



**Maria Dias de Melo**

Licenciada em Ciências e Engenharia do Ambiente

**Relação empírica entre consumo de  
eletricidade com os eventos de  
temperatura extremos – ondas de calor e  
as Medidas de Adaptação do Setor  
Eletroprodutor às Alterações Climáticas**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas  
Ambientais

Orientadora: Doutora Sofia Simões, Investigadora da  
Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade  
Nova de Lisboa

Coorientadora: Professora Doutora Maria Júlia Seixas,  
Professora Associada com Agregação, Faculdade de  
Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professor Doutor Francisco Ferreira, Professor  
Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade  
Nova de Lisboa

Arguente: Mestre Pedro Costa, Direção de Infraestruturas e  
Redes - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

Vogal: Doutora Sofia Simões, Investigadora da Faculdade de  
Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa



[novembro 2018]

**Relação empírica entre consumo de eletricidade com os eventos de temperatura extremos – ondas de calor e as Medidas de Adaptação do Setor Eletroprodutor às Alterações Climáticas**

Copyright © Maria Dias de Melo, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa, 2018

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



*“Somente os extremamente sábios e os  
extremamente estúpidos é que não mudam  
as suas opiniões.”*

*- Confúcio*



## Agradecimentos

Esta tese é o culminar de um desafio de 5 anos, que não teria sido tão bom sem a contribuição de algumas pessoas a quem quero expressar o meu profundo agradecimento.

À minha orientadora desta aventura final, a Doutora Sofia Simões, por ter sempre o entusiasmo, paciência, paixão e uma luz otimista sobre o que tentámos atingir!

À Professora Doutora Maria Júlia Seixas, por me ter feito apaixonar pelo risco climático, por ter ouvido as minhas ideias e encaminhado para o que viria a ser esta tese.

À Dr.<sup>a</sup> Júlia Boucinha, da EDP Comercial, por toda a disponibilidade e visões diferentes sobre esta dissertação.

Às minhas pessoas-luz, que se tornaram numa família muito disfuncional, que nunca me deixaram cair nem duvidar que seria fenomenal este caminho. Ao Mário, à Luzia e ao Duarte por me terem mostrado que a vida é melhor juntos. À Maria, por ser a força motriz da minha vontade de deixar tudo um bocadinho melhor. À Íris e aos meus amigos, que sem nunca entenderem uma palavra do que eu dizia, me davam sempre mais força e motivação para encontrar soluções. Que este caminho tenha sido de descobertas e crescimento juntos, e que continue sempre assim!

Ao João, por toda a compreensão, paciência e amor. Obrigada por, no fim de tudo, seres o meu melhor amigo, o meu melhor confidente e o meu porto-seguro.

Aos pilares da minha vida, a Mãe, o Pai e o Mano, por me terem sempre apoiado em todas as loucuras, pelo encorajamento aos meus trilhos meio conturbados, pela compreensão das minhas faltas aos fins-de-semana, por me terem sempre guiado o melhor possível e por serem a minha casa mesmo à distância. Esta tese é vossa.

Aos que acreditaram sempre em mim ao longo desta jornada, o meu eterno obrigada.

*“Aqueles que passam por nós, não vão sós,  
não nos deixam sós. Deixam um pouco de si,  
levam um pouco de nós.”*

*- Antoine de Saint-Exupéry*



## Resumo

A presente dissertação de mestrado, enquadrada na temática das alterações climáticas, teve como objetivo central a análise do risco climático para empresas do setor eletroprodutor face a eventos extremos de temperatura elevada, bem como a identificação de estratégias a adotar para a adaptação da sua atividade com vista à minimização desse risco.

Para tal foram trabalhadas duas questões com abordagens faseadas distintas : (i) uma primeira fase analítica e de tratamento de dados de consumos diários de eletricidade (GWh) e temperaturas diárias (máximas, mínimas e médias, tendo também em consideração a temperatura normal diária) (em °C) de uma série temporal de 2003-2017, para se tentar encontrar a relação empírica entre o consumo de eletricidade e os eventos extremos de temperatura elevada; (ii) uma segunda fase destinada ao levantamento das medidas de adaptação às alterações climáticas, focando os eventos extremos de temperatura elevada, postas em prática noutras empresas do setor eletroprodutor que estejam sediadas em países com características semelhantes a Portugal.

Na primeira fase da análise utilizaram-se dois métodos (Método 1 e Método 2), que diferiram, essencialmente, na definição de evento extremo de temperatura elevada (onda de calor) utilizada. De referir que os resultados obtidos pelos dois métodos foram limitados, uma vez que para que se obtivesse uma relação entre o consumo de eletricidade durante um evento extremo de temperatura, seriam necessários mais dados do que apenas os de temperatura (i.e., dados de eficiência energética, densidade populacional, informações sobre eventos não relacionados com o clima que possam ter ocorrido durante o evento extremo de temperatura, etc.).

Com o Método 1 foram identificados 8 eventos extremos de temperatura elevada nos 14 anos analisados, sendo que 5 destes aconteceram durante os meses quentes (junho, julho ou agosto). Por sua vez, com o Método 2, foram identificados 23 eventos extremos de temperatura elevada, sendo que apenas 7 destes aconteceram nos meses quentes. A variação percentual do consumo de eletricidade diário verificada durante um evento extremo de temperatura elevada nos meses quentes foi muito semelhante para os dois métodos.

O Método 1 registou um aumento percentual de consumo de eletricidade diário durante um evento extremo de temperatura elevada nos meses quentes compreendida entre 3,15 – 9,12 (%), enquanto que no Método 2 os valores variaram entre 3,30 – 9,80 (%).

Durante a segunda fase da análise foi possível efetuar o levantamento de algumas das medidas de adaptação que empresas de outros países com características semelhantes a Portugal, já praticam ou visam praticar. De uma forma geral verificou-se que existem poucas medidas de adaptação identificadas pelas empresas focando eventos extremos de temperaturas elevadas.

De entre todas as medidas de adaptação identificadas, a diversificação do portfólio de geração de eletricidade, com o aumento do contributo das energias renováveis para o mesmo, foi a que mais consenso apresentou de entre os países e empresas/organizações estudados.

A Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas Portuguesa apresenta um conjunto de medidas no que diz respeito à adaptação do setor eletroprodutor. No entanto, não se encontram ainda evidências de implementação de medidas práticas de adaptação às alterações climáticas do setor e mais concretamente aos eventos extremos de temperatura elevada. A instalação de Smart Meters e agregação das cargas nos transformadores em tempo real por forma a se conseguir uma previsão mais segura das sobrecargas são também duas medidas de adaptação às AC. Ainda que os Smart Meters já sejam utilizados em Évora, o mesmo deveria ser implementado em outras cidades com maior densidade populacional.

**Palavras-chave:** Alterações climáticas, eventos extremos de temperatura elevada, medidas de adaptação, setor eletroprodutor, consumo de eletricidade

## Abstract

The present dissertation, within the scope of climate change, has as main goal the analysis of climate risk of electricity generation companies during high temperature extreme events, as well as the identification of strategies that can be adopted in order to adapt their activity and thus minimize their climate vulnerability.

The analysis has focused on two main issues over two separate phases: (i) the first issue was to assess an empirical relationship between electricity consumption and high temperature extreme events. This entailed the analysis of daily electricity consumption (GWh) and daily temperatures (maximum, minimum, medium and normal) (in °C) data, for the years 2003-2017; (ii) the second, a review and data collection on power companies' currently applied adaptation measures to climate change, focusing on high temperature extreme events.

Within the first phase two quantitative analytical methods were developed and implemented (Method 1 and Method 2). Their main difference was the considered definition of a "high temperature extreme event" (heat wave). It should be noted that for both methods the robustness of results was limited, since other factors besides temperature would ideally have to be analysed for a more comprehensive understanding of the mechanisms affecting the consumption of electricity during an extreme temperature event. Examples are: data on energy efficiency, population density in the areas with higher temperatures within the whole Portuguese territory, information on non-climatic events that may have occurred during the extreme temperature event.

In Method 1, 8 high temperature extreme events have been identified within the 14 years analysed. Within this 8, 5 occurred in warm months (June, July or August). In Method 2, 23 high temperature extreme events have been identified, with only 7 occurring in warm months. It was found a similar percentage increased in electricity daily consumption during a high temperature extreme event in warm months in both methods, of 3.15-9.12 (%) for Method 1 and of 3.30-9.80 (%) for Method 2.

Regarding the second phase of the analysis power companies' adaptation measures to climate risk were identified and analysed including measures already implemented or planned to be used). The analysis focused on companies of countries with climate similar to the Portuguese one.

Within all companies, organizations and countries reviewed, the most consensual adaptation measure was the diversification of the power generation portfolio, increasing the contribution of renewable energy.

It was concluded that The Portuguese National Climate Change Adaptation Strategy includes several diversified adaptations measures applicable to the power sector. However, there are almost none practical measures focusing adaption to high temperature extreme events. The installation of Smart Meters and the aggregation of loads in the transformers in real time in order to become a more reliable proof of the overloads are also two measures of adaptation to the AC, although the Smart Meters are already being used in Évora, the same should be implemented in other cities with higher population density.

**Keywords:** Climate change, heat waves, adaptation measures, energy sector, electricity consumption

# ÍNDICE DE MATÉRIAS

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento e motivação .....	1
1.2	Âmbito e objetivos .....	2
1.3	Organização da dissertação .....	3
2	o setor eletroprodutor e o risco climático .....	5
2.1	As alterações climáticas e os eventos de temperatura extremos .....	5
2.2	Como ficará o clima? Cenários esperados .....	8
2.2.1	Cenários climáticos para eventos extremos de temperatura .....	10
2.2.2	Cenários climáticos para Portugal .....	13
2.3	Impactes do clima no setor eletroprodutor .....	19
2.3.1	Setor eletroprodutor e políticas de mitigação .....	19
2.3.2	Infraestrutura do Setor Eletroprodutor e os impactes dos eventos climáticos extremos de temperatura .....	24
2.3.3	Consumo de eletricidade e eventos extremos de temperatura .....	26
2.4	Risco Climático, vulnerabilidade e adaptação do setor eletroprodutor .....	32
2.4.1	Enquadramento das estratégias de adaptação na Europa .....	34
2.4.2	Enquadramento das estratégias de adaptação adotadas em Portugal ..	37
2.5	O Mercado Elétrico .....	40
3	Metodologia .....	42
3.1	Primeira Fase – Relação empírica entre consumo de eletricidade e eventos extremos de temperatura elevada (ondas de calor) .....	43
3.1.1	Método 1 .....	43
3.1.2	Método 2 .....	44
3.2	Segunda Fase – Medidas de adaptação do setor eletroprodutor a eventos extremos de temperatura elevada .....	46
3.3	Limitações da metodologia .....	48
4	Análise da resposta do setor eletroprodutor .....	49

4.1	Relação empírica entre produção e consumo de eletricidade com eventos de temperatura extremos.....	49
4.1.1	Efeito dos eventos extremos de temperatura elevadas no consumo de eletricidade.....	49
4.1.1.1	Método 1.....	49
4.1.1.2	Método 2.....	63
4.1.1.3	Comparação entre Método 1 e Método 2 .....	70
4.1.1.4	Possível cenário futuro para o consumo de eletricidade.....	72
4.2	Levantamento das medidas de adaptação do setor eletroprodutor.....	76
5	O setor eletroprodutor e a sua adaptação às alterações climáticas.....	83
5.1	Gestão de risco e as medidas de adaptação adotadas pelo setor eletroprodutor	84
6	Conclusões .....	93
6.1	Síntese conclusiva.....	93
6.2	Linhas para investigações futuras.....	95
	Referências Bibliográficas .....	98
7	Anexo.....	104
	ANEXO I.....	105
	ANEXO II .....	107



## Índice de Figuras

Figura 2.1-Níveis de risco associados às AC (Fonte: adaptado de IPCC, 2014).....	6
Figura 2.2 - Emissões de GEE históricas e RCPs (Fonte: Kummer, 2015. Disponível em: <a href="https://judithcurry.com/2015/12/13/a-closer-look-at-scenario-rcp8-5">https://judithcurry.com/2015/12/13/a-closer-look-at-scenario-rcp8-5</a> ) .....	9
Figura 2.3 - Causas e consequências dos cenários RCPs. (Fonte: adaptado de CoastAdapt, 2014).....	10
Figura 2.4 - Comparação das diferenças de temperatura registadas mensalmente dos anos de 1998, 2005, 2009, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017. (Fonte: NOAA, 2017) .....	10
Figura 2.5 - Desvio de temperatura segundo o período de referência para junho de 2017 (Fonte: Copernicus, 2017) .....	12
Figura 2.6 - Desvio de temperatura tendo em conta o período de referência no mês de junho de 2017. (Fonte: Copernicus, 2017) .....	13
Figura 2.7 - Cenário apresentado para o RCP 4.5 no período de tempo 2011-2040, tendo em conta o número de dias em que possivelmente existirão ondas de calor (Fonte: adaptado de Portal do Clima, 2018).....	15
Figura 2.8 - Cenário apresentado para o RCP 8.5 no período de tempo 2011-2040, tendo em conta o número de dias em que possivelmente existirão ondas de calor (Fonte: adaptado de Portal do Clima, 2018).....	15
Figura 2.9 - Cenário apresentado para o RCP 4.5 no período de tempo 2071-2100, tendo em conta o número de dias em que possivelmente existirão ondas de calor (Fonte: adaptado de Portal do Clima, 2018).....	16
Figura 2.10- Cenário apresentado para o RCP 8.5 no período de tempo 2071-2100, tendo em conta o número de dias em que possivelmente existirão ondas de calor (Fonte: adaptado de Portal do Clima, 2018).....	17
Figura 2.11 - Evolução da anomalia da temperatura média na Península Ibérica segundo diversos modelos globais (GCMs) (Fonte: IPCC WGI, 1996).....	18
Figura 2.12 - Mix de produção de eletricidade para a Europa em 2017 (Fonte: Agora Energiewende, 2018).....	20
Figura 2.13 - Mix de produção de eletricidade durante o 1º semestre de 2018. (Fonte: APREN, disponível em: <a href="http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao">http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao</a> ; consultado dia 9 de abril de 2018) .....	21

Figura 2.14 - Evolução do mix de produção de eletricidade em Portugal desde o 1º semestre de 2016 até ao 1º semestre de 2018 (Fonte: APREN, disponível em: <a href="http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao">http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao</a> ; consultado dia 9 de abril de 2018) .....	21
Figura 2.15 Produção anual de energia elétrica com base em FER, em Portugal, em 2016 (Fonte: APREN, disponível em: <a href="http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao">http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao</a> ; consultado dia 9 de abril de 2018) .....	22
Figura 2.16 - Demonstrador ECEM (Fonte: Climate Copernicus. Disponível em: <a href="https://demos.the-iea.org">https://demos.the-iea.org</a> . Consultado a 17 de abril de 2018) .....	31
Figura 2.17 - Clim4energy (Fonte: Climate Copernicus. Disponível em: <a href="http://c4e-visu.ipsl.upmc.fr/">http://c4e-visu.ipsl.upmc.fr/</a> . Consultado a 17 de abril de 2018) .....	32
Figura 2.18 - Estruturação da vulnerabilidade tendo em conta a exposição e a capacidade de adaptação (Fonte: Clim2Power, 2018) .....	33
Figura 2.19 - Relação entre os fatores climáticos e não-climáticos com medidas de adaptação e outro tipo de decisões influenciadas pelo risco climático (Fonte: Willows & Connell, 2003) .....	34
Figura 2.20 - Resumo das prioridades definidas na Estratégia de Adaptação às AC adotada pela UE (Fonte: Climate-Adapt. Disponível em: <a href="http://climate-adapt.eea.europa.eu/eu-adaptation-policy/strategy">http://climate-adapt.eea.europa.eu/eu-adaptation-policy/strategy</a> . Consultado a 10 abril de 2018). .	35
Figura 2.21 - Articulação das diversas áreas temáticas e grupos setoriais com os objetivos da ENAAC (Fonte: DL n.º 87/2015. Disponível em: <a href="https://dre.pt/application/file/69906414">https://dre.pt/application/file/69906414</a> ) .....	37
Figura 2.22 - Evolução da organização do setor elétrico (Fonte: Santos, 2007).....	40
Figura 3.1 - Esquema síntese da metodologia .....	42
Figura 4.1 - Variação anual da média dos consumos de eletricidade anuais com as temperaturas médias anuais.....	57
Figura 4.2 - Variação da média dos consumos de eletricidade dos meses quentes com as temperaturas médias dos meses quentes.....	57
Figura 4.3 - Variação do percentil 90 dos meses ao longo de toda a série temporal 2003-2017. ....	64
Figura 4.4 - Variação do percentil 90 dos meses quentes ao longo da série temporal 2003-2017. ....	65

Figura 4.5 - Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade dos transportes e da distribuição de eletricidade em relação aos eventos de temperatura extremos estudados. ....	76
Figura 4.6 - Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade das centrais termoelétricas de base fóssil em relação aos eventos de temperatura extremos estudados. ....	77
Figura 4.7 -Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade das centrais termoelétricas de biomassa em relação aos eventos de temperatura extremos estudados. ....	77
Figura 4.8 - Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade das centrais de solar fotovoltaico em relação aos eventos de temperatura extremos estudados. ....	78
Figura 4.9 - Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade das centrais hidroelétricas em relação aos eventos de temperatura extremos estudados. ....	78
Figura 4.10 - Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade das centrais eólicas em relação aos eventos de temperatura extremos estudados. ....	79
Figura 4.11 - Resposta do questionário quanto às medidas de adaptação que as empresas estão a pôr em prática, em percentagem. ....	79
Figura 4.12 - Resposta ao inquérito sobre a existência de uma equipa responsável pela gestão do risco climático. ....	80
Figura 5.1 - Etapas da metodologia comum à adaptação climática e à vertente organizacional (Adaptado de: Sardà et al., 2014). ....	84
Figura 6.1 - Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Köppen. (Fonte: IPMA, disponível em: <a href="https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/">https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/</a> , consultado a 14 de junho de 2018).....	97



## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Mudanças observadas e sumário dos cenários futuros à escala global. (Fonte: adaptado de SREX, 2012).....	11
Tabela 2.2 - Eventos climáticos extremos de temperatura registados desde 1950 e fazendo a previsão tendo em conta as mudanças decorrentes no século XX e XXI (Fonte: IPCC 2012).....	18
Tabela 2.3 - Vulnerabilidades e impactes das infraestruturas lineares, associados aos eventos extremos climáticos de temperatura (Fonte: Adaptado de Relatório do Subgrupo Energia para uma Estratégia Nacional de Adaptação às AC (2012)).	24
Tabela 2.4 - Vulnerabilidades e impactes das infraestruturas fixas, associados aos eventos extremos climáticos de temperatura (Fonte: adaptado de Relatório do Subgrupo Energia para uma Estratégia Nacional de Adaptação às AC (2012)).	25
Tabela 2.5 - Artigos analisados no âmbito da temática: os impactes das AC no setor eléctrico .....	26
Tabela 2.6 - Medidas de adaptação identificadas para infraestruturas lineares (Fonte: adaptado de Relatório do Subgrupo Energia para uma Estratégia Nacional de Adaptação às AC (2012)).	38
Tabela 2.7 - Medidas de adaptação identificadas para infraestruturas fixas (Fonte: adaptado de Relatório do Subgrupo Energia para uma Estratégia Nacional de Adaptação às AC (2012)).	39
Tabela 3.1- Eventos climáticos extremos e principais empresas do setor eletroprodutor dos países tidos em consideração.....	46
Tabela 3.2 – Empresas e Organizações Portuguesas contactadas através de e-mail para participação no inquérito.....	47
Tabela 4.1 - Análise dos meses de 2003, tendo sido feita a divisão mensal através das respetivas semanas com maior consumo de eletricidade. Os meses quentes encontram-se assinalados, sendo que o mês que registou uma maior diferença percentual de consumo de eletricidade se encontra a negrito.....	51
Tabela 4.2 - Análise dos meses de 2017, tendo sido feita a divisão mensal através das respetivas semanas. Os meses quentes encontram-se assinalados, sendo que o mês que registou uma maior diferença percentual de consumo de eletricidade se encontra a negrito. ....	54

Tabela 4.3 - Síntese do método 1, apresentando unicamente os meses de junho-outubro. Os eventos extremos de temperatura elevadas que ocorreram em meses quentes, estão identificados com cor diferente. ....	59
Tabela 4.4 - Análise de sensibilidade do método 1, para os meses quentes. ....	62
Tabela 4.5 - Síntese do método 2, apresentado unicamente os eventos extremos de temperatura elevada. Os eventos extremos de temperatura elevada que ocorreram nos meses quentes estão representados com uma cor diferente. ....	66
Tabela 4.6 – Síntese do método 2 com respetiva concordância entre a maior temperatura registada e o maior consumo de eletricidade. ....	69
Tabela 4.7 - Comparação entre Método 1 e Método 2. ....	71
Tabela 4.8 - Estimativa do número de eventos extremos de temperatura elevada anual e para meses quentes, para RCP 4.5 e RCP 8.5 nos períodos de tempo 2041-2070 e 2071-2100. ....	74
Tabela 4.9 - Consumo diário de eletricidade durante evento extremo de temperatura elevada para meses quentes, aplicado a cenário RCP8.5 (2041-2070), para as cidades de Bragança, Almada e Évora. ....	75
Tabela 5.1 - Medidas de adaptação postas em prática por país/empresa do setor eletroprodutor. ....	85
Tabela 7.1 - Síntese do ano de 2003, segundo o método 1. ....	107
Tabela 7.2 - Síntese do ano de 2004, segundo o método 1. ....	110
Tabela 7.3 - Síntese do ano de 2005, segundo o método 1. ....	113
Tabela 7.4 - Síntese do ano de 2006, segundo o método 1. ....	115
Tabela 7.5 - Síntese do ano de 2007, segundo o método 1. ....	117
Tabela 7.6 - Síntese do ano de 2008, segundo o método 1. ....	119
Tabela 7.7 - Síntese do ano de 2009, segundo o método 1. ....	121
Tabela 7.8 - Síntese do ano de 2010, segundo o método 1. ....	123
Tabela 7.9 - Síntese do ano de 2011, segundo o método 1. ....	125
Tabela 7.10 - Síntese do ano de 2012, segundo o método 1. ....	127
Tabela 7.11 - Síntese do ano de 2013, segundo o método 1. ....	129
Tabela 7.12 - Síntese do ano de 2014, segundo o método 1. ....	131

Tabela 7.13 - Síntese do ano de 2015, segundo o método 1.....	133
Tabela 7.14 - Síntese do ano de 2016, segundo o método 1.....	135
Tabela 7.15 - Síntese do ano de 2017, segundo o método 1.....	137

## Lista de acrónimos e siglas

AC - Alterações climáticas

C3S - *Copernicus Climate Change Services*

CELE - Comércio de licenças de emissão de GEE

CHT - *Combined Hot days and Tropical nights*

CQNUAC - Conferência Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas

D<sub>90</sub> - Decil 90

DGEG - Direcção-Geral de Energia e Geologia

ECEM - *European Climatic Energy Mixes*

ECPs - *Extended Concentration Pathways*

EDP - Energias de Portugal

EFFIS - Sistema Europeu de Informação de Incêndios Florestais

EMAAC - Estratégias Municipais de Adaptação às AC

EN AAC - Estratégia Nacional de Adaptação às AC

ETCCDI - *Expert Team on Climate Change Detection and Indices*

GEE - Gases com efeito de estufa

HWDI - *Heatwave duration index*

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPMA - Instituto Português do Mar e Atmosfera

JRC - Joint Research Centre

MIBEL - Mercado Ibérico de Eletricidade

NAO - *North Atlantic Oscillation*

ONERC – *National Observatory for the Effects of Global Warming*

P<sub>90</sub> - Percentil 90

PESETA - *Projection of Economic impacts of Climate change in sectors of de EU based on bottom up analysis*

PNAC 2020/2030 - Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030

PNAER - Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

RCPs - *Representative Concentration Pathways*

REN - Redes Energéticas Nacionais

RNBC - Roteiro Nacional de Baixo Carbono

SRES – *Special Report on Emissions Scenarios*

SREX - *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*

UE - União Europeia

WMO - *World Meteorological Organization*

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento e motivação

Desde a última década do século XX que a questão das alterações climáticas (AC) tomou uma enorme proporção e tem ocupado um lugar central nas preocupações dos líderes mundiais e de todas as empresas e organizações.

