desagregação dos consumos de Nafta química por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Coque de Petróleo** – Desagregação dos consumos de Coque de Petróleo por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.
- **Mat. PrimaAromática** – Desagregação dos consumos de Matérias Primas Aromáticas por CAE, Município e Setor de Atividade para o ano de 2014.

**Evolução por Setor** – Esta folha apresenta a evolução dos consumos por setor de atividade no período de 2008 – 2014.

**Evolução Subsetores – Serviços** – Esta folha apresenta a evolução dos consumos por subsector do setor dos Serviços no período de 2008 – 2014.

**Evolução Subsetores – Indústria** - Esta folha apresenta a evolução dos consumos por subsector do setor da Indústria no período de 2008 – 2014.

**Análise Agricultura e Pescas** – Esta folha apresenta a análise dos consumos totais do setor da Agricultura e Pescas no ano de 2014 sendo identificados, com cor verde, os municípios com consumos superiores a 20GWh, assim como uma análise gráfica do consumo energético total e consumo elétrico por distrito para o ano de 2014.

**Análise Indústria** - Esta folha apresenta a análise dos consumos totais do setor da Indústria no ano de 2014 sendo identificados, com cor verde, os municípios com consumos superiores a 20GWh, assim como uma análise gráfica do consumo energético total e consumo elétrico por distrito para o ano de 2014.

**Análise Serviços** – Esta folha apresenta a análise dos consumos totais do setor dos Serviços no ano de 2014 sendo identificados, com cor verde, os municípios com consumos superiores a 20GWh, assim como uma análise gráfica do consumo energético total e consumo elétrico por distrito para o ano de 2014.

**Total** – Esta folha apresenta os valores totais de consumo por Município e Setor de Atividade em GWh e TEP para o ano de 2014.

**Produção ER** – Esta folha apresenta os valores fornecidos pela DGEG para a produção de Energias Renováveis e potência instalada no período de 1995 a 2014.

**Consumos Carvão 2014** – Apresenta os valores fornecidos pela DGEG para o balanço energético do carvão para o ano de 2014.

**Localização dos Cogeneradores 2014** – Esta folha apresenta uma listagem com a localização e CAE dos cogeneradores registados em Portugal no ano de 2014. Apresenta também uma evolução do número de cogeneradores em Portugal para o período de 2008 – 2014.

**Listagem de CAEs** – Apresenta a listagem dos CAEs com atividade em Portugal no ano de 2014 de acordo com os dados fornecidos pela DGEG.

**Análise de Potencial** – Esta folha apresenta a análise dos CAEs com potencial para cogeração nos diversos Setores de Atividade nos Municípios com mais de 20 GWh de consumo (total, de eletricidade e de calor/frio) em Portugal no ano de 2014.

## Anexo II – Tabelas da Análise Custo-Benefício

Tabela A2.18 - Caso 1 - Motor de 5 kW (valores por kW)

Autoconsumo		Benefícios		Nº Horas		Privado						Societal					
						VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)		VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)	
Sim	Não	Sim	Não	4000	4500	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
-	X	X	-	X	-	-4914,38	-4241,93	-	-	-	-	-795,08	-2,04	-4%	4%	-	11,13
-	X	X	-	-	X	-5322,4	-4565,89	-	-	-	-	-688,19	203,99	-3%	6%	-	9,9
-	X	-	X	X	-	-5047,4	-4498,3	-	-	-	-	-795,08	-2,04	-4%	4%	-	11,13
-	X	-	X	-	X	-5472,04	-4854,3	-	-	-	-	-688,19	203,99	-3%	6%	-	9,9
X	-	-	X	X	-	-2782,88	-2233,78	-	-	-	-	-795,08	-2,04	-4%	4%	-	11,13
X	-	-	X	-	X	-2908,33	-2290,59	-	-	-	-	-688,19	203,99	-3%	6%	-	9,9

Tabela A2.19- Caso 2 Motor 50 kW (valores por kW)