A partir do momento em que foi reconhecido que as emissões antropogénicas têm um papel central e fulcral no contributo para o aquecimento global, a questão ganhou ênfase. Os impactes tornaram-se cada vez mais claros e visíveis em diversas regiões do planeta e, para além de toda a envolvente climática e nos ecossistemas naturais, estes impactes fizeram-se notar também na sociedade.

É esperado que no setor eletroprodutor se sintam alterações significativas no que toca à distribuição e procura de eletricidade. Os eventos climáticos extremos representam uma preocupação considerável para as empresas do setor, dado que todas as fontes de energia renováveis desde a eólica à solar, bem como as infraestruturas do setor, podem sofrer interrupções e mudanças drásticas devido aos mesmos (Schaeffer *et al.*, 2012).

É assim necessário um enquadramento e estudo aprofundado das medidas de mitigação adaptadas à procura de eletricidade, e das medidas de adaptação das empresas do setor eletroprodutor em relação às alterações que já estão a ter lugar nos dias de hoje (Wenz, Levermann and Auffhammer, 2017).

A motivação para este projeto surgiu da importância reconhecida sobre o risco climático aplicado ao setor eletroprodutor. A compreensão de como as alterações climáticas poderão afetar diretamente a produção e a distribuição de eletricidade, bem como quais os cenários climáticos que iríamos enfrentar e qual o seu contributo para a sociedade futura, justificam a necessidade de investigar a resiliência deste setor e as respetivas medidas de adaptação que estão a ser postas em prática noutros países e em Portugal. Só desta forma será possível preparar e precaver as eventuais consequências de um cenário climático futuro extremo que se venha a concretizar.

## 1.2 Âmbito e objetivos

Esta dissertação desenvolvida para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, tem como objetivo central a análise do risco climático para empresas do setor eletroprodutor face a eventos extremos de temperatura elevada, bem como a identificação de estratégias a adotar para a adaptação da sua atividade com vista à minimização desse risco.

A dissertação foca-se no caso de estudo Português, em colaboração com a EDP – Energias de Portugal, S.A., mas analisando também abordagens noutros países com um clima semelhante a Portugal e outras empresas de produção de eletricidade.

Pretende-se analisar quais os efeitos com maior probabilidade de ocorrência resultantes de ondas de calor e de temperaturas elevadas, que afetam o consumo de eletricidade, e quais os impactes que estes eventos climáticos extremos representam para as empresas geradoras de eletricidade. Pretende-se ainda sugerir ou melhorar estratégias proactivas, para que as empresas do setor eletroprodutor se tornem mais resilientes às consequências das alterações climáticas.

A dissertação pretende assim responder às seguintes principais questões:

- Qual a melhor forma de estimar a ocorrência de ondas de calor no consumo de eletricidade no Sul da Europa?
- Quais os efeitos de maior ocorrência de ondas de calor futuras no consumo de eletricidade no Sul da Europa, em geral, e em Portugal em particular?
- Quais os impactes/risco climático para as empresas geradoras de eletricidade?
- Quais as estratégias atuais para lidar com risco climático relativo às ondas de calor/temperaturas elevadas das empresas geradoras de eletricidade no mundo em eventos de ondas de calor/temperaturas elevadas?
- Que sugestões podem ser dadas para melhorar as atuais estratégias de adaptação e qual a sua aplicabilidade em Portugal?

Nesta dissertação quantificou-se o impacto das ondas de calor e das temperaturas elevadas, no consumo de eletricidade em Portugal em eventos passados. Investigou-se ainda que outros fatores deverão ser considerados.

Desenvolveu-se uma relação empírica entre a produção e o consumo de eletricidade passados, em condições de temperatura média, e em situações de eventos extremos, preferencialmente para uma resolução temporal mensal ou semanal. A relação empírica desenvolveu-se a partir do estudo e tratamento analítico dos seguintes parâmetros:

- Dados climáticos dos últimos 14 anos, fornecidos pelo IPMA – Instituto Português do Mar e Atmosfera;
- Dados de consumo de eletricidade (valores diários com o maior número possível de anos passados), fornecidos pela REN – Redes Energéticas Nacionais;
- Identificação de cenários climáticos futuros com informação sobre probabilidade de maior ocorrência de ondas de calor.

### **1.3 Organização da dissertação**

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos, incluindo esta Introdução onde é apresentada a motivação para a realização da dissertação, bem como o enquadramento da contribuição do setor eletroprodutor na questão das alterações climáticas (AC). São ainda definidos os objetivos e a metodologia geral que permitiu a realização da presente dissertação de mestrado.

O segundo capítulo, denominado por “o setor eletroprodutor e o risco climático”, analisa a informação existente sobre as alterações climáticas e os eventos de temperatura extremos (ondas de calor e temperaturas elevadas), quais os cenários climáticos futuros e os eventos de temperatura extremos esperados tanto a nível mundial como para Portugal. O mesmo capítulo identifica ainda quais os impactes do clima no setor eletroprodutor, quais as políticas de mitigação já adotadas, os impactes que os eventos de temperatura elevada têm nas infraestruturas do setor e uma revisão de literatura sobre os artigos já publicados que relacionem os eventos extremos de temperatura elevada com o consumo de eletricidade em países com características semelhantes a Portugal. É ainda feita uma pequena introdução ao funcionamento do mercado elétrico em Portugal.

O terceiro capítulo é dedicado à metodologia, que se divide em duas partes distintas, uma primeira parte analítica e de tratamento de dados que tem como objetivo o estabelecimento de uma relação entre o consumo de eletricidade e os eventos de temperatura elevada extremos; e uma segunda fase de levantamento das medidas de adaptação a eventos de ondas de calor e temperaturas elevadas já adotadas no setor eletroprodutor noutros países. Devido à falta de informação disponível online, foi necessário recorrer a um inquérito que foi enviado tanto a empresas/organizações de outros países como a empresas/organizações Portuguesas que tivessem relação com o setor.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos tendo em conta cada método e cada fase.

O quinto capítulo é dedicado exclusivamente à gestão de risco que o setor eletroprodutor faz dos eventos climáticos extremos de temperatura elevada a que está sujeito. Apresenta também as medidas de adaptação que estão a ser ou visam ser postas em prática por país e, quando possível, por empresa do setor eletroprodutor sediada nele.

No sexto capítulo são apresentadas as conclusões, bem como propostas linhas de ação para futuros trabalhos sobre o tema.

## 2 O SETOR ELETROPRODUTOR E O RISCO CLIMÁTICO

### 2.1 As alterações climáticas e os eventos de temperatura extremos

O percurso crescente das AC ao longo da história da humanidade pode ser facilmente acompanhado. Desde a revolução industrial do séc. XIX que as concentrações de gases com efeito de estufa (GEE) têm vindo a aumentar. Apesar de bem documentada, foi apenas no final dos anos 80 que as AC tiveram um papel preponderante nas agendas sociais e políticas. Em 1972 ocorreu a primeira conferência do clima em Estocolmo, resultando na criação do *United Nations Environment Programme* (UNEP). Em 1988 é dada uma importante relevância ao tema, o que promoveu o desenvolvimento do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

Segundo a Conferência Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC) de 2000, estas podem ser definidas como o resultado de uma mudança no clima atribuída, direta ou indiretamente, à atividade humana que altera a composição global da atmosfera. Complementando a definição, o IPCC, acrescentou que as AC resultam de uma variação estatisticamente significativa (séries de 30 anos) no estado médio do clima ou na sua variabilidade, sem identificação absoluta das causas da mudança.

A questão dos eventos climáticos extremos vem dos primórdios da História da humanidade. No entanto, a vulnerabilidade atual não tem quaisquer precedentes o que torna essencial aprofundar ao máximo o conhecimento e os impactos dos mesmos (Assunção & Dias, 2014).

As observações diretas das AC no clima atual permitem inferir que o aquecimento do sistema climático é inequívoco, o que é evidenciado através do aumento das temperaturas médias globais do ar e dos oceanos, da fusão do gelo e neve e ainda da subida do nível médio do mar (Relatório do Estado do Ambiente, 2017).

Os eventos climáticos extremos têm reproduzido consequências catastróficas tanto a nível social como económico, pelo que começaram a ser estudados os riscos dos mesmos e a serem desenvolvidos planos de mitigação e adaptação (Easterling *et al.*, 2000). Embora não existam provas conclusivas sobre qual a causa que leva a que um determinado padrão climático origine eventos extremos climáticos, existem estudos, como o de Grimm (1995), que estabelece uma conexão entre os mesmos.

Os eventos climáticos extremos são raros, o que significa que existem poucos dados disponíveis para que seja possível uma clara mudança na frequência ou intensidade dos mesmos. Quanto mais raro for o evento, mais difícil se torna identificar quais as mudanças a longo prazo. No entanto, dado que este estudo se baseia unicamente nos eventos climáticos extremos relacionados com a temperatura, os dados têm uma série temporal superior, o que os torna mais consistentes, dependendo sempre da uniformidade geográfica bem como das tendências adotadas para um determinado fenómeno (IPCC, 2012).

Segundo o IPCC (2014), o risco de ocorrerem eventos climáticos extremos aumenta gradualmente com o aumento da temperatura média global registada, como se pode observar através da Figura 2.1.

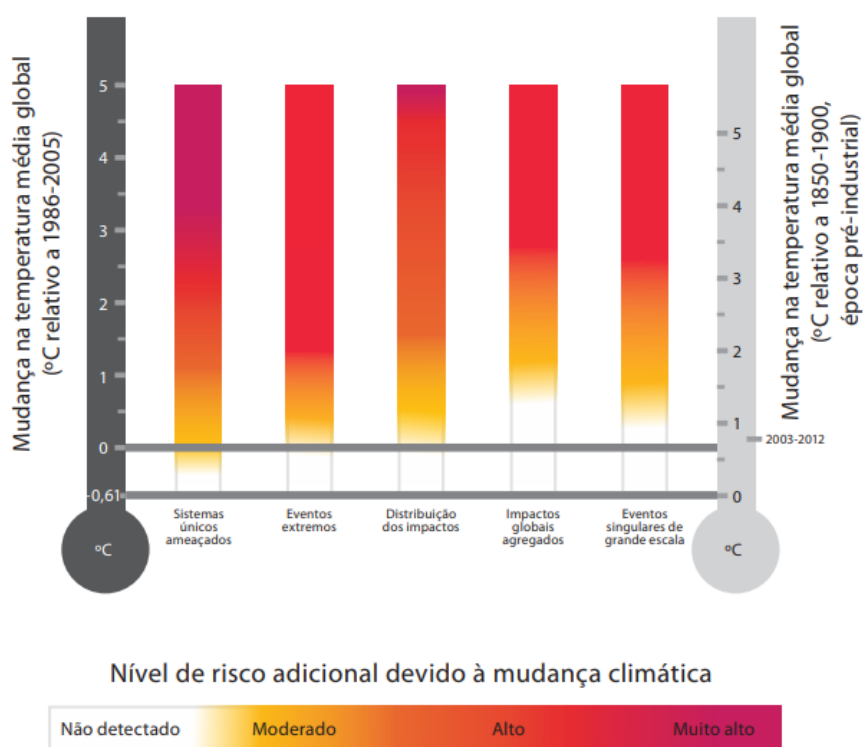


Figura 2.1-Níveis de risco associados às AC (Fonte: adaptado de IPCC, 2014)

No 4º relatório de avaliação do IPCC são evidentes as assimetrias regionais na distribuição de impactes, sendo que a região Mediterrânica e o Sul da Europa foram as zonas consideradas como mais vulneráveis e, conseqüentemente, as que irão sofrer impactes negativos mais significativos.

As projeções apontam para temperaturas mais altas e situações de seca acentuada, com redução de disponibilidades hídricas e, por conseqüente, uma diminuição da contribuição da potência hídrica, implicações no turismo e também na produtividade

agrícola. São também projetados aumentos do risco no que diz respeito à saúde dado que as ondas de calor vão ser mais frequentes e também está previsto que a frequência dos fogos florestais seja maior.

Importa, pois, definir quais os eventos climáticos extremos de temperatura que serão estudados mais em detalhe ao longo deste projeto. É também de referir que não existe uma definição correta de onda de calor, pelo que serão apresentadas as várias definições e depois será escolhida a que mais se adequa a este estudo.

Segundo Luber & McGeehin (2008), as ondas de calor são caracterizadas por uma estagnação das massas de ar quente e por dias e noites com temperaturas mínimas muito altas para períodos de tempo de referência.

Segundo o IPMA, baseando-se na World Meteorological Organization (WMO), considera-se a ocorrência de uma onda de calor quando num intervalo de pelo menos 5 dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5°C ao valor médio diário para um mesmo período de referência (1986-2000), ou para uma série de 30 anos, sendo esta metodologia designada por *Heatwave duration index* (HWDI). Esta definição relaciona-se intimamente com o estudo e análise da variabilidade climática, deixando de parte os impactes na saúde pública que as temperaturas extremas em períodos curtos podem provocar.

Existem ainda outros índices para determinação das ondas de calor.

A definição mais recente de onda de calor da WMO, propõe que uma onda de calor seja demarcada por temperaturas anómalas mais altas (máxima, mínima e média diária) numa determinada região por, pelo menos, dois dias consecutivos e durante a época do ano mais quente, em que as condições climatológicas e térmicas registadas se situem acima do limiar para a região (Task Team on the Definition of Extreme Weather and Climate Events, 2016).

(Fischer and Schär, 2010), definiram os *combined hot days and tropical nights* (CHT), em que se consideram a média dos dias com temperaturas superiores a 35°C e temperaturas mínimas de 20°C, durante um mês, sendo assim possível contabilizar os dias com temperaturas elevadas tendo em conta uma média das temperaturas consideradas normais para o mesmo período de tempo.

Segundo (Alexander *et al.*, 2006), e apoiado pela *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI), uma onda de calor pode ser caracterizada pelos dias em que a temperatura máxima é superior ao percentil 90 ( $P_{90}$ ) desse mês, numa janela de 5 dias consecutivos, considerando como temperatura normal diária a média de uma série superior a 30 anos.

Collins et al. (2000), definiu os dias quentes/eventos diários de temperaturas elevadas, como sendo a frequência em que ocorriam 3-5 dias de temperaturas máximas superiores a 35°C, e noites quentes/ eventos noturnos de temperaturas elevadas, com a mesma metodologia, mas aplicada a noites com temperaturas máximas superiores a 20°C.

Associado às ondas de calor e aos períodos de seca extremos, Portugal é extremamente afetado pelos incêndios florestais. No ano de 2017 os incêndios florestais em Portugal provocaram 111 mortes e mais de 6,1% do território nacional queimado. As perdas foram não só desastrosas em termos pessoais e ecológicos, como também as perdas económicas registaram o valor mais elevado da Europa com esta causa, custando cerca de €820 bilhões e com indemnizações superiores a €300 milhões. Tendo em conta o Sistema Europeu de Informação de Incêndios Florestais (EFFIS), Portugal, além de ter uma localização geográfica favorável aos ventos fortes atlânticos, às suas temperaturas elevadas e às secas prolongadas que se fizeram sentir, não tem estratégias de adaptação e mitigação eficazes às AC (Benfield, 2017).

## 2.2 Como ficará o clima? Cenários esperados

Os modelos climáticos são instrumentos com uma importância substancial no que diz respeito ao estudo das AC dado que permitem, por meio de simulação do sistema climático, interpretar o comportamento recente do clima e obter cenários do clima futuro (Miranda *et al.*, 2006).

Os modelos climáticos atuais são mais complexos, realistas e fiáveis dado que se baseiam em vários fatores: subsistemas atmosfera e oceano, as suas interações e a descrição dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem entre eles e que determinam o clima naquele local. No entanto, todo o modelo climático conhecido até à data é incompleto e envolto de vários tipos de aproximações (Miranda *et al.*, 2006).

Em 1992 o IPCC publicou o primeiro conjunto de cenários climáticos, denominados de IS92. Em 2000 surgiu a necessidade de atualizar as projeções e foi publicado o *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES), essencial para fornecer pontos de referência globais. Os cenários não têm como objetivo prever o futuro mas sim ajudar a compreender quais os fenómenos que podem ocorrer e ajudar a que se encontrem alternativas seguras (Noble *et al.*, 2015).

No SRES os cenários são baseados em quatro possíveis projeções do desenvolvimento socioeconómico futuro – A1, A2, B1 e B2 – que incluem de forma coerente os fatores demográficos, sociais, económicos e também tecnológicos. Cada cenário permite projetar um cenário da evolução dos GEE até final do século XXI.

No entanto, nenhum dos cenários acima referidos tem em consideração as medidas de mitigação adotadas no âmbito do Protocolo de Quioto nem da CQNUAC. Fazendo a ponte entre os cenários e a respectiva comparação, são os cenários A os que representam um crescimento de emissões de GEE mais elevado e são também estes os cenários em que a população atinge o seu máximo em meados do século XXI (IPCC, 2012).

Em 2007, os investigadores de clima adotaram cenários conhecidos como *Representative Concentration Pathways* (RCP), de forma a conseguirem ter um leque de possíveis cenários tendo em conta a evolução dos GEE na composição da atmosfera (Meinshausen *et al.*, 2011). Como pode ser observado na Figura 2.2, as emissões estão próximas do RCP 8.5, o que tem consequências catastróficas.

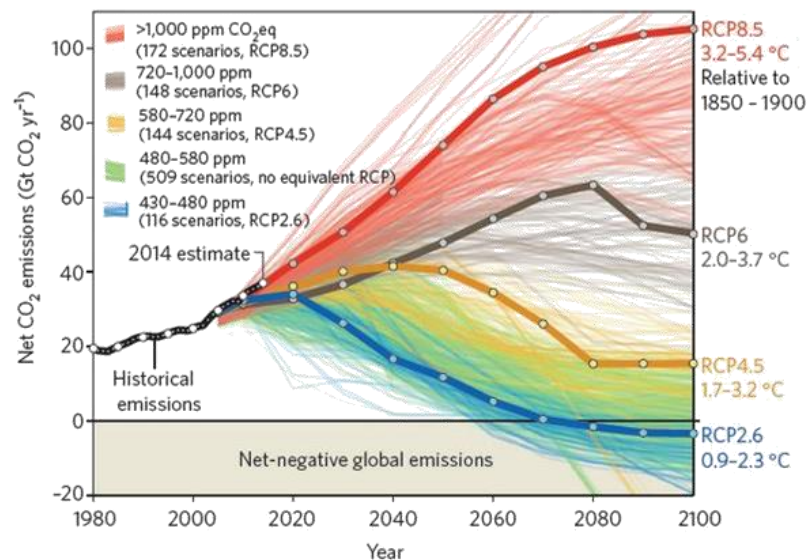


Figura 2.2 - Emissões de GEE históricas e RCPs (Fonte: Kummer, 2015. Disponível em: <https://judithcurry.com/2015/12/13/a-closer-look-at-scenario-rcp8-5>)

Os cenários de emissões apresentados através dos RCP apenas cobrem o período de 2005 a 2100. No entanto, se quisermos ter noção das AC a longo prazo é necessária a extrapolação de dados para além de 2100.

Na Figura 2.3 estão representados os cenários RCP, determinando as suas causas e as suas consequências, os dados apresentados têm como período de referência 1986-2005 e os dados apresentados são para o período de tempo 2080-2100.

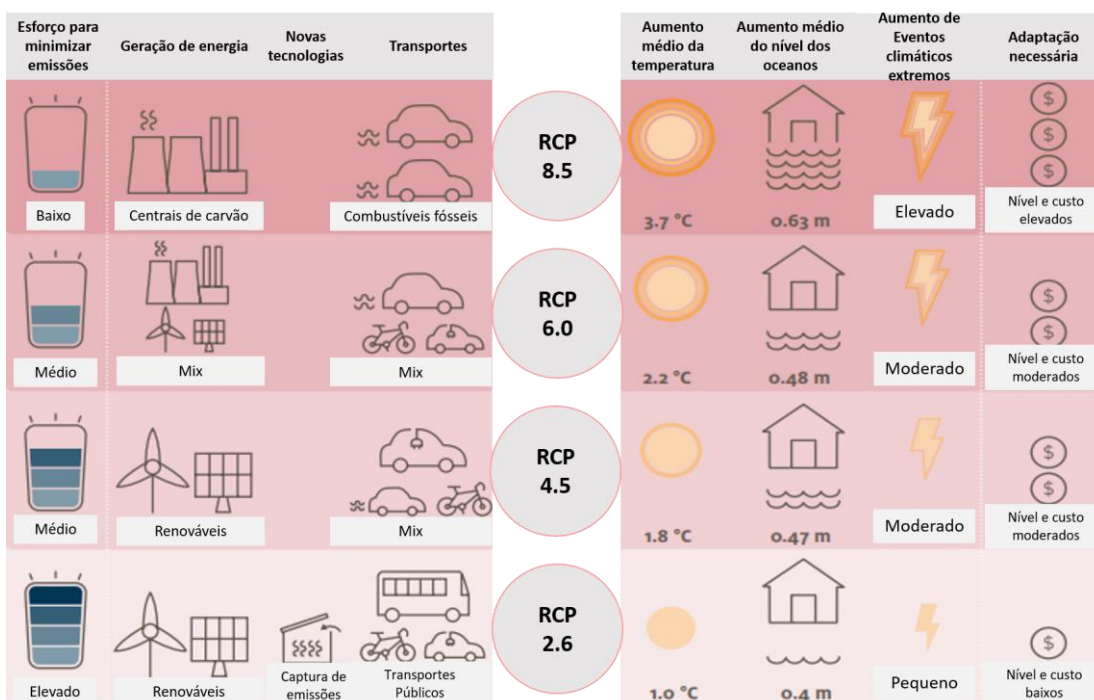


Figura 2.3 - Causas e consequências dos cenários RCPs. (Fonte: adaptado de CoastAdapt, 2014)

### 2.2.1 Cenários climáticos para eventos extremos de temperatura

Até 2017, o ano de 2016 foi aquele que registou um aumento mais significativo da temperatura média global anual (+ 0,94°C), tal como pode ser observado na Figura 2.4. As temperaturas registadas correspondem à “anomalia” registada tendo como comparação as temperaturas registadas no século XX (NOAA, 2017).

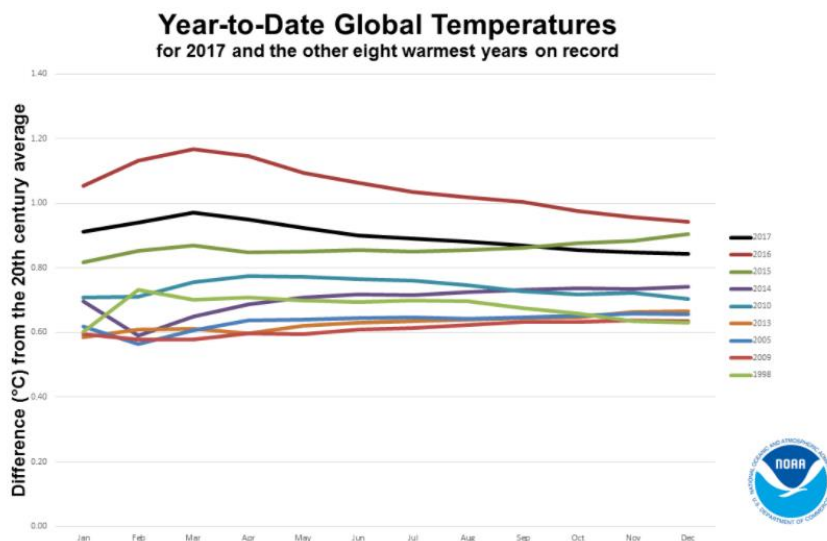


Figura 2.4 - Comparação das diferenças de temperatura registadas mensalmente dos anos de 1998, 2005, 2009, 2010, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017. (Fonte: NOAA, 2017)

Uma mudança no clima leva a uma mudança na intensidade, frequência, duração e previsibilidade tanto das condições meteorológicas como dos eventos climáticos extremos. As alterações que podem acontecer nestes eventos extremos podem estar relacionadas diretamente com as alterações das condições meteorológicas dado que nos modelos climáticos, algumas variáveis podem não corresponder exatamente às condições registadas numa região. Alguns fenómenos como o El Niño provocam alterações na frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos mesmo em regiões mais distantes (IPCC, 2012).

Na Tabela 2.1, adaptada do *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* (SREX), é possível termos uma visão geral do das mudanças ocorridas na temperatura (visíveis na Figura 2.5) desde 1950, bem como a sua causa provável e as mudanças previstas até 2100 tendo em conta os fenómenos que tiveram lugar no século 20. Importa referir que os níveis estão distribuídos por níveis de confiança em: praticamente certo, muito provável, provável, nível de confiança médio e improvável ou com um nível baixo de confiança.

Tabela 2.1 - Mudanças observadas e sumário dos cenários futuros à escala global. (Fonte: adaptado de SREX, 2012)

	Mudanças observadas (desde 1950)	Possíveis causas	Mudanças previstas até 2100
Temperatura	<p><b>Muito provável:</b> diminuição do número de dias e noites com temperaturas baixas à escala global.</p> <p><b>Muito provável:</b> aumento do número de dias e noites com temperaturas muito altas.</p> <p><b>Nível de confiança médio:</b> aumento das ondas de calor em muitas regiões.</p>	<p><b>Provável:</b> influência antropogénica (GEE).</p>	<p><b>Praticamente certo:</b> diminuição na frequência e magnitude dos dias e noites com temperaturas baixas à escala global.</p> <p><b>Praticamente certo:</b> aumento da frequência e magnitude dos dias e noites com temperaturas muito altas à escala global.</p> <p><b>Muito provável:</b> aumento da frequência, intensidade e duração das ondas de calor à escala global.</p>

Além do que está enunciado na Tabela 2.1, não só se sentiu uma anomalia muito elevada na temperatura média e uma diminuição da amplitude térmica diurna, como também há outros sinais claros de que a temperatura da troposfera está a aumentar.

Os glaciares estão a recuar, sendo que desde 1980 que a velocidade aumentou significativamente. O Ártico é o local onde estas manifestações das AC são mais evidentes dado que a área dos gelos permanentes na região do Pólo Norte está a diminuir cerca de 3% por década (Santos, 1990).

Segundo a *World Meteorological Organization* (WMO), em 2017, as altas temperaturas sentidas durante os meses de maio, junho e julho, principalmente, foram também desencadeadoras de eventos climáticos extremos que se fizeram sentir em várias partes do mundo. Se em 2016 os fenómenos de temperaturas extremas podiam ser explicados através do fenómeno El Niño, em 2017 o mesmo não teve lugar, sendo que ficou assim provado que os efeitos das AC são cada vez mais frequentes e com consequências mais devastadoras (WMO, 2018).

Na Figura 2.5 é possível ver quais as partes do mundo em que houve um maior aumento de temperatura face ao período de referência.

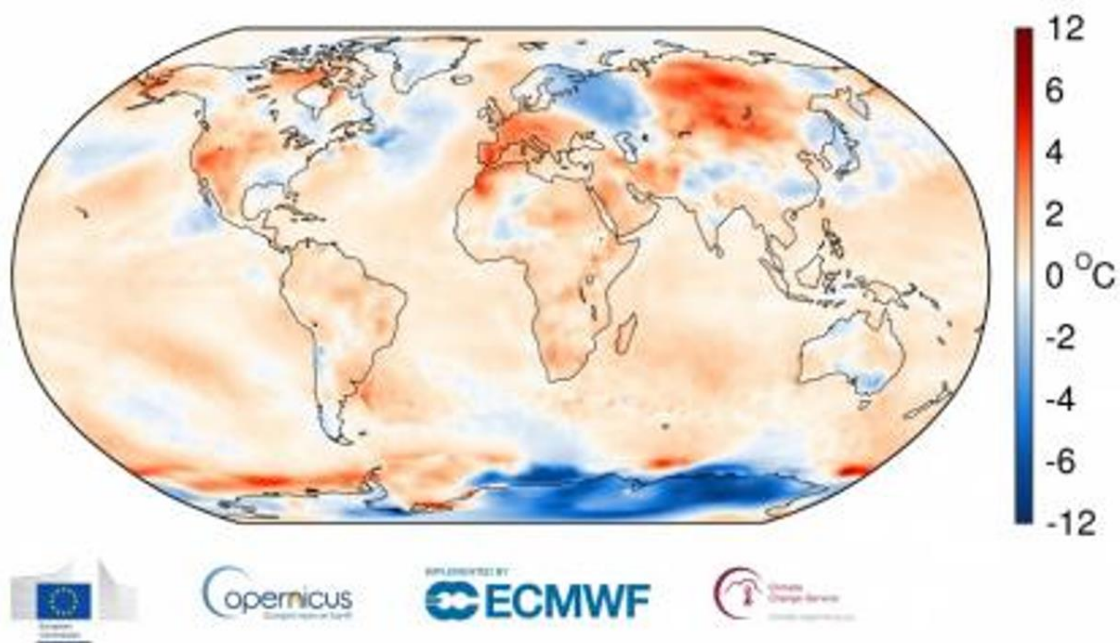


Figura 2.5 - Desvio de temperatura segundo o período de referência para junho de 2017 (Fonte: Copernicus, 2017)

## 2.2.2 Cenários climáticos para Portugal

A oscilação do Atlântico Norte, designada por *North Atlantic Oscillation* (NAO), é uma das causas que leva à variabilidade lenta da atmosfera e afeta o clima de Portugal (Miranda *et al.*, 2006).

O clima em Portugal Continental, segundo a classificação de Köppen, divide-se em duas regiões: uma de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente (CSa) e outra de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e pouco quente (Csb) (IPMA, 2018).

Em 2017, Portugal registou o seu segundo recorde no que diz respeito à temperatura mais elevada com um desvio de +1,1°C tendo em conta a média nacional para o período considerado de referência, sendo que o ano mais quente foi em 1997. No entanto, a temperatura mínima esteve na média nacional (NOAA, 2017).

Apesar de as ondas de calor poderem ter lugar em qualquer altura do ano, é nos meses de Verão que são mais sentidas e que têm consequências mais severas. Em Portugal Continental o mês de junho é aquele que, historicamente, é mais suscetível a ser atingido por ondas de calor. A partir da década de 90 que as ondas de calor foram sendo mais frequentes, sendo que a onda de calor com maior duração reportada pelo IPMA, aconteceu em julho-agosto de 2003, tendo ocupado entre 16 a 17 dias (IPMA, 2018). A última onda de calor teve lugar em junho de 2017 (Figura 2.6) e durou cerca de 7 dias, sendo que foi mais sentida no interior do país (PORDATA, 2017).

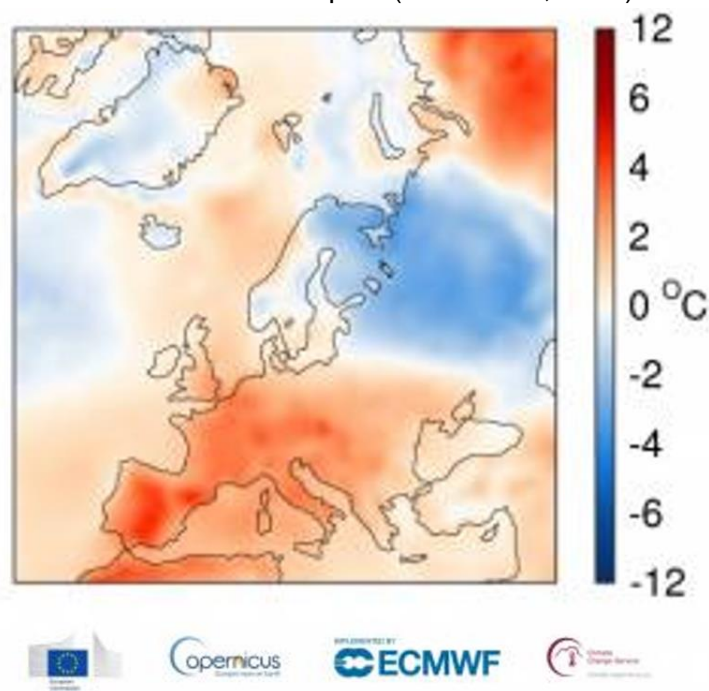


Figura 2.6 - Desvio de temperatura tendo em conta o período de referência no mês de junho de 2017. (Fonte: Copernicus, 2017)

Através da parceria desenvolvida pelo IPMA, I.P. com o Instituto Dom Luiz da Universidade de Lisboa, integrada no projeto *localwarming* do programa ADAPT, é possível ter acesso aos cenários esperados para Portugal, identificando as anomalias que poderão ocorrer tendo em conta o período de referência 1971-2000. Os cenários apresentados foram elaborados utilizando dois cenários socioeconómicos bastantes diferentes, o RCP 4.5, que tem uma evolução socioeconómica controladora das emissões de GEE, atingindo o seu pico em meados do séc. XXI; e o RCP 8.5 que, contrastando o RCP 4.5, representa um crescimento contínuo nas emissões durante o séc. XXI (Portal do Clima, 2018).

As normais climatológicas estão divididas por períodos de tempo: 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100. De forma a ser mais perceptível as alterações registadas no número de dias de ondas de calor previstas para cada RCP, apresentam-se as imagens de cada cenário socioeconómico previsto para os períodos de tempo 2011-2040 e 2071-2100, estabelecendo a respetiva comparação entre o RCP 4.5 e o RCP 8.5 (Figura 2.7 a Figura 2.10).

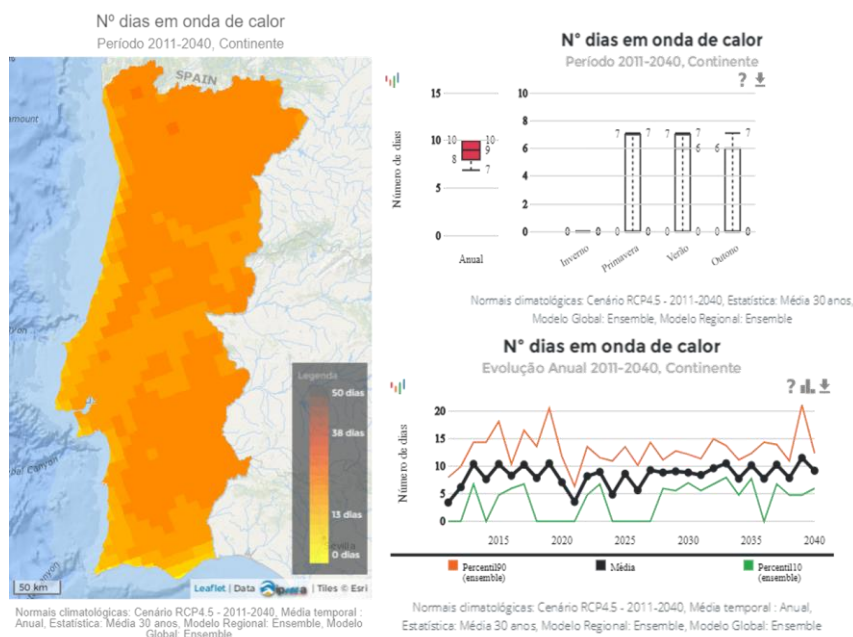


Figura 2.7 - Cenário apresentado para o RCP 4.5 no período de tempo 2011-2040, tendo em conta o número de dias em que possivelmente existirão ondas de calor (Fonte: adaptado de Portal do Clima, 2018)

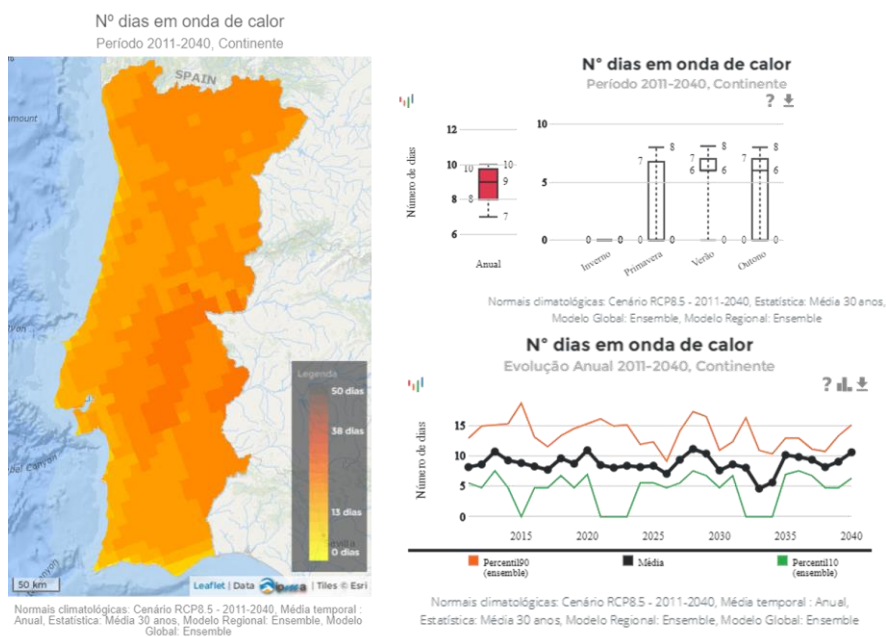


Figura 2.8 - Cenário apresentado para o RCP 8.5 no período de tempo 2011-2040, tendo em conta o número de dias em que possivelmente existirão ondas de calor (Fonte: adaptado de Portal do Clima, 2018)

Segundo o cenário RCP 4.5. para um período de 2011-2040 (Figura 2.7) são esperados uma média de 14 dias com uma temperatura 5°C superior ao que seria previsto para o período de tempo de referência. No Verão é previsto termos um máximo de 8 dias

seguidos com temperaturas máximas superiores ao período de referência e que se situam no percentil 90.

Segundo o cenário RCP 8.5 (Figura 2.8) para um período de 2011-2040, são esperados uma média de 12 dias com uma temperatura 5°C superior ao que seria previsto para o período de tempo de referência. No Verão e Primavera são previstos máximo de 10 dias seguidos com temperaturas máximas superiores ao período de referência, ou seja, uma onda de calor com duração de 10 dias.

De 2011-2040 a média anual dos números de dias de onda de calor ronda os 10 dias tanto para o RCP 4.5 como para o RCP 8.5. No entanto, analisando detalhadamente o RCP 4.5, existirão anos como o caso de 2021 e 2039, em que o número de dias em os episódios de temperatura elevada rondarão os 3 dias unicamente, o que vai contra a definição inicialmente proposta pelo IPMA de que uma onda de calor tem de ter 5 dias consecutivos.

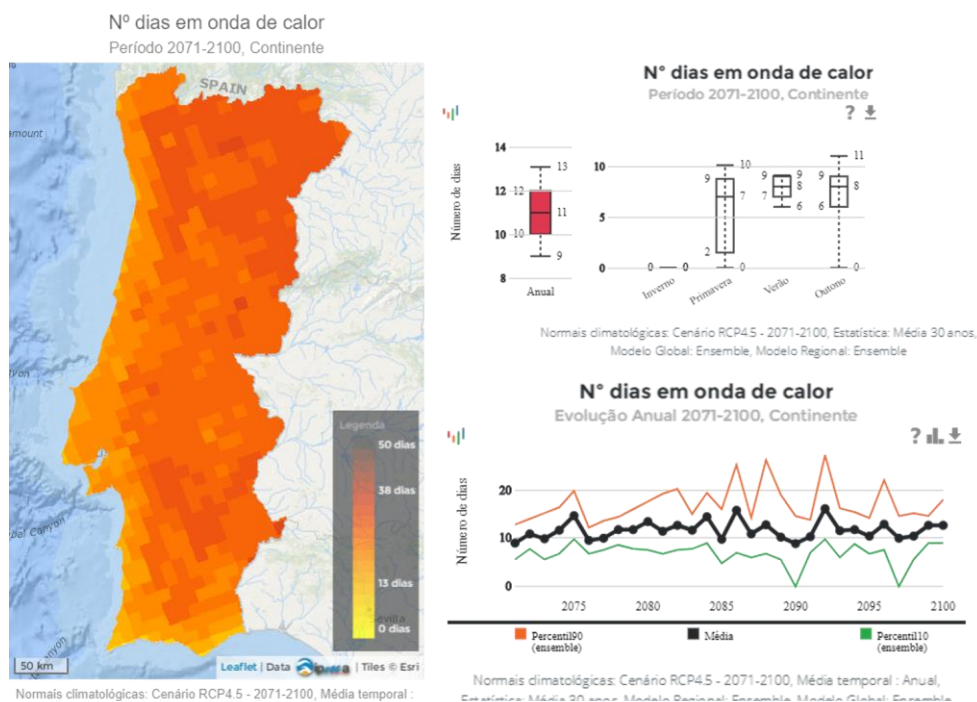


Figura 2.9 - Cenário apresentado para o RCP 4.5 no período de tempo 2071-2100, tendo em conta o número de dias em que possivelmente existirão ondas de calor (Fonte: adaptado de Portal do Clima, 2018)

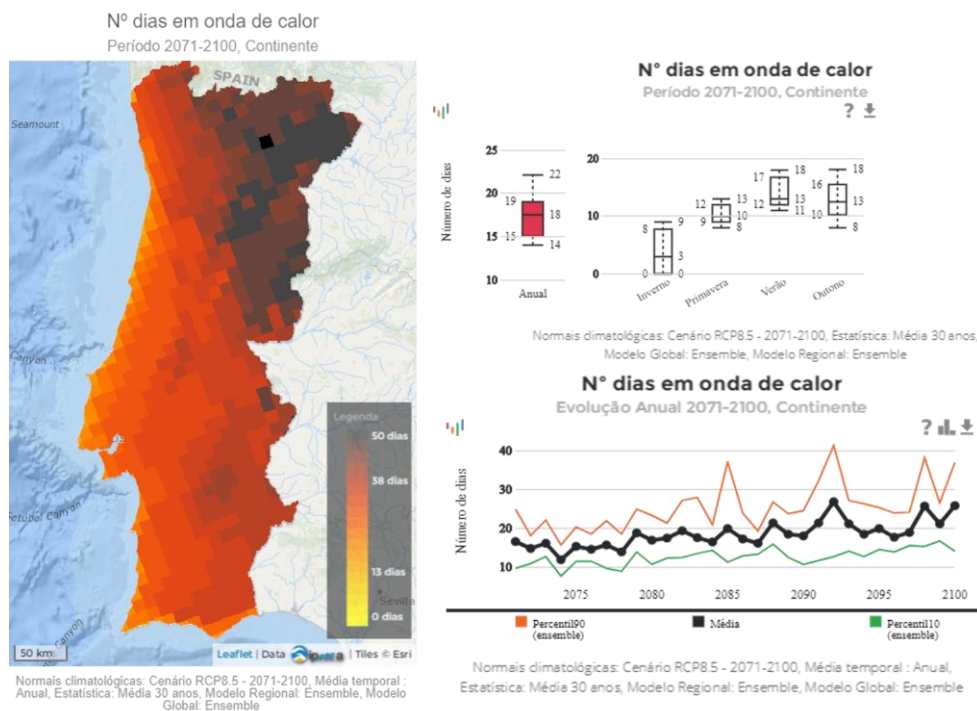


Figura 2.10- Cenário apresentado para o RCP 8.5 no período de tempo 2071-2100, tendo em conta o número de dias em que possivelmente existirão ondas de calor (Fonte: adaptado de Portal do Clima, 2018)

Segundo o cenário RCP 4.5. para um período de 2071-2100 (Figura 2.9), são esperados uma média de 14 dias consecutivos com uma temperatura 5°C superior ao que seria previsto para o período de tempo de referência. No Verão é previsto termos um máximo de 12 dias seguidos com temperaturas máximas superiores ao período de referência. Será também muito possível ocorrerem ondas de calor no Outono, com duração máxima de 13 dias, sendo que as consequências poderiam ser semelhantes ao que aconteceu no dia 15 de outubro de 2017.