Autoconsumo		Benefícios		Nº Horas		Privado						Societal					
						VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)		VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)	
Sim	Não	Sim	Não	4000	4500	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
-	X	X	-	X	-	-2230,28	-1557,83	-	-	-	-	143,94	936,98	7%	19%	9,25	4,8
-	X	X	-	-	X	-2420,17	-1663,66	-	-	-	-	250,83	1143,01	9%	22%	8,22	4,26
-	X	-	X	X	-	-2363,3	-1814,2	-	-	-	-	143,94	936,98	7%	19%	9,25	4,8
-	X	-	X	-	X	-2569,81	-1952,07	-	-	-	-	250,83	1143,01	9%	22%	8,22	4,26
X	-	-	X	X	-	-98,78	450,32	5%	16%	11,28	5,77	143,94	936,98	7%	19%	9,25	4,8
X	-	-	X	-	X	-6,09	611,64	7%	19%	9,71	5,04	250,83	1143,01	9%	22%	8,22	4,26

**Tabela A2.20- Caso 3 Motor 500 kW (valores por kW)**

Autoconsumo		Benefícios		Nº Horas		Privado						Societal					
						VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)		VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)	
Sim	Não	Sim	Não	4000	4500	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
-	X	X	-	X	-	-911,18	-424,33	-	-14%	-	-	107,32	673,78	7%	20%	9,16	4,76
-	X	X	-	-	X	-962,14	-414,44	-	-13%	-	-	183,68	820,94	9%	23%	8,15	4,23
-	X	-	X	X	-	-1044,20	-680,71	-	-	-	-	107,32	673,78	7%	20%	9,16	4,76
-	X	-	X	-	X	-1111,78	-702,86	-	-	-	-	183,68	820,94	9%	23%	8,15	4,23
X	-	-	X	X	-	-240,58	122,91	-1%	10%	-	7,80	107,32	673,78	7%	20%	9,16	4,76
X	-	-	X	-	X	-191,59	217,34	1%	13%	14,19	6,72	183,68	820,94	9%	23%	8,15	4,23

**Tabela A2.21 - Caso 4 Motor 2 MW (valor por kW)**

Autoconsumo		Benefícios		Nº Horas		Privado						Societal					
						VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)		VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)	
Sim	Não	Sim	Não	4000	4500	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
-	X	X	-	X	-	174,69	584,19	13%	26%	6,38	3,75	100,05	572,10	7%	20%	8,93	4,63
-	X	X	-	-	X	247,65	708,34	16%	29%	5,67	3,33	163,68	694,73	9%	23%	7,94	4,12
-	X	-	X	X	-	41,67	327,82	9%	18%	8,27	5,06	100,05	572,10	7%	20%	8,93	4,63
-	X	-	X	-	X	98,00	419,92	11%	21%	7,35	4,49	163,68	694,73	9%	23%	7,94	4,12
X	-	-	X	X	-	845,28	1131,44	32%	40%	3,06	2,48	100,05	572,10	7%	20%	8,93	4,63
X	-	-	X	-	X	1018,20	1340,12	37%	46%	2,68	2,18	163,68	694,73	9%	23%	7,94	4,12



Tabela A2.22 - Caso 5 Turbina Gás 10 MW (valores por kW)

Autoconsumo		Benefícios		Nº Horas		Privado						Societal					
						VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)		VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)	
Sim	Não	Sim	Não	4000	4500	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
-	X	X	-	X	-	168,91	681,45	11%	20%	8,14	4,78	71,60	692,46	5%	16%	12,05	6,08
-	X	X	-	-	X	260,12	836,72	13%	23%	7,24	4,25	150,64	849,11	7%	18%	10,71	5,41
-	X	-	X	X	-	11,68	369,82	7%	15%	10,38	6,38	71,60	692,46	5%	16%	12,05	6,08
-	X	-	X	-	X	83,23	486,14	9%	17%	9,22	5,67	150,64	849,11	7%	18%	10,71	5,41
X	-	-	X	X	-	967,47	1325,61	25%	31%	4,06	3,26	71,60	692,46	5%	16%	12,05	6,08
X	-	-	X	-	X	1174,62	1577,53	28%	35%	3,56	2,87	150,64	849,11	7%	18%	10,71	5,41