Segundo o cenário RCP 8.5. para um período de 2071-2100 (Figura 2.10), são esperados uma média de 27 dias com uma temperatura 5°C superior ao que seria previsto para o período de tempo de referência. São projetadas ondas de calor em todas as estações, sendo que no Verão a onda de calor pode ter até 25 dias e no Outono pode ter até 23 dias. Sendo que é uma previsão, o erro associado são cerca de 18 dias.

Há ainda outros cenários climáticos a considerar que foram desenvolvidos a partir de modelos globais de clima, mas não tendo a sua total atenção virada para os eventos climáticos extremos de temperatura: o cenário de emissões IS92a e os cenários apresentados no IPCC 2012.

O cenário IS92a abrange o período 1860-2100. O cenário de 1860 a 1990 baseou-se em concentrações históricas de GEE, no entanto, a partir de 1990, foi considerado um

aumento aproximado de 1%/ano na concentração de CO<sub>2</sub> (IPCC WGI, 1996). Na Figura 2.11 é possível ver o aumento das anomalias da temperatura média anual, resultante da diferença entre as simulações com aumento de CO<sub>2</sub> (cenário IS92a) e as simulações de controlo.

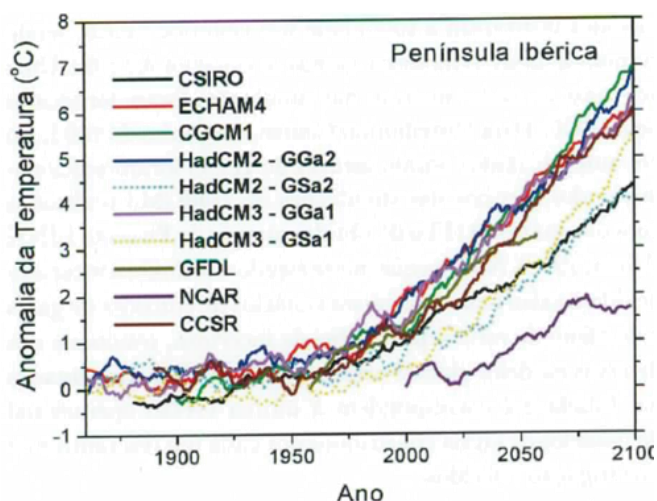


Figura 2.11 - Evolução da anomalia da temperatura média na Península Ibérica segundo diversos modelos globais (GCMs) (Fonte: IPCC WGI, 1996)

Como observado todas as simulações da Figura 2.11 apresentam uma tendência positiva da temperatura média da Península Ibérica no século XXI. Para 2100 as anomalias variam entre 1,7°C e 7°C em relação às simulações de controlo, este aumento de temperatura é acompanhado por uma diminuição acentuada da precipitação.

Relativamente aos cenários apresentados para a Península Ibérica no IPCC 2012, os mesmo vão ser apresentados tendo em conta os eventos extremos climáticos na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Eventos climáticos extremos de temperatura registados desde 1950 e fazendo a previsão tendo em conta as mudanças decorrentes no século XX e XXI (Fonte: IPCC 2012)

Regions	Tmax	Tmin	Heat Waves / Warm Spells
S. Europe and Mediterranean (MED, 13)	<p><i>High confidence: Likely increase in WD and likely decrease in CD in most of the region. Some regional and temporal variations in significance of trends. Likely strongest and most significant trends in the Iberian Peninsula and southern France (Alexander et al., 2006; Brunet et al., 2007; Della-Marta et al., 2007a; Bartolini et al., 2008; Kuglitsch et al., 2010; Rodríguez-Puebla et al., 2010; Hirschi et al., 2011).</i></p> <p><i>Medium confidence: Smaller or less significant trends in S.E. Europe and Italy due to change point in trends at the end of the 1970s / beginning of 1980s; sometimes linked with changes in sign of trends; strongest WD increase since 1976 (Bartholy and Pongracz, 2007; Bartolini et al., 2008; Toreti and Desiato, 2008; Kuglitsch et al., 2010; Hirschi et al., 2011).</i></p>	<p><i>High confidence: Likely increase in WN and likely decrease in CN in most of the region. Some regional variations in significance of trends.</i></p> <p><i>Very likely overall increase in WN and very likely overall decrease in CN in S.W. Europe and W. Mediterranean; likely strongest signals in Spain and southern France (Kiktev et al., 2003; Klein Tank and Können, 2003; Alexander et al., 2006; Brunet et al., 2007; Rodríguez-Puebla et al., 2010). Likely overall tendency for increase in WN and likely overall tendency for decrease in CN in S.E. Europe and E. Mediterranean (Kiktev et al., 2003; Klein Tank and Können, 2003; Alexander et al., 2006).</i></p>	<p><i>High confidence: Likely overall increase in HW in summer (JJA). Significant increase in max HW duration since 1880 in Iberian Peninsula and west Central Europe in JJA (Della-Marta et al., 2007a). Significant increase in max HW duration in Tuscany (Italy) (Bartolini et al., 2008). Significant increase in HW indices in Turkey and to a smaller extent in S.E. Europe and Turkey in JJA (Kuglitsch et al., 2010). Less significant signal in HW indices in S.E. Europe due to presence of change point in trends (Bartholy and Pongracz, 2007; Hirschi et al., 2011).</i></p>

## 2.3 Impactes do clima no setor eletroprodutor

### 2.3.1 Setor eletroprodutor e políticas de mitigação

A energia define-se como a possibilidade de uma substância, um objeto ou um conjunto de objetos fornecer calor ou movimento. É a força motriz da sociedade, vindo da palavra grega *energeia*, que significa “força em ação”(APEA, 2009).

Existem dois tipos distintos de fontes de energia: as renováveis ou primárias, e as fósseis ou não renováveis. As fontes primárias de energia visam substituir na totalidade o uso de fontes não renováveis, que como o próprio nome indica, não são regeneradas ao tempo real de consumo (e.g. carvão e energia nuclear) (APEA, 2009).

Fontes primárias de energia são consideradas fontes limpas e são então a melhor solução para minimizar os impactes ambientais dado que produzem menos resíduos secundários e são sustentáveis tanto em termos económicos como sociais (Panwar *et. al*, 2011).

As fontes primárias de energia conseguem prestar um serviço produzindo zero, ou quase zero, emissões tanto de poluentes como de GEE. O desenvolvimento tecnológico permite que os sistemas movidos de fontes primárias de energia possuam a capacidade de fornecer energia suficiente, confiável e assegurem o desenvolvimento sustentável das regiões mais remotas (Relatório Estado do Ambiente, 2017).

A geração de eletricidade pode ser feita através das seguintes fontes primárias: hidroelétrica, biomassa, geotérmica, solar, eólica e ainda através das marés e ondas dos oceanos (Panwar *et. al*, 2011).

A produção de eletricidade da Europa pode ser observada na Figura 2.12.

Em 2017 o consumo de eletricidade na Europa aumentou cerca de 0,7%. A produção de eletricidade a partir das centrais eólicas aumentou cerca de 19% e 8% a partir das centrais fotovoltaicas. No entanto, houve uma diminuição de 16% na produção de eletricidade a partir de centrais hidroelétricas, muito em parte devido à falta de precipitação que se fez sentir em alguns países Europeus durante os meses de 2017. No que diz respeito à produção de eletricidade a partir de fontes não renováveis, no geral houve uma descida de cerca de 10%, excetuando o gás natural que registou um aumento de 7% devido à necessidade de preencher a falta das centrais hidroelétricas principalmente em Espanha, Portugal, Itália e França (Agora Energiewende, 2018).

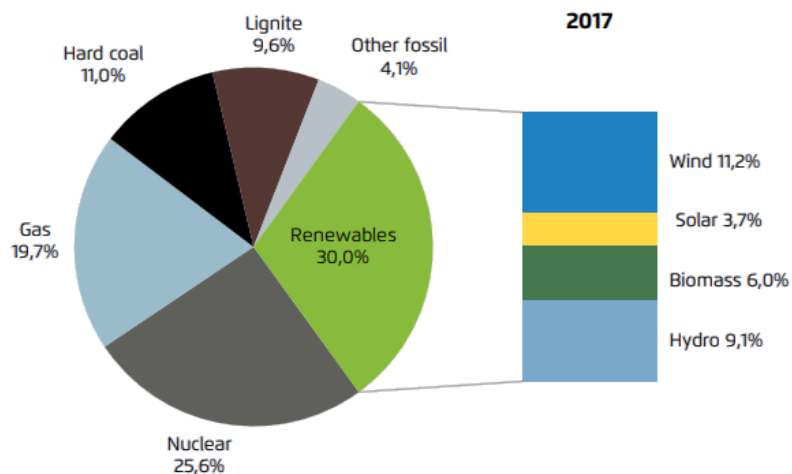


Figura 2.12 - Mix de produção de eletricidade para a Europa em 2017 (Fonte: Agora Energiewende, 2018).

Em Portugal, a produção de eletricidade no 1º semestre de 2018, pode ser observada na Figura 2.13 e a evolução do mix de produção desde o 1º semestre de 2016 até ao 1º semestre de 2018 pode ser observada na Figura 2.14.

Tal como aconteceu na Europa, devido à pouca precipitação que se fez sentir desde abril de 2017 até dezembro do mesmo ano, a eletricidade produzida em Portugal a partir das centrais hidroelétricas baixou de forma significativa, o que aumentou a utilização das energias não renováveis. No entanto, no 1º semestre de 2018, 62,1% da eletricidade produzida foi a partir de energias renováveis, indo de encontro às metas estabelecidas pela Diretiva FER.

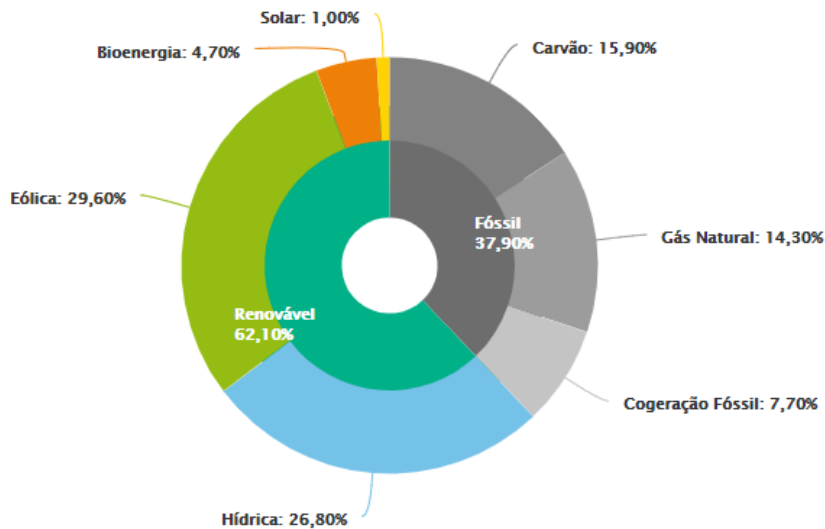


Figura 2.13 - Mix de produção de eletricidade durante o 1º semestre de 2018. (Fonte: APREN, disponível em: <http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>; consultado dia 9 de abril de 2018)

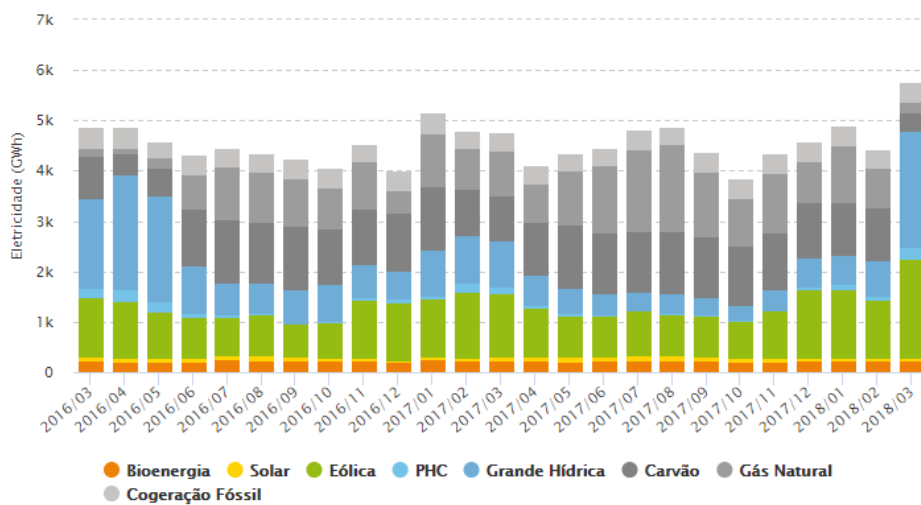


Figura 2.14 - Evolução do mix de produção de eletricidade em Portugal desde o 1º semestre de 2016 até ao 1º semestre de 2018 (Fonte: APREN, disponível em: <http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>; consultado dia 9 de abril de 2018)

É essencial estabelecerem-se medidas de mitigação. A mitigação tem como principal objetivo a redução de emissões de GEE para a atmosfera, atuando no agora. Portugal assegurou com sucesso o cumprimento dos objetivos nacionais no âmbito do Protocolo

de Quioto com os instrumentos apresentados abaixo, completando-os com outros definidos pela UE.

A Diretiva FER, definida pela União Europeia, relativa à promoção da utilização de energia provenientes de fontes primárias, tem como objetivo em Portugal até 2020, uma quota de 31% de energia proveniente de fontes primárias no consumo final bruto de energia e uma quota de 10% no setor de transportes. Em 2015, Portugal conseguiu ser o terceiro país da EU-28 com o melhor desempenho na incorporação de energias renováveis no setor de eletricidade e em 2016 as energias renováveis já apresentavam 62% de quota na produção anual de energia elétrica (Figura 2.15). (Relatório Estado do Ambiente, 2017).

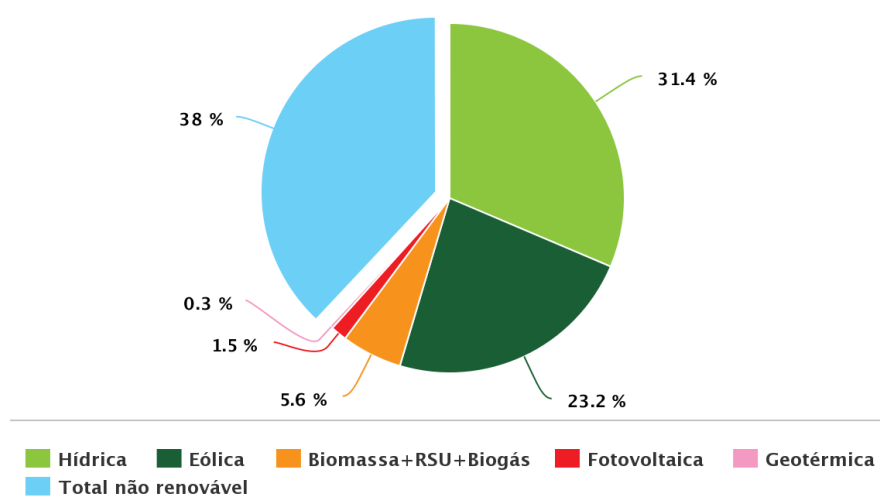


Figura 2.15 Produção anual de energia elétrica com base em FER, em Portugal, em 2016 (Fonte: APREN, disponível em: <http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>; consultado dia 9 de abril de 2018)

Relativamente ao Pacote Energia-Clima 2030, em outubro de 2014, definiu-se que pelo menos 27% do consumo total de energia na União Europeia (UE) teria de ser derivado de energias renováveis até 2030.

Em Portugal, existe também o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) no período de 2013-2020, que estabelece a meta de 31% para a utilização de energia renovável no consumo final bruto de energia e 10% para o consumo energético nos transportes. É também prevista que 59,6% de energia renovável seja parte da eletricidade para o mesmo período de tempo.

Em alinhamento com o PNAER, está ainda o Compromisso para o Crescimento Verde que estabelece que em 2030, 40% do consumo final bruto de energia seja proveniente de energias renováveis (Relatório do Estado do Ambiente, 2017).

O Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030), apresenta um conjunto de políticas e medidas de aplicação setorial para o cumprimento direto do estabelecido no Protocolo de Quioto. É considerado um plano de “2ª geração”, que aposta na integração da política climática nas políticas setoriais e uma maior responsabilização dos setores alicerçado do nível de maturidade alcançado pela política nacional de clima. O PNAC 2020/2030 tem como principais objetivos: a promoção da transição para uma economia de baixo carbono, gerando riqueza e emprego; assegurar uma trajetória sustentável de redução das emissões de GEE de forma a alcançar uma meta até menos -23% em 2020, em relação a 2005 e ainda a promoção da integração dos objetivos de mitigação nas políticas setoriais (*mainstreaming*).

O Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão para o período de 2008-2012 tinha como objetivo definir o regime comunitário de comércio de licenças de emissão de GEE (CELE). Em 2009 foi estabelecida a Diretiva 2009/29/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril de 2009, que alterava a Diretiva 2003/87/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de outubro de 2003, de forma a alargar e melhorar o regime comunitário CELE. A quantidade de licenças de emissão é determinada a nível comunitário, sendo que a regra principal para atribuição de licenças de emissão é o leilão, mantendo-se marginalmente a atribuição gratuita, feita por aplicação de *benchmarks* definidos a nível comunitário.

Em 2010, a Resolução do Conselho de Ministros n.º 93/2010, de 26 de novembro, determinou a elaboração do Roteiro Nacional de Baixo Carbono (RNBC). Este estabelece as políticas a prosseguir e as metas nacionais a alcançar no que diz respeito às emissões de GEE e é baseado em cenários prospetivos de emissões de GEE para 2050.

Ainda com o objetivo de se cumprirem as metas estabelecidas no Protocolo de Quioto, foi criado o Fundo Português de Carbono. Este instrumento financeiro atua no mercado de carbono tendo em vista assegurar o cumprimento das metas nacionais em matéria de AC através do recurso aos mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto. Apoiava ainda projetos nacionais de redução de emissões de GEE.

Portugal comprometeu-se internacionalmente a reduzir as emissões de GEE, de forma a que o balanço entre os gases que emitimos e aqueles que são removidos ou capturados da atmosfera seja nulo em 2050. A este plano deu-se o nome de Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050. Este roteiro definiu trajetórias alternativas, tecnicamente exequíveis, economicamente viáveis e socialmente aceites, que permitam a redução total das emissões líquidas. No entanto, a descarbonização profunda da

economia exige, além das competências analíticas e das ferramentas adequadas, o envolvimento e a colaboração de todos os atores para que sejam discutidas as opções e estratégias de mitigação, e sejam definidas as trajetórias de baixo carbono para a economia nacional. O Roteiro atua em 4 principais setores: energia, transportes, resíduos e agricultura, florestas e uso do solo.

Ainda no âmbito do quadro de ação da UE relativo ao clima e à energia foi estabelecido o Pacote Energia-Clima, que tem como meta vinculativa que o consumo total de energia na UE em 2030 seja pelo menos 27% de energias renováveis. Em Portugal, está a ser definido pela DGEG o Plano Nacional de Energia -Clima 2030.

### 2.3.2 Infraestrutura do Setor Eletroprodutor e os impactes dos eventos climáticos extremos de temperatura

Os eventos climáticos extremos representam consequências extremas nas infraestruturas do setor energético (IPCC,2001).

Existem dois tipos de infraestruturas: fixas e lineares. As infraestruturas fixas dividem-se em produção, transformação e armazenamento de energia (petróleo e gás natural) e ainda inclui os terminais portuários. As infraestruturas lineares são constituídas pelas linhas de transporte e produção de eletricidade e pelas infraestruturas de transporte de combustíveis (Martins & Gomes, 2015).

Adaptado do Relatório do Subgrupo Energia para uma Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (2012), as Tabela 2.3 e Tabela 2.4 sintetizam as vulnerabilidades e os impactes que os eventos climáticos extremos de temperatura representam tanto para as infraestruturas lineares como para as fixas.

Tabela 2.3 - Vulnerabilidades e impactes das infraestruturas lineares, associados aos eventos extremos climáticos de temperatura (Fonte: Adaptado de Relatório do Subgrupo Energia para uma Estratégia Nacional de Adaptação às AC (2012)).

Infraestrutura Linear	Vulnerabilidade	Impactes
<b>Transporte e distribuição de eletricidade</b>	Aumento de temperatura com aumento da frequência dos incêndios florestais	Efeitos diretos nas linhas aéreas. Aumento da flecha dos condutores. Avarias de equipamentos sensíveis em subestações. Linhas fora de serviço. Aumento das perdas e redução da capacidade de transporte.

Tabela 2.4 - Vulnerabilidades e impactes das infraestruturas fixas, associados aos eventos extremos climáticos de temperatura (Fonte: adaptado de Relatório do Subgrupo Energia para uma Estratégia Nacional de Adaptação às AC (2012)).

Infraestrutura Fixa	Vulnerabilidade	Impactes
<p><b>Centrais termoelétricas</b></p>	<p>Aumento de temperatura que pode causar ondas de calor</p>	<p>Aquecimento da fonte fria das centrais térmicas, o que origina a redução da sua eficiência e, consequentemente, a diminuição da capacidade de geração de energia.</p>
		<p>Aumento da temperatura da água, que pode levar ao crescimento anómalo de algas e assim perturbar o funcionamento do circuito de refrigeração, o que obriga à saída de serviço.</p>
		<p>Deterioração da qualidade da água dos cursos de água que servem os sistemas de abastecimento das centrais térmicas, que podem assim ficar fora de serviço.</p>
<p><b>Centrais termoelétricas a biomassa</b></p>	<p>Aumento de temperatura, com aumento da probabilidade de incêndios nas áreas de armazenagem de matéria-prima.</p>	<p>Perigo do incêndio se alastrar para as infraestruturas circundantes. Paragem de operação da central quer devido a possíveis danos causados por incêndio como por indisponibilidade de matéria prima.</p>

Infraestrutura Fixa	Vulnerabilidade	Impactes
<b>Centrais de Solar Fotovoltaico</b>	Aumento da frequência de ondas de calor	Pode originar problemas nos sistemas de controlo e consequentemente saída de serviço.
<b>Centrais hidroelétricas</b>	Aumento da temperatura média	Aumenta a evaporação superficial, reduzindo a água armazenada e, consequentemente, diminuir a produção de eletricidade.

O Relatório do Subgrupo Energia para uma Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (2012), defende ainda que é necessário avaliar a dimensão dos impactes em função da potência instalada das tecnologias, bem como em função da potência unitária de cada instalação em determinada tecnologia.

O aumento da temperatura pode ainda afetar as características das matérias-primas e dos produtos petrolíferos acabados e do gás natural (Relatório do Estado do Ambiente, 2017).

### 2.3.3 Consumo de eletricidade e eventos extremos de temperatura

Existem evidências claras que as AC induzidas pelo comportamento Humano vão alterar substancialmente o setor elétrico, seja nas suas infraestruturas físicas ou na produção e consumo de eletricidade (Wenz, Levermann and Auffhammer, 2017).

Segue-se uma análise dos artigos que focam esta temática, e posteriormente, na Tabela 2.5 encontra-se uma síntese dos artigos tidos em consideração na abordagem ao tema.

Tabela 2.5 - Artigos analisados no âmbito da temática: os impactes das AC no setor eléctrico

Referência	Objetivo do estudo	Principais conclusões
<b>(Cardoso et al., 2018)</b>	A investigação que deu origem ao artigo, desenvolveu uma análise extensiva aos modelos climáticos existentes, formando um único modelo mais consistente.	No final do século é esperado que os valores máximos de temperatura subam mais que os valores mínimos, tanto para o cenário RCP4.5 como para o cenário de RCP8.5. Nos meses de Verão e Outono, são esperados

Referência	Objetivo do estudo	Principais conclusões
		<p>aumentos de 8°C, enquanto que na Primavera e no Inverno são esperados aumentos entre os 2 e os 4°C.</p> <p>Para todos os cenários utilizados, é claro que irá existir um aumento das ondas de calor tanto na sua frequência como intensidade, mais notório no centro do país do que no litoral. É ainda esperado que no final do século as ondas de calor tenham uma duração entre 19-22 dias consecutivos. No melhor cenário considerado (RCP 4.5), a duração continua a aumentar significativamente entre 9-15 dias consecutivos.</p>
<p><b>(Isabelle Tobin et al., 2018)</b></p>	<p>O objetivo prende-se com a necessidade de fazer o levantamento dos impactes das AC na energia renovável a partir das centrais eólicas, solares e hídricas na Europa e, comparando os impactes para diferentes cenários de aquecimento global (+1,5°C, +2°C e +3°C).</p>	<p>As AC têm impactes negativos na produção de eletricidade, ou seja, iria ser necessária menos eletricidade ao longo do tempo. Os impactes são muito baixos se falarmos de +1,5°C, no entanto, para +3°C, os impactes são significativos podendo a energia proveniente das centrais hídricas e térmicas descer cerca de 20%, deixando de produzir a energia necessária para colmatar as necessidades. Se as renováveis contribuíssem mais no mix de produção de eletricidade, era possível reduzir a sua vulnerabilidade, sendo esta uma medida de adaptação às AC.</p>

Referência	Objetivo do estudo	Principais conclusões
<p><b>(Wenz, Levermann and Auffhammer, 2017)</b></p>	<p>Este estudo consegue comparar o consumo e picos de eletricidade com as temperaturas registadas em alguns países Europeus, conseguindo encontrar a sua correlação e contribuindo para a adoção de estratégias de adaptação a nível de infraestruturas, capacidade de geração e armazenamento de eletricidade e políticas públicas.</p>	<p>Foi observado um aumento significativo dos picos de eletricidade diários bem como do consumo de eletricidade no Sul da Europa. Em Portugal o aumento foi de cerca de 7%. No entanto, é esperado existir uma diminuição do consumo de eletricidade no Norte da Europa, pelo que o balanço no consumo Europeu não irá mudar. Independentemente, devido aos picos diários de eletricidade que irão ser mais frequentes, é necessária existir uma adaptação prévia das infraestruturas, da capacidade de geração de picos e da capacidade de armazenamento e transporte de eletricidade.</p>
<p><b>(Damm et al., 2017)</b></p>	<p>Este estudo recai sobre o impacto que +2°C provoca na procura de eletricidade para a amenização das temperaturas interiores dos edifícios em 26 países Europeus.</p>	<p>É previsto que o aumento de 2°C induza a um decaimento na procura de eletricidade em quase toda a Europa, sendo que o único caso estudado em que existe um aumento na procura de eletricidade se regista em Itália.</p> <p>No entanto, apesar da mudança Europeia na procura de eletricidade levar a um decaimento da mesma, é esperado que os picos diários de eletricidade sejam muito mais frequentes no Sul da Europa devido às ondas de calor (Portugal e Espanha). Este estudo sugere que as AC não sejam a principal <i>driving force</i> para a mudança da</p>

Referência	Objetivo do estudo	Principais conclusões
<b>(Stanton et al., 2016)</b>	Entender se as AC e a variabilidade climática afetavam os sistemas elétricos na Europa.	<p>procura de eletricidade, mas sim da política de energia.</p> <p>Espera-se um aumento significativo de eletricidade gerada a partir de energia eólica para a P.I., apesar dos resultados não serem consistentes para Portugal.</p> <p>As ondas de calor irão ganhar intensidade e frequência e a precipitação irá diminuir significativamente, pelo que, na P.I., a energia hidroelétrica irá perder importância no mix de geração de eletricidade.</p>
<b>(Zuo et al., 2015)</b>	O artigo, aplicado ao caso de estudo Australiano, fornece informações pertinentes para a construção de futuras políticas e boas práticas no setor industrial. Tem também como objetivo orientar a reestruturação das áreas urbanas e rurais para uma melhor resiliência aos eventos climáticos extremos de temperatura, mais propriamente as ondas de calor.	<p>Espera-se que os impactos das ondas de calor sejam mais significantes quando a onda de calor é maior, do que se ela for muito intensa. Em 2070, segundo a <i>National Climate Change Adaptation Research Facility</i> (NCCARF), o número de dias muito quentes irá duplicar na maioria das cidades, não estando apurado se irão ser dias consecutivos ou esporádicos.</p> <p>Em relação ao consumo de eletricidade, este irá aumentar dado que irá existir uma necessidade de adquirir equipamentos de arrefecimento, no entanto nem todas as classes sociais irão conseguir manter este serviço dado que os custos de eletricidade irão aumentar.</p>

Referência	Objetivo do estudo	Principais conclusões
		<p>A problemática prende-se com geração de eletricidade e a sua distribuição, dado que as altas temperaturas tanto diurnas como noturnas, não permitem que os sistemas arrefeçam e aumentam assim a emissão de gases com efeito de estufa por unidade de eletricidade consumida. Os mecanismos para lidar com as ondas de calor e suas consequências dividem-se em: estruturais/institucionais, tecnológicos e sociais.</p>
<p><b>(Zachariadis and Hadjinicolaou, 2014)</b></p>	<p>Este estudo associa o consumo de eletricidade aos custos movidos pelas AC e as suas consequências relativamente à ilha Mediterrânica Chipre.</p>	<p>As altas temperaturas de Verão, induzidas pelas AC, vão influenciar cerca de +5,9% o consumo de eletricidade nos países do Mediterrâneo e Sul da Europa. Os custos da eletricidade vão ser superiores sendo necessário começar a estabelecer estratégias de adaptação como uma presença maior de energias renováveis no mix de produção de eletricidade.</p>
<p><b>(Pilli-Sihvola et al., 2010)</b></p>	<p>Este estudo pretende entender como as AC mudam o consumo de eletricidade no Sul da Europa e, conseqüentemente, como vai variar o custo da eletricidade e do carvão.</p>	<p>No Sul da Europa, o aumento da temperatura média vai provocar uma diminuição da procura de eletricidade com fins de aquecimento, mas, irá provocar um aumento na procura de eletricidade para arrefecimento. Os custos irão subir significativamente tanto para a eletricidade como para o carvão.</p>

Existem dois projetos que apoiam o setor energético a identificar quais as melhores estratégias a adotar tanto a nível de mitigação como de adaptação, são eles o *European Climatic Energy Mixes* (ECEM) e o Clim4energy.

O ECEM (Figura 2.16) funciona como um demonstrador para o serviço climático e visa permitir que as indústrias do setor eletroprodutor e de distribuição, bem como os responsáveis pelas políticas climáticas, consigam entender se os mix de produção ao longo do tempo (1979-2016) foi o suficiente para suprimir as necessidades dos países (Climate Copernicus (b.), 2018).

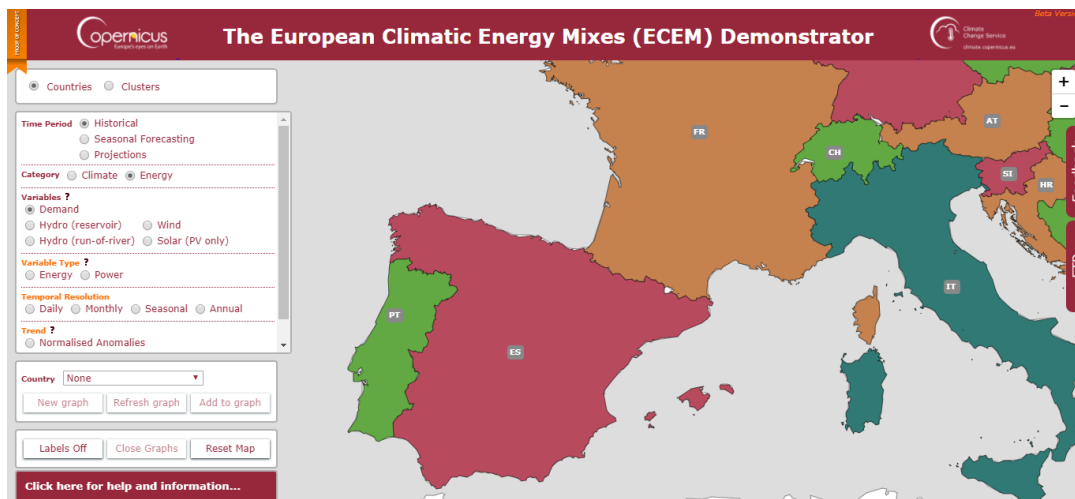


Figura 2.16 - Demonstrador ECEM (Fonte: Climate Copernicus. Disponível em: <https://demos.the-iea.org>. Consultado a 17 de abril de 2018)

Clim4energy (Figura 2.17) junta o trabalho de 7 centros de investigação climática e 9 empresas do setor eletroprodutor de forma a entender o que as variáveis climáticas induzem na produção de energia e a criar uma base de dados sólida que possa ser utilizada por todos.

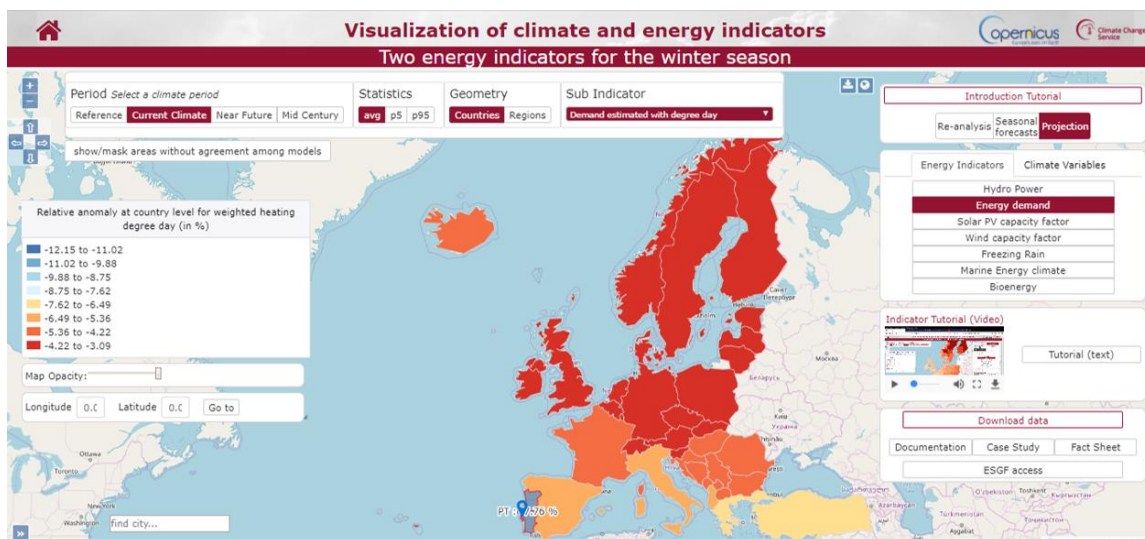


Figura 2.17 - Clim4energy (Fonte: Climate Copernicus. Disponível em: <http://c4e-visu.ipsl.upmc.fr/>. Consultado a 17 de abril de 2018)

## 2.4 Risco Climático, vulnerabilidade e adaptação do setor eletroprodutor

Risco é apresentado como sendo a probabilidade de ocorrência de um processo perigoso, bem como a dimensão das consequências prejudiciais ou perdas esperadas, resultantes da interação entre os desastres, naturais ou antropogenicamente induzidos, sob as condições da vulnerabilidade e da resiliência humana (Kraas, 2003). Resulta do produto entre a vulnerabilidade e o perigo tornando-se essencial introduzirmos estes dois conceitos.

A noção de vulnerabilidade, associada à noção de risco climático, tem sido alvo de variadas discussões ao longo do tempo. Vulnerabilidade às AC é a condição determinada pela resiliência da população e dos ecossistemas, estando intimamente conectada aos processos sociais, físicos, económicos e ambientais, que visam determinar a suscetibilidade da comunidade quando exposta a um determinado perigo (Cross, 2001). A vulnerabilidade depende da compreensão da exposição e da sensibilidade e capacidade de adaptação ao risco climático de um determinado sistema (Figura 2.18).

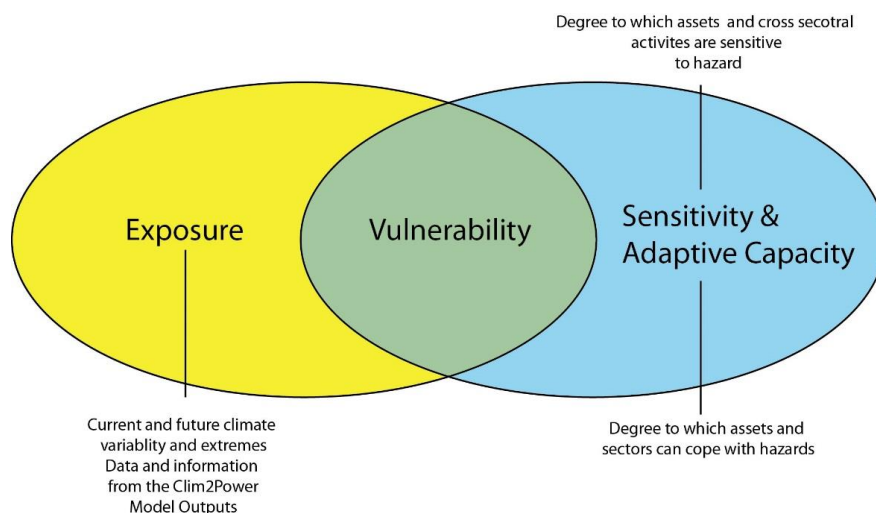


Figura 2.18 - Estruturação da vulnerabilidade tendo em conta a exposição e a capacidade de adaptação (Fonte: Clim2Power, 2018)

Por sua vez, a perigosidade, é a probabilidade de um processo potencialmente danoso ocorrer numa determinada área e considerando um determinado intervalo de tempo. É definido por três vertentes principais: a magnitude do evento, o espaço em que ocorre e ainda, o período de tempo em que se faz sentir. No entanto, tem uma relação direta com a severidade e com a suscetibilidade, o que torna o conceito bastante complexo (Zêzere, 2002).

Tendo em conta o risco climático existem fundamentalmente dois tipos de respostas que se complementam: a mitigação (já referida no subcapítulo 2.3.1.) e a adaptação, na qual nos focamos neste estudo.

Ambas as vertentes envolvem custos elevados a nível local, regional, nacional e global, que a médio e longo prazos, se encontram intimamente conectados. Vejamos, medidas de mitigação rápidas poupam custos futuros de adaptação, no entanto, têm custos associados muito elevados. Em contrapartida, a ausência das medidas adequadas de mitigação, leva a que as medidas de adaptação tenham de ser mais urgentes e, conseqüentemente, com custos acrescidos (Santos, 1990; Willows & Connell, 2003).

A adaptação é um processo de resposta que tem como finalidade minimizar os aspetos negativos dos impactes das AC nos sistemas socioeconómicos e biofísicos e consiste na antecipação dos efeitos adversos das AC. A ação antecipatória permite diminuir custos futuros tanto económicos como sociais e ambientais. (Santos, 1990).

Na Figura 2.19 está representada a diferença entre as medidas de adaptação ao risco climático e outras decisões influenciadas pelo risco climático, mas não totalmente dependentes do mesmo. É possível averiguar que as medidas de adaptação ao risco climático são devidas às AC e à variabilidade climática que as mesmas apresentam.

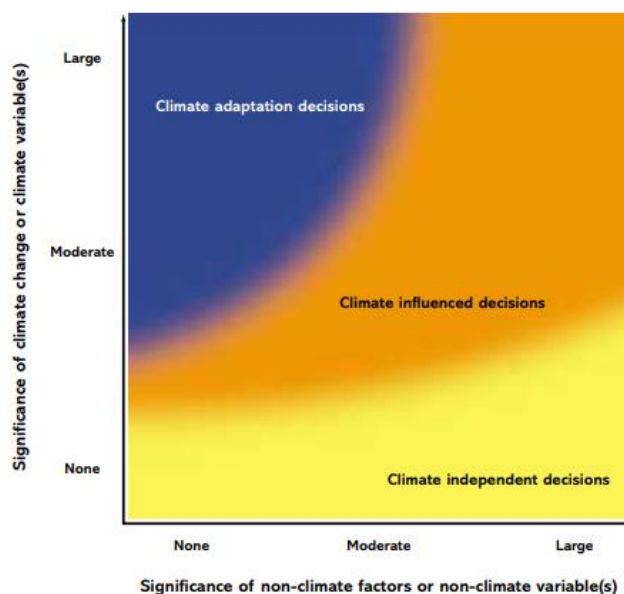


Figura 2.19 - Relação entre os fatores climáticos e não-climáticos com medidas de adaptação e outro tipo de decisões influenciadas pelo risco climático (Fonte: Willows & Connell, 2003)

A adaptação às AC passa por entender quais as medidas a aplicar de forma a reduzir os efeitos negativos e a explorar os positivos, fazendo os ajustamentos e as mudanças necessárias. As medidas de adaptação vão desde as medidas tecnológicas, como existirem defesas costeiras e em zonas de leitos de cheia contra as cheias, até às medidas individuais, como a redução do consumo de água em períodos de seca extrema. Existem ainda estratégias para prevenir consequências mais significativas resultantes dos eventos climáticos extremos como é o caso da preservação da biodiversidade, de uma melhor gestão dos recursos hídricos e ainda planos de atuação em casos de emergência.

As mudanças estão a acontecer a uma velocidade surpreendente devido ao aumento da temperatura média global, sendo que é urgente a diminuição da vulnerabilidade dos países às AC e, o seu consequente aumento da resiliência. Esta faz-se implementando instrumentos de adaptação à escala nacional, regional e local (UNFCCC, 2007).

#### 2.4.1 Enquadramento das estratégias de adaptação na Europa

Em abril de 2013, a Comissão Europeia implementou a Estratégia de Adaptação às AC que visava tornar a Europa mais resiliente aos impactes significativos das AC.

A Estratégia de Adaptação às AC é assente em 3 objetivos prioritários:

- Promoção à ação dos estados membros sobre a implementação de estratégias de adaptação às AC, providenciando fundos que ajudem a construir uma estratégia sólida;

- Decisões mais informadas através de investigações de clima e impedimento de lacunas no conhecimento das estratégias de adaptação. Desenvolvimento da plataforma europeia de adaptação às AC, Climate - Adapt, como sendo a plataforma “única” da informação sobre as estratégias de adaptação adotadas na Europa. A plataforma é gerida e mantida pela Agência Europeia do Ambiente e visa fornecer informações sobre os possíveis cenários de clima para a Europa, as vulnerabilidades das regiões e setores na atualidade e no futuro, ferramentas para apoio ao planeamento da adaptação e ainda estudos de caso;

Promoção à adaptação em setores mais vulneráveis como a agricultura, a pesca e a energia, assegurando que as infraestruturas se tornem resilientes e aconselhando a elaboração de seguros contra catástrofes naturais ou eventos climáticos extremos (Canaveira and Rapudo, 2013). A Figura 2.20 apresenta os objetivos acima referidos, segmentando os ramos de ação.



Figura 2.20 - Resumo das prioridades definidas na Estratégia de Adaptação às AC adotada pela UE (Fonte: Climate-Adapt. Disponível em: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/eu-adaptation-policy/strategy>. Consultado a 10 abril de 2018).

No seguimento do reconhecimento que as AC são uma realidade e que as estratégias de adaptação precisam de ser seguidas atentamente, existem uma série de projetos de investigação que irão ser apresentados e que têm uma relação íntima com os objetivos delineados pela UE na Estratégia de Adaptação às AC.

Na Figura 2.20 é possível ver que o ponto 2 da promoção à ação dos estados membros é a implementação do fundo LIFE. O programa LIFE 2014-2020 é um fundo europeu que promove a implementação, renovação e o desenvolvimento das políticas climáticas e cofinancia projetos que adicionem valor à UE tanto a nível climático como no que diz

respeito à sustentabilidade da rede natural. O fundo LIFE existe desde 1992 e já cofinanciou cerca de 3954 projetos com €3,1 bilhões para a proteção da rede natural.

Já de forma a que as decisões sejam as mais fundamentadas possíveis, existem uma série de projetos de investigação em curso.

*Projection of Economic impacts of Climate change in sectors of de EU based on bottom up analysis* (PESETA) é, como o próprio nome indica, um projeto que tem como finalidade analisar quais os impactes que as AC vão ter nos mais diversos setores Europeus num horizonte de 2071-2100. O PESETA tem como base a modelação climática e a análise de outros fatores relevantes para o processo e é desenvolvido no *Joint Research Centre* (JRC). O primeiro projeto PESETA ficou concluído em 2009, mas, no entanto, só contemplava os setores da agricultura, as zonas costeiras, os rios, o turismo e a saúde humana. O PESETA II, também já concluído, inclui áreas como a energia, infraestruturas de transportes, fogos florestais e habitats naturais, sendo que é baseado em mais de 15 cenários climáticos, mais 11 do que os utilizados para o projeto PESETA. Em 2016 e com resultados já em 2017, foi iniciado o PESETA III, que desenvolveu projeções para um horizonte mais curto (2030-2040), utilizando já os RCP e focando nos eventos climáticos extremos e nos custos que os mesmos iriam ter. O PESETA III tem também o objetivo de definir em detalhe quais as medidas de adaptação que poderão ser utilizadas bem como o seu custo e eficiência, focando todos os setores abordados nos projetos anteriores (Climate-Adapt, 2018).

Como instrumento financeiro, dentro da 2ª prioridade apresentada na Figura 2.20, existe o *Horizon 2020* que assegura a competitividade global Europeia uma vez que financia os projetos inovadores no ramo da investigação climática e de desenvolvimento de estratégias de adaptação tanto em empresas do setor público como privado e tem um *budget* de cerca de €80 bilhões para o período 2014-2020.