Tabela A2.23 - Caso 6 Turbina a Gás 20 MW (valores em kW)

Autoconsumo		Benefícios		Nº Horas		Privado						Societal					
						VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)		VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)	
Sim	Não	Sim	Não	4000	4500	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
-	X	X	-	X	-	323,58	836,12	15%	26%	6,32	3,85	154,23	775,09	7%	19%	10,28	5,18
-	X	X	-	-	X	423,79	1000,39	17%	29%	5,62	3,43	233,27	931,74	9%	21%	9,13	4,61
-	X	-	X	X	-	166,35	524,49	11%	19%	7,86	5,05	154,23	775,09	7%	19%	10,28	5,18
-	X	-	X	-	X	246,90	649,81	13%	22%	6,99	4,49	233,27	931,74	9%	21%	9,13	4,61
X	-	-	X	X	-	1122,14	1480,28	30%	37%	3,3	2,68	154,23	775,09	7%	19%	10,28	5,18
X	-	-	X	-	X	1338,30	1741,21	35%	43%	2,89	2,35	233,27	931,74	9%	21%	9,13	4,61

Tabela A2.24 - Caso 7 Turbina a Gás 20 MW (valores em KW)

Autoconsumo		Benefícios		Nº Horas		Privado						Societal					
						VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)		VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)	
Sim	Não	Sim	Não	4000	4500	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
-	X	X	-	X	-	829,39	1278,47	28%	39%	3,49	2,56	141,72	681,18	8%	19%	10,08	5,09
-	X	X	-	-	X	984,02	1489,23	32%	44%	3,10	2,28	210,39	817,28	9%	22%	8,96	4,52
-	X	-	X	X	-	672,15	966,84	25%	32%	4	3,14	141,72	681,18	8%	19%	10,08	5,09
-	X	-	X	-	X	807,13	1138,66	28%	36%	3,56	2,79	210,39	817,28	9%	22%	8,96	4,52
X	-	-	X	X	-	1627,94	1922,63	46%	52%	2,19	1,91	141,72	681,18	8%	19%	10,08	5,09
X	-	-	X	-	X	1898,52	2230,05	52%	60%	1,93	1,68	210,39	817,28	9%	22%	8,96	4,52

Tabela A2.25 - Caso 8 CCGT 100 MW (valores por kW)

Autoconsumo		Benefícios		Nº Horas		Privado						Societal					
						VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)		VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)	
Sim	Não	Sim	Não	4000	4500	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
	X		X	X		-22,41	262,60	6%	15%	11,22	6,4	135,94	662,98	8%	19%	10,15	8,12
	X		X		X	24,89	345,52	8%	17%	9,97	5,62	203,03	795,96	9%	22%	9,02	4,55

Tabela A2.26 - Caso 9 CCGT 200 MW (valores por kW)

Autoconsumo		Benefícios		Nº Horas		Privado						Societal					
						VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)		VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)	
Sim	Não	Sim	Não	4000	4500	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
-	X		X	X	-	51,73	372,36	9%	18%	9,31	5,31	229,87	822,80	10%	23%	8,42	4,25
-	X		X	-	X	4,43	289,44	7%	16%	10,47	5,97	162,78	689,82	8%	20%	9,47	4,78

Tabela A2.27 - Caso 10 CCGT 450 MW (valores por kW)

Autoconsumo		Benefícios		Nº Horas		Privado						Societal					
						VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)		VAL – limites (€)		TIR - limites		Payback (Anos)	
Sim	Não	Sim	Não	4000	4500	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
	X		X	X		5,35	290,36	7%	16%	10,44	5,96	163,70	690,74	9%	20%	9,45	4,77
	X		X		X	52,65	373,28	9%	18%	9,28	5,30	230,79	823,72	10%	23%	8,4	4,24