Paralelamente existe o *Copernicus Climate Change Services* (C3S) que é uma resposta aos desafios sociais e ambientais induzidos pelas AC. Este serviço tem como objetivo permitir a monitorização e prever quais as mudanças climáticas de forma a que se encontrem as estratégias de mitigação e adaptação adequadas aos locais. O C3S tem acesso a vários indicadores climáticos (aumento de temperatura, aumento do nível das águas dos mares, derretimento do gelo, aumento da temperatura dos oceanos) e também a diferentes índices climáticos (baseados em dados de precipitação, temperatura, eventos de seca extrema), para os quais é possível consultar quais os impactes resultantes. O C3S é ainda responsável pelo simpósio, que é constituído pelo ECEM e o CLIM4ENERGY, já falados no subcapítulo 2.3.3., e que visa permitir a

discussão de novas ideias e melhorar os serviços que o C3S oferece ao setor energético (Climate Copernicus (a.), 2018).

## 2.4.2 Enquadramento das estratégias de adaptação adotadas em Portugal

Em Portugal o planeamento das estratégias de adaptação às AC ocorre a nível nacional, no entanto, a sua implementação acontece a nível local. As Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira têm também elas as suas próprias estratégias de adaptação às AC.

A primeira Estratégia Nacional de Adaptação às AC (ENAAAC) foi implementada em 2010 para o horizonte 2010-2015 e revista em 2015 para o horizonte 2015-2020. Na Figura 2.21 é esquematizada a estrutura de articulação das diversas áreas temáticas e grupos setoriais na ENAAAC 2020.

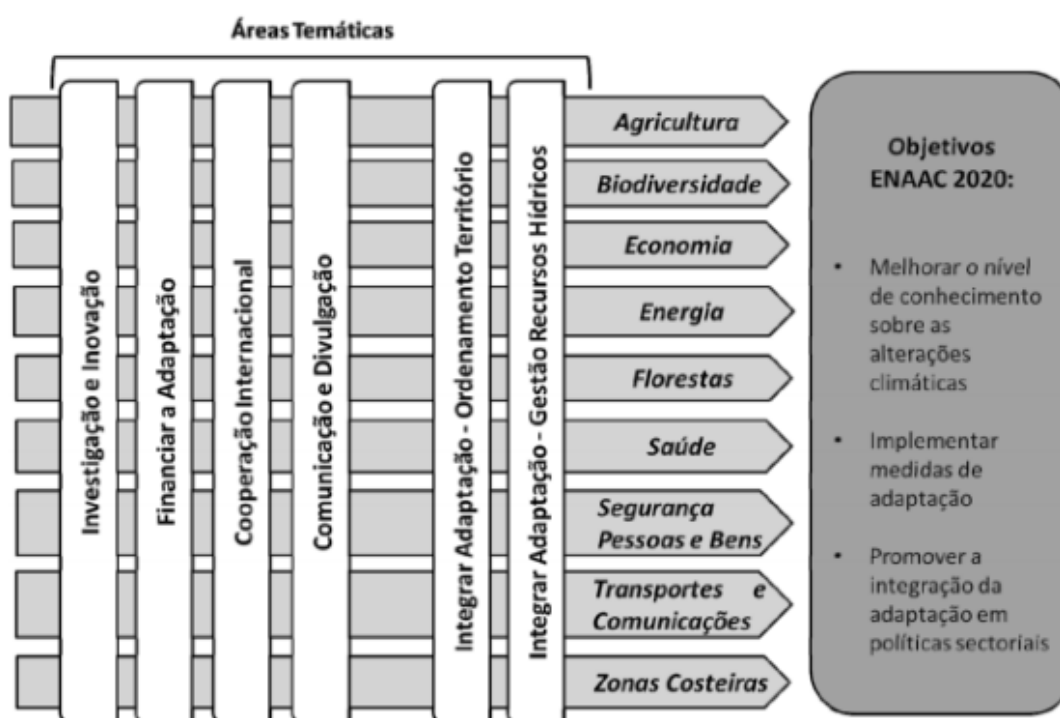


Figura 2.21 - Articulação das diversas áreas temáticas e grupos setoriais com os objetivos da ENAAAC (Fonte: DL n.º 87/2015. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/69906414>)

Devido à adaptação ser a nível local, Portugal encontra-se no III grupo do Clim-ADAPT.

Os planos locais de adaptação fazem parte do projeto nacional ClimAdaPT.Local (2015), realizado em parceria com diversos municípios, no qual foram desenvolvidos 26 Estratégias Municipais de Adaptação às AC (EMAAC) e 26 Fichas Climáticas.

O ClimAdaPT.Local tem como objetivos a elaboração dos EMAAC, a formação de técnicos municipais em adaptação às AC, a criação de uma plataforma para a adaptação às AC e a criação de uma rede de municípios de adaptação local às AC.

Na ENAAC estão ainda expostas as medidas de adaptação identificadas para infraestruturas lineares e fixas, complementando as tabelas apresentadas no subcapítulo 2.3.2., vão ser apresentadas nas Tabelas 2.6 e 2.7.

Tabela 2.6 - Medidas de adaptação identificadas para infraestruturas lineares (Fonte: adaptado de Relatório do Subgrupo Energia para uma Estratégia Nacional de Adaptação às AC (2012)).

Infraestrutura Linear	Impacte/ Sistema em que ocorre	Medidas de adaptação
<b>Transporte e distribuição de eletricidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução da potência nominal;</li> <li>- Redução da flexibilidade na gestão das redes.</li> </ul>	Identificação dos principais pontos fracos do sistema e realizar de estudos complementares para avaliar a possível expansão do sistema em termos da sua resiliência, nomeadamente através de sistemas em anel ou de interligações.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento das “flechas” (diminuição da distância dos cabos ao solo, árvores, etc.);</li> <li>- Eventual ocorrência de contornamentos.</li> </ul>	Eventuais modificações nas linhas aéreas como no alteamento dos condutores ou utilização de outro tipo de condutores.

Tabela 2.7 - Medidas de adaptação identificadas para infraestruturas fixas (Fonte: adaptado de Relatório do Subgrupo Energia para uma Estratégia Nacional de Adaptação às AC (2012)).

Infraestrutura Fixa	Impacte / Sistema onde ocorre	Medidas de adaptação
<b>Centrais termoelétricas</b>	Possibilidade de perda de rendimento.	Recurso a fornecimento externo de água desmineralizada (para compensação do circuito água-vapor), através do recurso a furos externos e abastecimento público
<b>Centrais termoelétricas a biomassa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caso sejam refrigeradas com água do mar, podem sofrer perturbações devidas à quantidade excessiva de algas no sistema de adução;</li> <li>- Possibilidade de perda de rendimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalação de sistemas adicionais de limpeza na adução de centrais para evitar o problema da formação de quantidade excessiva de algas;</li> <li>- Alteração nas condições de armazenagem de matéria-prima e biomassa, minimizando o risco de incêndio.</li> </ul>
<b>Centrais hidroelétricas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Indisponibilidade de água para turbinamento por se destinar a outros fins, como abastecimento humano e agrícola;</li> <li>- Perturbação e/ou paragem de operação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recurso a fornecimento externo de água desmineralizada (para compensação do circuito água-vapor), através do recurso a furos externos e abastecimento público;</li> <li>- Planos de Emergência internos e externos</li> </ul>

## 2.5 O Mercado Elétrico

A estrutura do setor elétrico em Portugal é estabelecida pelo Decreto-Lei n.º 182/95, de 27 de julho, mais tarde atualizada pelo Decreto-lei n.º 29/2006, de 15 de fevereiro.

A eletricidade tem de ser submetida a obrigações específicas de serviço público, com o intuito de se conseguir garantir serviços de qualidade a preços acessíveis a todos os cidadãos, satisfazendo princípios de acessibilidade, igualdade, universalidade e da continuidade, sem retirar a eficiência, transparência e adaptabilidade de todo o processo (CES, 2006).

O mercado elétrico português sofreu uma reestruturação gradual ao longo de três fases distintas, sendo que a última culminou na abertura do mercado, tornando-se o mesmo um setor vertical e horizontalmente desintegrado, designado por Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL), como representado na Figura 2.22 (Cruz, 2008).

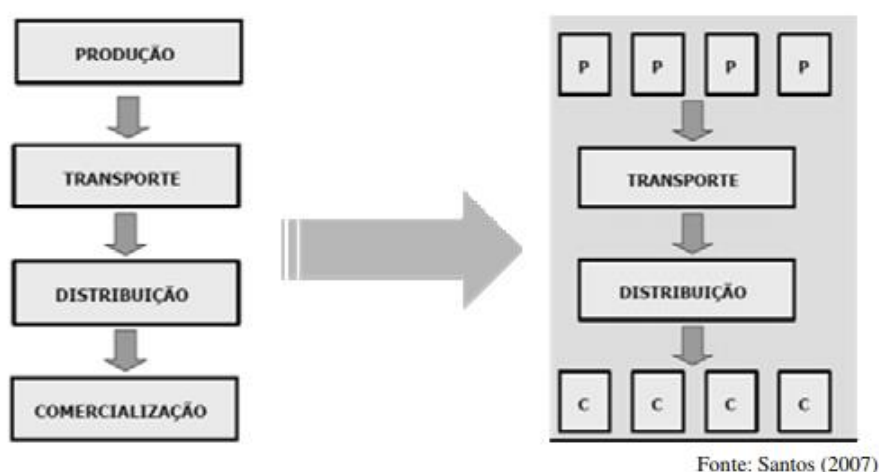


Figura 2.22 - Evolução da organização do setor elétrico (Fonte: Santos, 2007)

A organização do setor elétrico é refletida pela organização estrutural do mercado elétrico. Existe uma cadeia vertical de atividades que se pode caracterizar em três diferentes vertentes: produção de energia, transporte e distribuição e comercialização.

A preocupação das empresas do setor eletroprodutor prende-se também com o MIBEL. O funcionamento deste, resumidamente, é o seguinte: as empresas compram energia e gás natural em blocos, podendo estes ser horários até anuais, tendo em conta a previsão de energia que precisam. Esta previsão a curto prazo é baseada em parâmetros climáticos e de consumo de eletricidade, já a previsão a longo prazo é baseada nos cenários climáticos existentes tendo sempre em consideração o pior cenário esperado. É aqui que se torna essencial a existência de um serviço climático, podendo ser extremamente útil ao setor eletroprodutor se os cenários climáticos, além

da fiabilidade, possuírem ferramentas que tenham previsões sazonais e, preferencialmente, sub-sazonais, que oferecessem a oportunidade às empresas de ajustarem o seu mercado.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo é descrita a metodologia utilizada para o estudo da relação empírica entre o consumo de eletricidade e os eventos de temperatura extremos associados às temperaturas elevadas. Descreve-se ainda a abordagem usada na segunda fase desta dissertação, focando a identificação das medidas de adaptação que estão a ser implementadas ou estudadas noutras empresas do setor eletroprodutor na Europa. Esta mesma é feita por meio de análise de literatura e complementada com um inquérito online distribuído por várias empresas do setor (tanto nacionais como estrangeiras).

O esquema apresentado de seguida (Figura 3.1) representa de forma sucinta as duas fases constituintes da metodologia, sendo que as mesmas serão explicadas em detalhe nos subcapítulos 3.1 e 3.2.

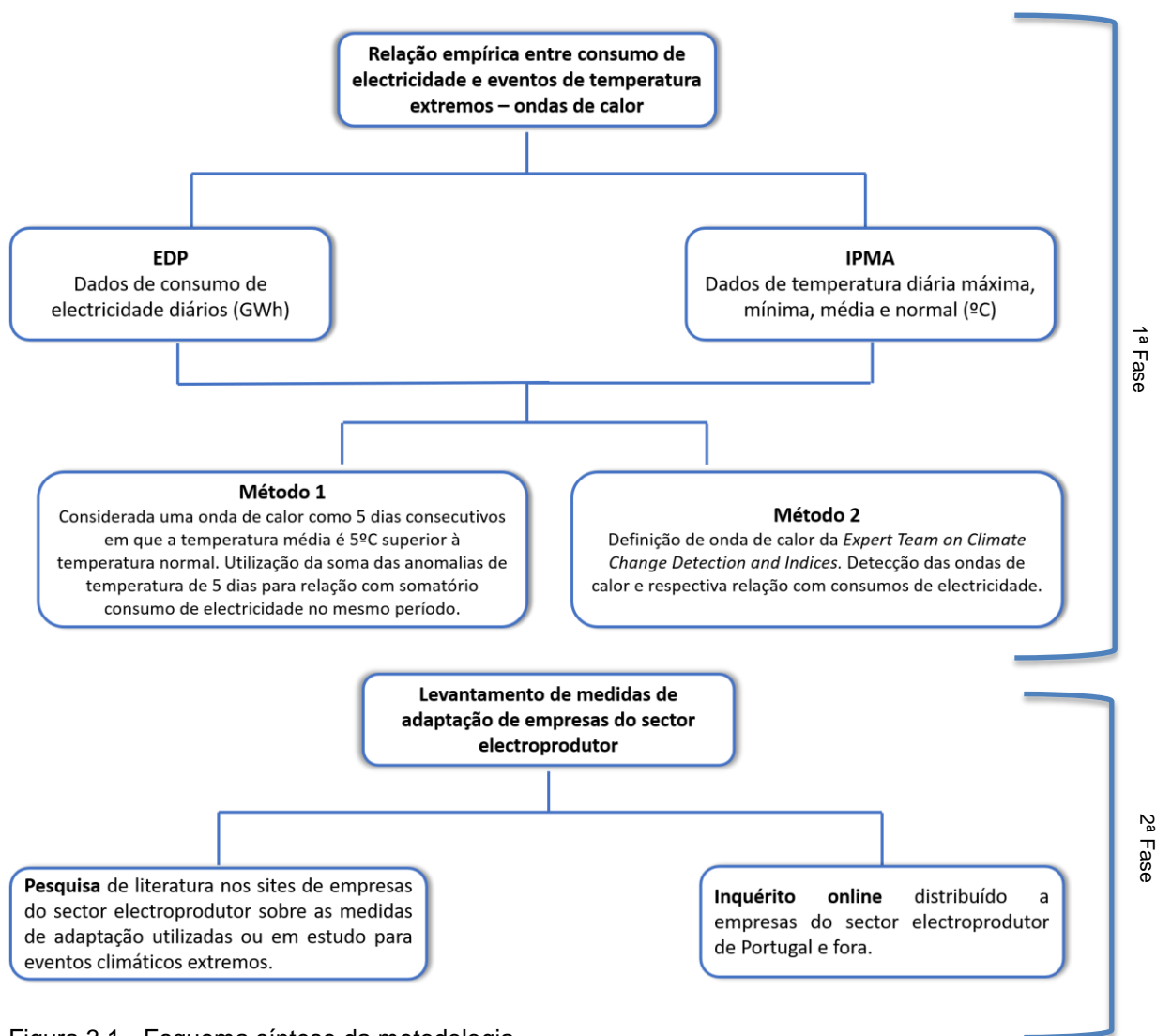


Figura 3.1 - Esquema síntese da metodologia

### **3.1 Primeira Fase – Relação empírica entre consumo de eletricidade e eventos extremos de temperatura elevada (ondas de calor)**

Foram definidos dois métodos diferentes para avaliar esta relação com base em diferentes definições de eventos extremos de temperatura elevada. Qualquer um dos métodos teve um tratamento de dados, representados em forma de gráfico e tabela no capítulo 4. O termo “onda de calor” é, a partir de agora e quando referente a resultados da dissertação, denominada como evento extremo de temperatura elevada.

#### **3.1.1 Método 1**

O Método 1, analisa Portugal Continental como um todo, não considerando as variações de temperatura e diferenças de população residente entre litoral e interior. O ponto de partida da análise é a definição de uma onda de calor. Neste método considera-se que a mesma é definida por 5 dias consecutivos, em que a temperatura média diária é 5°C superior à temperatura normal diária. Esta é uma adaptação da definição utilizada pelo IPMA, uma vez que a mesma considera a temperatura máxima diária e não a temperatura média diária (subcapítulo 2.1).

Nesta dissertação considerou-se a temperatura média diária e não a temperatura máxima diária (conforme referido pelo IPMA), uma vez que nesta análise de séries temporais de 14 anos se considerou mais robusto comparar médias diárias (temperatura normal e temperatura média), do que uma média diária e uma temperatura pontual diária (temperatura normal e temperatura máxima).

Foram utilizados os dados fornecidos pelo IPMA respeitantes à temperatura média, máxima, mínima e normal diária, de uma série temporal de 2003-2017 e os dados de consumo de eletricidade diários (fornecidos pela EDP) para o mesmo período de tempo.

Definiu-se anomalia como a diferença entre a temperatura normal e a temperatura média registada nesse dia. A utilização de anomalias permitiu a identificação (ou não) da existência de relação entre o consumo de eletricidade e as temperaturas registadas. Por exemplo, se a anomalia for de -2,5°C, significa que a temperatura média diária registada foi 2,5°C superior à temperatura normal esperada para esse dia.

Neste método, procedeu-se à soma das anomalias de temperatura e dos consumos de eletricidade de 5 dias úteis consecutivos para cada mês. Em cada mês foi selecionado o maior resultado de consumo de eletricidade resultante da soma de 5 dias consecutivos, e avaliada a relação com a soma das anomalias de temperatura dos mesmos 5 dias.

Após a soma das anomalias de temperatura e dos consumos de eletricidade, procedeu-se a uma análise caso-a-caso de cada semana (apenas considerando os dias úteis) de cada mês, que apresenta consumos de eletricidade mais elevados, bem como da correspondente anomalia de temperatura semanal. Foi ainda enquadrada essa semana de maior consumo de eletricidade com a maior e menor anomalia de temperatura registadas nesse mês. Este enquadramento justifica-se por existirem outros fatores que não a temperatura que afetam o consumo de eletricidade, como a situação económica e social do país nesse período. Desta forma pretende-se estabelecer uma relação mais robusta entre os consumos de eletricidade e as temperaturas registadas, considerando também outros fatores.

A percentagem de aumento de consumo de eletricidade durante um evento extremo de temperatura elevada foi calculada através da equação:

$$\% \text{ aumento } c. e. = \left( \frac{C. e. * 100}{\text{Média } C. e.} \right) - 100$$

% aumento c.e. = aumento do consumo de eletricidade durante evento extremo de temperatura elevada;

C.e. = maior valor das somas do consumo de eletricidade dos 5 dias úteis semanais, de um mês;

Média C.e. = média das somas do consumo de eletricidade dos 5 dias úteis semanais de um mês.

Foi calculada a média do aumento do consumo de eletricidade nos meses quentes (junho, julho e agosto), comparando esse aumento com o aumento de consumo de eletricidade apresentado nos artigos selecionados no subcapítulo 2.3.3, para Portugal ou para países com características semelhantes e em que o evento climático extremo principal a que estivessem sujeitos fosse, igualmente, os eventos extremos de temperatura elevada.

### **3.1.2 Método 2**

Neste método recorreu-se a uma definição de onda de calor diferente, segundo Alexander et al. (2006). De acordo com esta fonte, esta pode ser caracterizada pelos dias em que a temperatura máxima é superior ao percentil 90 desse mês, numa janela de 5 dias consecutivos.

Após a análise do Método 1, e sendo que houve várias situações em que não foram identificados eventos extremos de temperatura elevada devido ao facto de se considerar que a mesma teria de ter duração de 5 dias, no Método 2, considerou-se como evento

extremo de temperatura elevada, aquele que resulta de uma temperatura acima do percentil 90 (este inclusive) durante pelo menos 4 dias consecutivos (e não 5 dias consecutivos).

Foram também utilizados os dados fornecidos pelo IPMA respeitantes à temperatura média, máxima, mínima e normal diária de uma série temporal de 2003-2017 e os dados de consumo de eletricidade diários para o mesmo período de tempo.

Segundo a definição de onda de calor, utilizou-se o percentil 90 para encontrar as ondas de calor de cada ano através da expressão:

$$P_{90} = L_{90} + \frac{\left(\frac{90 * N}{100}\right) - F_a}{f_{P_{90}}} * h$$

Em que:

$L_{90}$  = limite inferior da classe  $P_{90}$ ;

$N$  = tamanho da amostra;

$F_a$  = soma das frequências das classes anteriores a  $P_{90}$ ;

$f_{P_{90}}$  = frequência da classe  $P_{90}$ ;

$h$  = amplitude da classe  $D_{90}$ .

Identificaram-se os eventos extremos de temperaturas elevadas e, seguidamente, procedeu-se à soma dos consumos diários de eletricidade durante esses mesmos eventos. Elaborou-se um indicador diário, dividindo o consumo total de eletricidade durante o evento extremo de temperatura elevada, pelo número de dias do mesmo, de forma a se conseguir obter a média diária do consumo de eletricidade durante o evento.

Essa mesma média diária do consumo de eletricidade durante o evento extremo de temperatura elevada foi utilizada para conseguir estabelecer a variação diária do consumo de eletricidade durante uma onda de calor através da seguinte expressão:

$$\Delta \text{ onda de calor (\%)} = \frac{\text{Cons. Elec.} * 100}{\text{Méd. cons.}} - 100$$

Em que:

$\Delta$  onda de calor (%) = variação diária do consumo de eletricidade durante um evento extremo de temperatura elevada;

Cons. Elec = consumo de eletricidade diário durante um evento extremo de temperatura elevada (GWh);

Méd. cons. = média dos consumos de eletricidade diários de um mês;

### 3.2 Segunda Fase – Medidas de adaptação do setor eletroprodutor a eventos extremos de temperatura elevada

Nesta segunda fase foi desenvolvida uma pesquisa das empresas do setor eletroprodutor existentes nos países cujo clima fosse semelhante a Portugal, com vista a identificar situações semelhantes e, em particular, medidas de adaptação focando os eventos extremos de temperatura elevada.

Na Tabela 3.1 apresentam-se os países, os respetivos eventos climáticos extremos de máxima importância para os mesmos, e quais as empresas principais do setor eletroprodutor contactadas via e-mail e telefonicamente para participação no inquérito online disponível no Anexo I, focando a identificação de medidas de adaptação.

Tabela 3.1- Eventos climáticos extremos e principais empresas do setor eletroprodutor dos países tidos em consideração.

<b>País</b>	<b>Evento climático extremo mais frequente</b>	<b>Empresas do setor eletroprodutor</b>	<b>Resposta</b>
Espanha	Ondas de calor no interior	Iberdrola SA	Não
Itália	Ondas de calor distribuídas igualmente pelo Norte, Centro e Sul de Itália	Enel SpA	Não
Grécia	Ondas de calor e fenómenos de precipitação intensa	PPC – Public Power Corporation of Greece	Não
França	Ondas de calor	EDF – Électricité de France SA	Não
Alemanha	Ondas de calor e fenómenos de precipitação intensa	EnBW - Energie Baden-Württemberg AG	Sim
Califórnia	Seca	Pacific Gas and Electric	Não

Foram ainda consultados colaboradores de empresas e organizações portuguesas que trabalham no setor energético, para identificar quais as principais preocupações das mesmas em relação às ondas de calor, e quais as medidas de adaptação que são consideradas mais pertinentes ou que já estão em vigor nas suas empresas.

As empresas e organizações contactadas estão elencadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Empresas e Organizações Portuguesas contactadas através de e-mail para participação no inquérito

<b>Empresa</b>	<b>Resposta</b>
EDP	Sim
Associação Portuguesa de Energias Renováveis	Sim
TrustEnergy	Sim
Tejo Energia, S.A.	Sim
Agência Portuguesa do Ambiente	Sim
Galp	Sim
Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos	Sim

Numa primeira abordagem procurou-se nos sites das empresas as abordagens que adotaram face a um acontecimento anterior de evento extremo de temperatura elevadas, se se desenvolveram metodologias e medidas de adaptação aos mesmos e qual foi o tipo de resposta – reativa ou proactiva – da gestão de topo. A informação disponível na internet não foi suficiente, e muitas das vezes, inexistente, pelo que se procurou contornar a situação com outra abordagem.

Foi assim realizado um inquérito online (Anexo I), distribuído via e-mail a empresas do setor em Portugal (Tabela 3.2) e, também a pessoas chave de algumas empresas do setor em alguns dos países representados na Tabela 3.1.

### **3.3 Limitações da metodologia**

Durante a implementação das fases descritas anteriormente foram identificadas diversas limitações, que serão expostas neste subcapítulo.

O primeiro entrave surgiu na obtenção de dados de temperatura pelo IPMA, que vieram desagregados por estação meteorológica. Para a análise do Método 1 e 2 e esta informação desagregada não pode ser utilizada, uma vez que os dados de consumo de eletricidade correspondem a Portugal Continental como um todo. Foi deste modo necessária a agregação dos dados de temperatura podendo ter existido erros de arredondamentos.

A série temporal utilizada é também ela muito restrita, com apenas 14 anos, pelo que os resultados obtidos não terão um peso estatístico significativo e poderão não se captar as respostas esperadas no consumo de eletricidade face aos eventos extremos de temperatura elevada.

Em relação à segunda fase da metodologia, não se encontrou muita informação disponível para consulta. Com os questionários via e-mails não se consegue obter informação mais detalhada de cada país, apesar de as perguntas serem de resposta rápida e sido elaboradas tendo em conta as medidas de adaptação presentes na ENAAC.

## **4 ANÁLISE DA RESPOSTA DO SETOR ELETROPRODUTOR**

Com este capítulo pretende-se apresentar e analisar os resultados obtidos através da aplicação dos vários métodos explicados no capítulo 3, tentando chegar a uma relação direta entre o consumo de eletricidade e as ondas de calor que existiram entre 2003 e 2017.

O capítulo encontra-se dividido em subcapítulos: efeito de ondas de calor no consumo de eletricidade, que explora a análise feita a partir do Método 1 e 2; as probabilidades futuras, onde se apresentam os resultados dos inquéritos online realizados via e-mail às empresas apresentadas nas Tabelas Tabela 3.1 e Tabela 3.2

### **4.1 Relação empírica entre produção e consumo de eletricidade com eventos de temperatura extremos**

#### **4.1.1 Efeito dos eventos extremos de temperatura elevadas no consumo de eletricidade**

Importa referir que foram analisados todos os meses de 2003-2017, tentando sempre olhar para a análise dos dados de forma não generalizada, tendo em atenção que os meses têm comportamentos independentes. Quanto à análise semanal dos 5 dias úteis, verificou-se ser necessário olhar não só para os resultados da mesma, mas também para a semana antecedente e para o período fim-de-semana, uma vez que a temperatura dos mesmos pode influenciar os resultados de consumo de eletricidade da semana (de dias úteis) em análise.

Foram contabilizados os fins-de-semana e os feriados para efeitos de temperatura, mas não para consumos de eletricidade, uma vez que estes têm um comportamento distinto e irregular, não dependendo estritamente da temperatura.

##### **4.1.1.1 Método 1**

No Método 1, tal como explicado no subcapítulo 3.1.1, foram calculadas as anomalias de temperatura de forma a facilitar a identificação de eventos extremos de temperatura elevadas. Quando a anomalia é igual ou superior a 5°C em 5 dias consecutivos, é considerada a existência de um episódio extremo de temperatura elevada. Para cada mês foram identificadas as semanas (apenas os 5 dias úteis) com maior consumo de eletricidade e analisada a respetiva anomalia de temperatura.

Na Tabela 4.1 e Tabela 4.2 apresenta-se a análise dos anos 2003 e 2017, de forma a se comparar a frequência dos episódios extremos de temperatura e a variação dos consumos de eletricidade. A análise de toda a série temporal é apresentada em Anexo II. Considerou-se pertinente apresentar também a anomalia máxima e mínima de temperatura mensal, para uma melhor visualização e enquadramento dos resultados. Note-se que conforme anteriormente explicado, a anomalia é a diferença entre a temperatura normal e a temperatura média, ambas diárias, sendo que a anomalia de temperatura apresentada nas tabelas é sempre referente à soma de 5 dias úteis e designada por anomalia (máxima, mínima ou só anomalia) semanal. Um resultado de anomalia negativa significa que a temperatura média diária foi superior à temperatura normal (i.e., esteve mais calor do que o normal), e uma anomalia positiva refere-se a uma temperatura média diária inferior à temperatura normal diária.

Tabela 4.1 - Análise dos meses de 2003, tendo sido feita a divisão mensal através das respetivas semanas com maior consumo de eletricidade. Os meses quentes encontram-se assinalados, sendo que o mês que registou uma maior diferença percentual de consumo de eletricidade se encontra a negrito.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>janeiro</b>	27,1	729,2	7,6	27,1	-10,1	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em janeiro.
<b>fevereiro</b>	17,0	683,9	15,2	17,0	7,5	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em fevereiro. A temperatura desse mês foi sempre mais baixa do que a normal, pelo que os consumos foram sempre elevados, apesar de na semana em questão ter sido registado um aumento de 15,2% de consumo de eletricidade, o mesmo se deveu a uma discrepância de 17°C em relação à temperatura normal (isto em relação à soma das anomalias).
<b>março</b>	7,7	601,9	1,4	7,7	-9,7	O maior consumo de eletricidade correspondeu à menor temperatura registada.
<b>abril</b>	4,0	571,2	7,2	6,4	0,6	O maior consumo de eletricidade não corresponde à semana com uma anomalia maior, uma vez que na semana em que a anomalia foi superior a 5°C (estiveram menos 5°C nessa semana do que seria suposto), existiu um feriado, logo o consumo de eletricidade tem um comportamento distinto.
<b>maio</b>	-16,9	598,5	2,1	7,0	-21,6	Apesar de o maior consumo de eletricidade não ter correspondência direta com a máxima temperatura registada durante 5 dias consecutivos, o consumo pode ser explicado pelas fortes temperaturas registadas desde a semana anterior a essa uma vez que a diferença de consumo de eletricidade não é muita entre as duas semanas.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
junho	1,0	599,0	1,7	1,0	-21,6	O maior consumo de eletricidade corresponde à menor temperatura semanal registada em junho. No entanto, é de notar que nas restantes semanas houve feriados, o que representa uma diminuição dos consumos de eletricidade nessas semanas.
julho	-21,1	639,6	3,9	16,9	-21,1	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas. Houve uma anomalia nessa semana de 21°C, sendo que houve 3 dias consecutivos em que as temperaturas diárias foram superiores 5°C relativamente à temperatura normal.
agosto	-28,4	621,9	9,1	14,9	-28,4	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas. Apesar de o consumo de eletricidade no mês de agosto ser inferior ao mês de julho, apesar das temperaturas dessa semana terem sido as mais altas do ano, o mesmo é explicado pelo período de férias em que a população não está em casa e por isso recorre menos aos equipamentos de arrefecimento.
setembro	-7,7	627,7	2,8	13,5	-7,7	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
outubro	12,9	627,2	2,8	21,0	1,7	Apesar de o maior consumo de eletricidade não ter correspondência direta com a mínima temperatura registada durante 5 dias consecutivos, o consumo pode ser explicado pelas temperaturas baixas registadas desde a semana anterior a essa uma vez que a diferença de consumo de eletricidade não é muita entre as duas semanas.
novembro	11,5	660,3	3,0	11,5	5,4	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em janeiro.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
dezembro	5,6	692,9	16,0	23,7	1,3	Apesar de não ser nesta semana que a anomalia foi maior, ou seja, que as temperaturas foram mais baixas para a estação, nas semanas em que se verificou uma maior anomalia, existiram 2 feriados, o que levou a que o consumo de eletricidade tivesse um comportamento diferente.

Tabela 4.2 - Análise dos meses de 2017, tendo sido feita a divisão mensal através das respetivas semanas. Os meses quentes encontram-se assinalados, sendo que o mês que registou uma maior diferença percentual de consumo de eletricidade se encontra a negrito.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
janeiro	5,9	825,6	3,5	11,1	-11,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
fevereiro	-7,3	783,8	3,1	5,1	-13,2	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
março	-0,3	692,3	1,5	11,2	-12,7	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
abril	-10,7	650,7	3,6	-5,1	-22,3	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
maio	-31,6	668,4	3,9	-5,9	-31,6	O mês de maio foi um mês mais quente do que o habitual. A semana mais quente coincide com a semana em que o consumo de eletricidade foi maior
<b>junho</b>	<b>-25,1</b>	<b>733,2</b>	<b>7,4</b>	2,4	-25,1	Na semana em que houve um maior consumo de eletricidade, e que correspondeu também à maior temperatura semanal registada, existiram 4 dias com temperaturas superiores a mais de 6°C do que a temperatura normal.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
julho	5,6	697,1	0,4	5,6	-10,7	Apesar de não fazer sentido o maior consumo de eletricidade em julho corresponder à semana com a temperatura mais baixa, o mês de julho teve temperaturas muito semelhantes e o mesmo com os consumos de eletricidade, como se pode ver pela diferença percentual de consumo.
agosto	-8,5	664,2	2,4	8,9	-8,5	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana com temperatura mais elevada de agosto.
setembro	7,1	677,5	0,7	14,1	1,0	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
outubro	-14,8	667,1	1,4	-11,8	-14,8	Outubro foi um mês mais quente do que o habitual. O maior consumo de eletricidade corresponde à semana em que a temperatura foi mais alta.
novembro	1,9	714,2	5,3	5,2	-16,2	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
dezembro	11,1	783,5	4,9	11,1	-5,0	A semana mais fria de dezembro teve também o maior consumo de eletricidade registado.

Ao observar cada ano individualmente pode-se constatar que o ano de 2003 tem uma distribuição normal das temperaturas registadas. Isto significa que acontece o esperado, na época fria (janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro) as temperaturas médias semanais são, maioritariamente, inferiores à temperatura semanal normal (anomalia positiva), sendo que tanto a anomalia máxima como mínima se encontram com valores positivos (com exceção de janeiro e março, em que a anomalia mínima semanal registada é negativa).

Na época quente (abril, maio, junho, julho, agosto e setembro) a anomalia mínima semanal em 2003 (correspondente a temperaturas mais elevadas), atinge valores muito elevados nos meses de junho, julho e agosto. Em agosto foi detetada uma onda de calor de 7 dias, coincidente com a semana em que existiu um maior consumo de eletricidade. Durante a onda de calor em 2003, houve um aumento no consumo de eletricidade de 9,1%, o maior aumento detetado na série temporal estudada, como se pode comprovar através da Tabela 4.3.

Quanto ao ano de 2017, foi um ano atípico. Ao contrário do que seria esperado, ao invés de um aumento das temperaturas máximas e mínimas, existiu uma diminuição das anomalias de temperatura mínimas, ou seja, ocorreu uma diminuição de temperatura nos meses de junho, julho, agosto e setembro. Nos restantes meses, foram registadas anomalias de temperatura mínimas e máximas mais elevadas, o que significa que a temperatura subiu. A temperatura média anual de 2017 foi a segunda mais elevada, mas, no entanto, os meses quentes registaram a média de temperatura mais baixa, ainda que o mesmo não tenha tido um efeito linear nos consumos de eletricidade do ano.

Segundo Damm et al.(2017), um aumento de 2°C iria diminuir o consumo de eletricidade e aumentar os picos diários de eletricidade. O estudo refere que o único país em que se esperaria um aumento no consumo de eletricidade é Itália, no entanto, fazendo a média do consumo anual de eletricidade de 2003 e de 2017 em Portugal, o mesmo é de 115,9 GWh e 136,0 GWh, respetivamente. Apesar de ser contrastante e visível o aumento do consumo médio anual de eletricidade entre os dois anos apresentados, observando a Figura 4.1, verifica-se que não existiu um aumento contínuo e linear tanto do consumo médio anual de eletricidade, como da temperatura média anual na série temporal estudada.

Na Figura 4.1 e Figura 4.2 está ilustrada graficamente a variação da média do consumo de eletricidade anual e da temperatura média anual, de 2003 a 2017, bem como a variação da média dos consumos de eletricidade com as temperaturas médias dos

meses de junho, julho e agosto (doravante denominados por meses quentes), respetivamente.

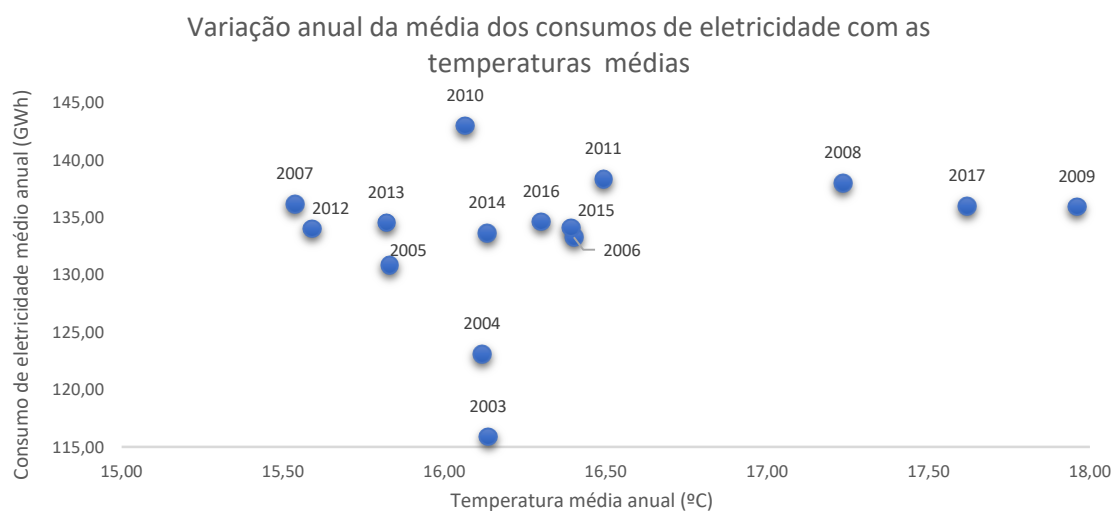


Figura 4.1 - Variação anual da média dos consumos de eletricidade anuais com as temperaturas médias anuais.

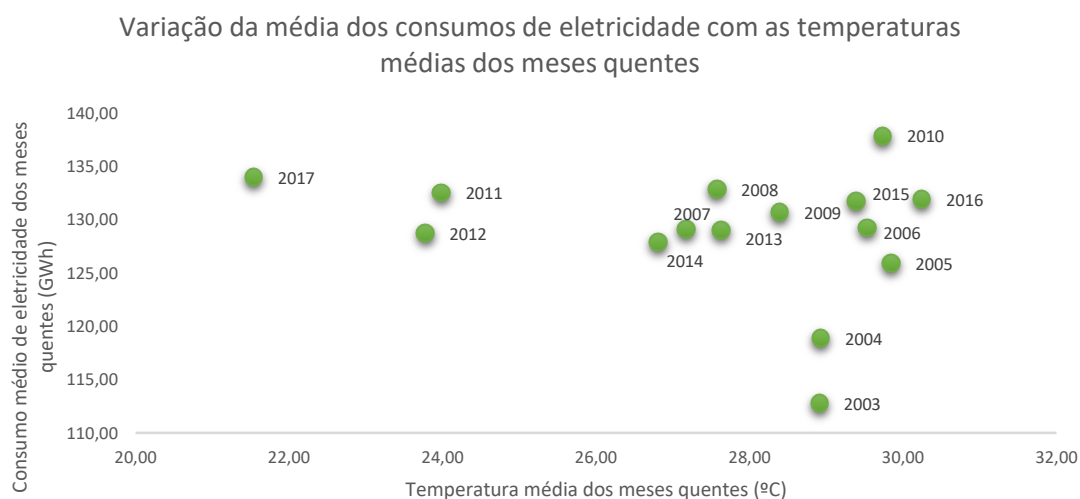


Figura 4.2 - Variação da média dos consumos de eletricidade dos meses quentes com as temperaturas médias dos meses quentes.

Em 2010 foi quando se registou um maior consumo médio anual de eletricidade (Figura 4.1), no entanto a temperatura média anual não foi a mais elevada. Através da análise da Figura 4.2, em que os meses quentes apresentaram o somatório de consumos médios de eletricidade mais elevado da série temporal estudada, pode-se observar que a temperatura média respetiva foi a terceira mais alta registada da série temporal, sendo que a diferença para o ano de 2005 é apenas de 0,9°C. Apesar da observação, é

impossível dizer com certeza que o consumo de eletricidade elevado se deveu à temperatura média registada.

É ainda necessário referir que, apesar de ter existido uma crise económica em Portugal de 2010 a 2014, as temperaturas médias tanto anuais como referentes aos meses quentes não foram elevadas quando comparadas com temperatura normal, pelo que o consumo de eletricidade nesse período, ainda que possa ter sido mais baixo devido à crise económica, não era esperado que atingisse valores muito elevados em virtude apenas do aumento de temperatura.

Mais uma vez, através dos gráficos apresentados, não é possível estabelecer uma relação clara entre o consumo de eletricidade anual, e para os meses quentes, e as temperaturas médias registadas nesses períodos. Dado que os gráficos foram elaborados com temperaturas médias ao longo de um período de pelo menos 30 dias, as mesmas não traduzem as respostas semanais que acontecem e que coincidem com anomalias de temperatura como reportado. Talvez utilizando amplitudes térmicas anuais e/ou para os meses quentes se conseguisse captar melhor uma relação anual/para os meses quentes entre consumo de eletricidade e temperatura.

No entanto, verifica-se que à escala de 5 dias úteis parece haver uma relação e torna-se assim relevante entender o comportamento do consumo de eletricidade aquando uma onda de calor.

Na Tabela 4.3 estão apresentados em forma de resumo, os resultados do Método 1 para os meses de junho a outubro.

Tabela 4.3 - Síntese do método 1, apresentando unicamente os meses de junho-outubro. Os eventos extremos de temperatura elevadas que ocorreram em meses quentes, estão identificados com cor diferente.

	Variação percentual do consumo de eletricidade dos 5 dias consecutivos em que se registou um maior consumo de eletricidade, em relação ao restante mês					Maior consumo diário de eletricidade (GWh)	Maior anomalia de temperatura em 5 dias úteis (°C)	Maior consumo de eletricidade em 5 dias úteis (GWh)	Evento extremo de temperatura segundo definição (sim ou não)	Aumento de consumo de eletricidade durante evento extremo de temperatura face ao consumo de eletricidade mensal (%)	
	junho	julho	agosto	setembro	outubro						
<b>2017</b>	7,36	0,45	2,44	0,73	1,43	junho - 29,01	junho - 156	junho - 25,5	junho - 733,20	Não	-
<b>2016</b>	2,90	1,91	2,27	3,77	0,96	setembro - 37,71	julho - 149,90	setembro - 22,78	julho - 694,30	Não	-
<b>2015</b>	1,63	1,40	3,60	0,49	0,89	agosto - 34,51	julho - 147,50	junho - 15,81	julho - 701,90	Não	-
<b>2014</b>	5,73	3,34	1,43	2,04	0,52	agosto - 33,61	julho - 144,10	outubro - 21,67	julho - 683,70	Não	-
<b>2013</b>	3,98	6,34	0,76	0,95	0,30	julho - 37,81	julho - 154,60	julho - 20,55	julho - 731,10	4 a 9 de julho	4,8
<b>2012</b>	5,58	3,81	5,05	1,11	2,48	julho - 32,48	julho - 149,80	junho - 19,18	julho - 726,16	10 a 16 de maio	1
<b>2011</b>	6,35	3,54	3,56	3,68	2,23	junho - 33,09	julho - 152,20	outubro - 18,78	julho - 742,80	Não	-
<b>2010</b>	1,45	4,21	3,81	2,80	2,06	julho - 36,88	julho - 160,10	julho - 24,66	julho - 742,80	Não	-
<b>2009</b>	6,43	6,68	4,70	1,03	2,10	junho - 36,7	junho - 147,30	outubro - 30,85	agosto - 179,50	27 a 31 de maio 11 a 15 de outubro	1,26 <hr/> 1,51
<b>2008</b>	3,68	2,65	5,98	1,53	1,48	julho - 37,30	julho - 155,20	junho - 20,00	julho - 750,70	Não	-

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

	Variação percentual do consumo de eletricidade dos 5 dias consecutivos em que se registou um maior consumo de eletricidade, em relação ao restante mês					Maior consumo diário de eletricidade (GWh)	Maior anomalia de temperatura em 5 dias úteis (°C)	Maior consumo de eletricidade em 5 dias úteis (GWh)	Evento extremo de temperatura segundo definição (sim ou não)	Aumento de consumo de eletricidade durante evento extremo de temperatura face ao consumo de eletricidade mensal (%)	
	junho	julho	agosto	setembro	outubro						
<b>2007</b>	1,09	0,98	10,29	2,16	1,91	julho - 37,87	julho - 146,90	junho - 10,35	agosto - 719,50	Não	-
<b>2006</b>	3,84	3,25	6,75	3,35	0,39	setembro - 36,22	julho - 151,90	julho - 25,8	julho - 737,9	11 a 17 de julho	3,25
<b>2005</b>	3,15	2,36	5,39	2,21	1,47	agosto - 36,85	junho - 144,90	junho - 29,69	julho - 730,15	17 a 22 de junho	3,15
<b>2004</b>	3,55	2,67	5,30	3,66	2,09	agosto - 36,20	julho - 138,00	agosto - 27,59	julho - 672,90	5 a 12 de agosto	5,30
<b>2003</b>	1,72	3,85	9,12	2,76	2,76	agosto - 39,20	agosto - 131,60	agosto - 28,30	agosto - 639,60	6 a 13 de agosto	9,12

Inicialmente foram selecionadas todas as ondas de calor, independentemente da época do ano em que ocorressem. No entanto, e como se poderá observar pela Tabela 4.3, apenas nos meses de junho-agosto o aumento percentual no consumo de eletricidade durante uma onda de calor é superior a 2%.

Na Tabela 4.3 está ainda apresentado o mês de outubro, uma vez que no ano de 2017 ocorreram temperaturas muito elevadas durante 3 dias consecutivos ainda que, segundo a definição utilizada no Método 1, não seja considerado um evento extremo de temperatura. Não obstante, o mês de outubro veio mostrar-se insignificante quando relacionada a maior temperatura com o consumo de eletricidade, o aumento no consumo de eletricidade durante esses dias não ultrapassou um acréscimo de 2% no consumo de eletricidade.

Segundo o Método 1, na série temporal estudada, existiram 8 eventos extremos de temperatura elevada, 5 deles durante os meses quentes.

Se forem considerados todos os eventos extremos de temperatura da série temporal estudada, independentemente do mês em que aconteça, o aumento médio do consumo de eletricidade durante um evento extremo de temperatura varia entre 1% e 9,12%, considerando os consumos médios anuais de eletricidade. No entanto, focando apenas nos meses quentes, o aumento de consumo de eletricidade durante um evento extremo de temperatura em Portugal varia entre 3,15% e 9,12%, estando enquadrado o valor de 5,90% de Zachariadis and Hadjinicolaou (2014) aplicado aos países do Mediterrâneo.

É ainda possível constatar através da Tabela 4.3 que a frequência dos eventos extremos de temperatura, definidos através do Método 1, diminuiu até 2017, sendo que desde 2014 que não se regista nenhuma. No entanto, o mesmo não se verifica nos consumos de eletricidade, dado que os mesmos se situam sensivelmente nos mesmos intervalos durante a série temporal. No Anexo II apresentam-se detalhadamente as tabelas síntese de cada ano.

Para melhor sintetizar a fiabilidade do Método 1, apresentam-se os resultados do mesmo aplicados aos meses quentes, na Tabela 4.4. A verde estão representados os meses em que foi possível estabelecer uma relação empírica entre o maior consumo de eletricidade registado no mês e a anomalia mínima semanal respetiva. A vermelho, pelo contrário, estão representados os meses em que não foi possível estabelecer uma relação empírica entre o consumo de eletricidade e a anomalia mínima semanal respetiva.

Tabela 4.4 - Análise de sensibilidade do método 1, para os meses quentes. Os valores a vermelho indicam que não se verificou uma relação empírica, e os valores a verde indicam que a mesma se verificou.

	junho	julho	agosto
2003	verde	verde	verde
2004	verde	verde	vermelho
2005	vermelho	verde	verde
2006	verde	verde	verde
2007	vermelho	verde	verde
2008	vermelho	verde	verde
2009	verde	vermelho	verde
2010	vermelho	vermelho	verde
2011	verde	verde	verde
2012	verde	verde	verde
2013	verde	vermelho	verde
2014	vermelho	verde	verde
2015	vermelho	vermelho	vermelho
2016	verde	verde	verde
2017	verde	vermelho	verde

Como é possível observar-se, usando o Método 1 não se conseguiu estabelecer uma relação empírica entre o maior consumo semanal de eletricidade registado e a sua respetiva anomalia mínima de temperatura em 13 vezes do total de 42 meses analisados, o que corresponde a 70% de coincidência de maior consumo semanal no mês com a menor anomalia (soma da maior temperatura semanal) registada no mês.

No entanto, alguns dos casos de não concordância entre a maior temperatura registada e maior consumo de eletricidade, podem ter uma possível explicação (ocorrência de dias feriados, semanas, ou fim de semanas anteriores relativamente frescos, etc.), apresentada em detalhe nas tabelas no Anexo II e ilustrada seguidamente.

Por exemplo, em 2005 (Tabela 7.3, Anexo II) existiu um evento extremo de temperatura na semana de maior consumo de eletricidade. Apesar deste não corresponder à anomalia mínima de temperatura registada em junho, esta anomalia de temperatura deu-se numa semana em que existiu um feriado, o que pode ter significado um comportamento distinto no consumo de eletricidade nessa semana.

Em 2008 (Tabela 7.6, Anexo II) e 2010 (Tabela 7.8, Anexo II), a semana em que se registou a anomalia mínima de temperatura, ou seja, em que a temperatura foi mais alta, teve um feriado, o que pode ter correspondido a um consumo de eletricidade distinto.

Isto pode ter impedido a relação empírica entre o maior consumo de eletricidade registado e a anomalia mínima de temperatura do mês de junho.

Em 2013 (Tabela 7.11, Anexo II), na semana anterior à de maior consumo de eletricidade registado em julho, teve início um evento extremo de temperatura que se estendeu para a semana seguinte. Apesar de a anomalia mínima de temperatura ter sido superior na semana anterior, o consumo de eletricidade apresentou uma resposta mais forte ao evento extremo de temperatura na semana seguinte, o que fez com que a relação empírica não se conseguisse estabelecer com precisão.

Se considerarmos estes casos, em que os argumentos apresentados para cada um individualmente, podem explicar a falta de relação empírica nos meses marcados a vermelho, a ocorrência do consumo máximo semanal registado num mês coincidir com a semana de menor anomalia (soma da maior temperatura semanal registada nesse mês) é de 78,70%.

#### **4.1.1.2 Método 2**

O Método 2 é muito semelhante ao anterior, mas inclui o cálculo do percentil 90 para todos os meses da série temporal. Um evento extremo de temperatura é definido pelo método como, pelo menos, 4 dias consecutivos em que a temperatura máxima é igual ou se encontra acima do percentil 90 do respetivo mês (subcapítulo 3.1.2).

É importante entender a variação do percentil 90 ao longo da série temporal, tanto para os meses todos da série temporal (Figura 4.3), como focando nos meses quentes (Figura 4.4).

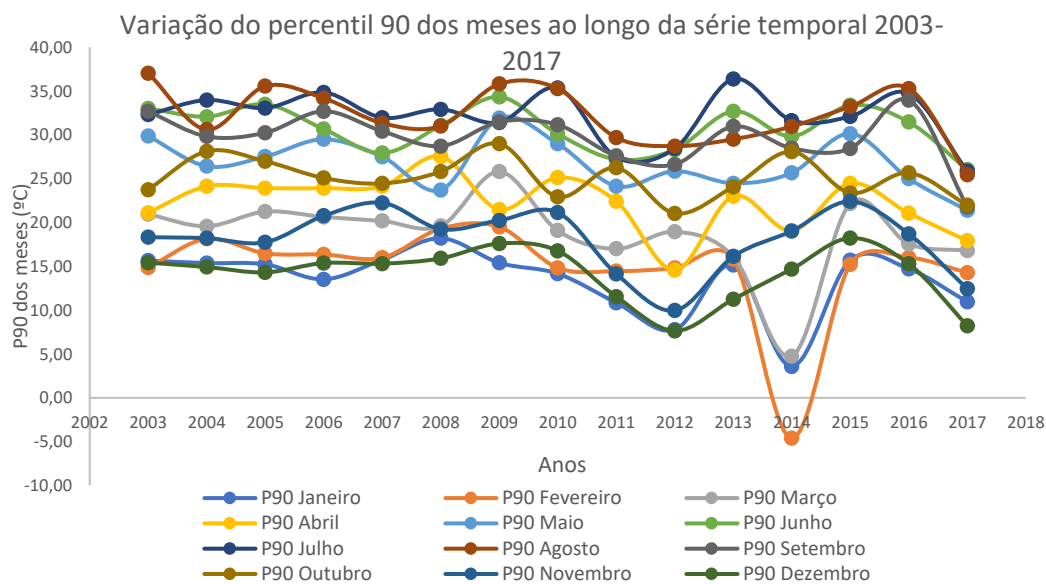


Figura 4.3 - Variação do percentil 90 dos meses ao longo de toda a série temporal 2003-2017.

Observando a figura, é notório que até ao ano de 2010, os percentis foram muito semelhantes entre os anos e para os mesmos meses. As maiores oscilações aconteceram a partir de 2011, em que os percentis 90 das temperaturas máximas, começaram a apresentar amplitudes térmicas muito grandes entre os meses. Este é o caso de 2014 em que os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram percentis 90 muito baixos e os meses quentes que tiveram percentis 90 dentro do esperado para a época.

Em 2017 é possível observar uma diminuição dos percentis 90 das temperaturas máximas em todos os meses, ainda que fazendo a diferença entre o maior percentil 90 registado (junho) e o menor percentil 90 registado (dezembro), esta seja de apenas 17°C.

A Figura 4.4 foca apenas a variação do percentil 90 ao longo da série temporal 2003-2017 nos meses quentes.

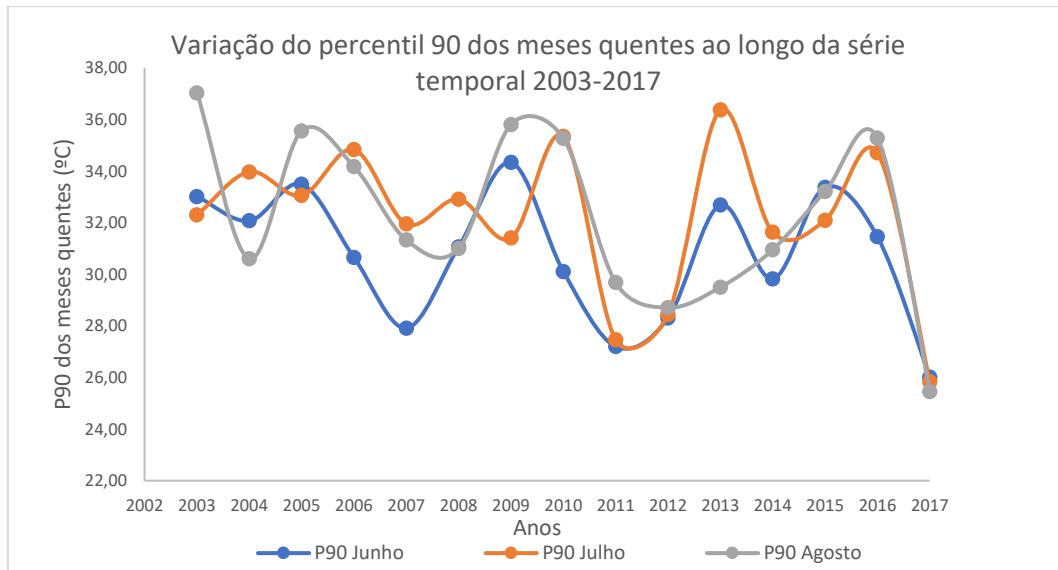


Figura 4.4 - Variação do percentil 90 dos meses quentes ao longo da série temporal 2003-2017.

Analisando a figura não é possível ver nenhuma tendência quer de aumento quer de diminuição dos percentis 90. Esta falta de tendência pode, à semelhança do método 1, dever-se ao facto de termos uma série temporal de apenas 14 anos, o que não é suficiente para se observar um determinado comportamento na temperatura.

Em relação aos eventos extremos de temperatura elevada, o Método 2 detetou 23 eventos, sendo que 7 ocorreram em meses quentes (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 - Síntese do método 2, apresentado unicamente os eventos extremos de temperatura elevada. Os eventos extremos de temperatura elevada que ocorreram nos meses quentes estão representados com uma cor diferente.

Ano	Evento extremo de temperatura (temperatura máxima $\geq$ P90)	Consumo de eletricidade durante onda de calor (A) (GWh)	nº dias de onda de calor (B)	Consumo de eletricidade diário durante onda de calor (A/B) (GWh)	Consumo de eletricidade mensal (GWh)	Média dos consumos diários de um mês (GWh)	Varição diária do consumo de eletricidade durante onda de calor (%)
2003	25 - 28 de janeiro	642,1	4,0	160,5	4722,3	152,3	5,4
	10 – 13 de março	507,2	4,0	126,8	4097,5	136,6	- 7,2
	11 - 14 de setembro	535,2	4,0	133,8	4006,6	133,6	0,2
2004	3 - 6 de fevereiro	523,8	4,0	131,0	3657,4	126,1	3,8
2005	27 – 30 de abril	507,8	4,0	127,0	127,0	121,8	4,2
2006	10 - 13 de fevereiro	553,7	4,0	138,4	4138,0	147,8	- 6,3
	26 – 29 de maio	504,7	4,0	126,2	3884,0	125,3	0,7
2007	4 – 7 de junho	534,8	4,0	133,7	3861,3	128,7	3,9
	5 - 8 de novembro	558,7	4,0	139,7	4204,5	140,2	-0,3
2008	15 - 18 de julho	608,8	4,0	152,0	4337,9	139,9	8,8
2009	22 - 26 de fevereiro	644,9	5,0	129,0	4102,0	146,5	- 12,0
	11 - 14 de agosto	545,7	4,0	136,4	3946,1	127,3	7,2
2010	11 - 14 de setembro	545,0	4,0	136,0	4167,0	138,9	- 1,9
2011	9 - 12 de agosto	558,5	4,0	140,0	4002,0	129,1	8,2

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Ano	Evento extremo de temperatura (temperatura máxima $\geq$ P90)	Consumo de eletricidade durante onda de calor (A) (GWh)	nº dias de onda de calor (B)	Consumo de eletricidade diário durante onda de calor (A/B) (GWh)	Consumo de eletricidade mensal (GWh)	Média dos consumos diários de um mês (GWh)	Varição diária do consumo de eletricidade durante onda de calor (%)
2012	25 - 28 de março	510,0	4,0	127,0	4110,0	132,6	-3,9
	24 - 27 de junho	542,0	4,0	136,0	3856,0	128,5	5,4
	16 - 19 de julho	584,0	4,0	146,0	4119,0	132,9	9,8
	4 - 7 de setembro	584,0	4,0	146,0	3934,0	131,1	11,3
2013	5 - 8 de julho	566,0	4,0	141,0	4242,0	136,8	3,3
2014	8 - 11 de janeiro	585,0	4,0	146,0	4575,0	147,6	-0,9
2015	1 - 4 de outubro	525,0	4,0	131,0	3997,0	128,9	1,8
	7-10 de novembro	Não existem dados de consumo de eletricidade para o mês de novembro.					
2016	3 - 6 de outubro	517,0	4,0	129,0	3931,0	126,8	1,9
2017	Não foram detetados eventos extremos de temperatura.						

Como já referido, através do Método 2 foram identificados 23 eventos extremos de temperatura, 7 deles nos meses quentes. No entanto é necessário ter atenção aos resultados.

Seria esperado que um evento extremo de temperatura elevada num mês não quente (janeiro, fevereiro, março, abril, maio, outubro, novembro e dezembro), não provocasse nenhuma oscilação no consumo de eletricidade, ou, por outro lado, provocasse uma redução do consumo de eletricidade uma vez que a necessidade de recorrer a equipamentos de aquecimento diminui e o evento extremo de temperatura elevada nesses meses, normalmente, não iria requerer o uso de equipamentos de arrefecimento.

Observando a Tabela 4.5, não é possível estabelecer uma relação linear entre o consumo de eletricidade e o evento extremo de temperatura elevada para a época não quente. Nem sempre o consumo de eletricidade reduz, podendo até em alguns casos aumentar significativamente, como é o caso do evento extremo de temperatura que ocorreu de 4 – 7 de setembro de 2012, em que existiu um aumento diário significativo de 11,3% no consumo de eletricidade. Apesar de se poder relacionar o evento extremo de temperatura com o aumento de consumo de eletricidade, os resultados para o mês de setembro não são constantes, como podemos ver através do evento extremo de temperatura elevada que ocorreu de 11 – 14 de setembro de 2003, em que o aumento diário de consumo de eletricidade foi de apenas 0,2%. Com os resultados do mês de setembro, foi decidido para este método que o mesmo fosse tratado como mês quente.

Por outro lado, focando apenas nos meses quentes, existiram 7 eventos extremos de temperatura elevada, que se traduziram num aumento diário do consumo de eletricidade de 3,3% – 9,8%. Ou seja, durante um evento extremo de temperatura num mês quente, existiu uma média de aumento diário do consumo de eletricidade de 6,7%, sendo que a causa pode ser, hipoteticamente, atribuída ao mesmo evento.

Por forma a sintetizar as semanas com e sem concordância entre temperaturas e consumos, elaborou-se a tabela seguinte. Caso exista um aumento do consumo de eletricidade durante os meses quentes (incluindo setembro) e uma redução ou aumento insignificante do consumo de eletricidade durante os meses mais frios (considerando janeiro, fevereiro, outubro, novembro e dezembro), considera-se que existe uma concordância entre aumento de temperaturas e de consumos de eletricidade e atribui-se a cor verde. Caso o resultado não seja este, atribuída a cor vermelha.

Assim sendo, apresenta-se na Tabela 4.6 a síntese da relação empírica encontrada para o Método 2, apresentado o evento extremo de temperatura elevada, a variação

diária do consumo de eletricidade durante onda de calor (%) e a respetiva cor caso exista uma relação lógica (verde) ou não (vermelho).

Tabela 4.6 – Síntese do método 2 com respetiva concordância entre a maior temperatura registada e o maior consumo de eletricidade. Os campos a vermelho indicam que não existiu uma variação lógica entre o aumento de consumo de eletricidade diário com o evento extremo de temperatura elevada.

Ano	Evento extremo de temperatura (temperatura máxima $\geq$ P90)	Variação diária do consumo de eletricidade durante onda de calor (%)	Concordância entre o evento climático extremo de temperatura elevada e o respetivo consumo de eletricidade do mês
2003	25 - 28 de janeiro	5,4	
	10 - 13 de março	-7,2	
	11 - 14 de setembro	0,2	
2004	3 - 6 de fevereiro	3,8	
2005	27 - 30 de abril	4,2	
2006	10 - 13 de fevereiro	-6,3	
	26 - 29 de maio	0,7	
2007	4 - 7 de junho	3,9	
	5 - 8 de novembro	-0,3	
2008	15 - 18 de julho	8,8	
2009	22 - 26 de fevereiro	-12,0	
	11 - 14 de agosto	7,2	
2010	11 - 14 de setembro	-1,9	
2011	9 - 12 de agosto	8,2	
2012	25 - 28 de março	-3,9	
	24 - 27 de junho	5,4	
	16 - 19 de julho	9,8	
	4 - 7 de setembro	11,3	
2013	5 - 8 de julho	3,3	
2014	8 - 11 de janeiro	-0,9	
	1 - 4 de outubro	1,8	
2015	7-10 de novembro	Não existem dados de consumo de eletricidade para o mês de novembro.	
2016	3 - 6 de outubro	1,9	
2017	Não foram detetados eventos extremos de temperatura.		

Observando a tabela pode-se ver que em 65,0% dos casos a variação de consumo de eletricidade durante um evento extremo de temperatura elevada aumenta (se a temperatura aumentar).

#### **4.1.1.3 Comparação entre Método 1 e Método 2**

É necessário lembrar que não é possível afirmar que o aumento ou redução do consumo de eletricidade depende estritamente de um evento extremo de temperatura, sendo que o mesmo depende de muitas variáveis externas, como o comportamento do consumidor, eventos que possam ter ocorrido nesse período de tempo, crises económicas ou até mesmo o isolamento das habitações e edifícios públicos, variáveis estas impossíveis de analisar numa dissertação de mestrado.

No entanto, tentou-se estabelecer uma relação empírica e avaliar se, de facto, um evento extremo de temperatura elevada produz ou não uma resposta no consumo de eletricidade (apesar de poder haver outros fatores explicativos).

Os dois métodos utilizados nesta dissertação resultaram de adaptações de métodos já utilizados para identificar ondas de calor e por uma adaptação às mesmas consoante os dados disponíveis.

O Método 1 adaptou a definição utilizada pelo IPMA, sendo que invés de se utilizar a temperatura máxima diária, se utilizou a temperatura média diária, conforme explicado anteriormente.

A definição utilizada pela World Meteorology Organisation e também no artigo de Cardoso et al. (2018), define onda de calor como sendo 5 dias consecutivos em que a temperatura máxima se encontra acima do percentil 90 do mês. Esta definição foi adaptada para o Método 2, sendo que invés de se utilizarem os 5 dias consecutivos, foram selecionados pelo menos 4 dias acima do percentil 90 para definir um evento extremo de temperatura elevada.

Ao contrário do Método 2, o Método 1 apresenta-se mais trabalhoso uma vez que foi necessário fazer as somas das anomalias de temperatura registadas durante os períodos de 5 dias úteis, e o respetivo somatório dos consumos de eletricidade. A relação empírica estabelecida através do Método 1 foi resultado de uma análise pormenorizada das semanas de maior consumo de eletricidade de cada mês, sendo que quando não era coincidente o maior consumo de eletricidade com a maior/menor (dependente do mês ser quente ou não) anomalia de temperatura dos 5 dias úteis, era analisada a semana anterior ou os eventos externos que pudessem ter ocorrido utilizando o motor de busca Google.

Apesar de ser interessante estimar a variação do consumo de eletricidade face às temperaturas registadas, o objetivo desta dissertação é entender o comportamento do consumo de eletricidade aquando um evento extremo de temperatura elevada.

A Tabela 4.7 estabelece a comparação entre o Método 1 e Método 2, apontando as principais diferenças, a sensibilidade do método tendo em conta o número de eventos extremos de temperatura registados e enquadrando os resultados de ambos na literatura existente.

Tabela 4.7 - Comparação entre Método 1 e Método 2.

	<b>Método 1</b>	<b>Método 2</b>
<b>Número de eventos extremos de temperatura elevada identificados</b>	8	23
<b>Número de eventos extremos de temperatura elevada identificados nos meses quentes</b>	5	7
<b>Varição percentual do consumo de eletricidade diário aquando evento extremo de temperatura elevada (%)</b>	1 a 9	-12 a 11
<b>Varição percentual do consumo de eletricidade diário aquando evento extremo de temperatura elevada durante os meses quentes (%)</b>	3 a 9	3 a 9
<b>Facilidade de aplicação</b>	Aplicação complexa	Aplicação mais direta
<b>Concordância entre maior consumo e variação de temperatura para os períodos analisados (%)</b>	[70; 78]	65
<b>Enquadramento dos resultados obtidos com literatura já existente</b>	Wenz, Levermann and Auffhammer (2017), defendem um aumento de 7% no consumo de eletricidade, enquanto Zachariadis and Hadjinicolaou (2014), apresentam um aumento de 5,90% no consumo de eletricidade, não especificando nenhum deles que este aumento acontece durante um evento extremo de temperatura elevada, mas sim nos meses de verão.	

	Método 1	Método 2
	Ambos os métodos se encontram em conformidade com os resultados apresentados, no entanto seria necessária um maior detalhe em relação aos eventos extremos de temperatura elevada para podermos afirmar que estes resultados são possíveis de considerar válidos.	

Ambos os métodos estão limitados pela falta de dados, uma vez que analisar a resposta entre o consumo de eletricidade e os eventos extremos de temperatura não é linear e não se pode restringir apenas a estes dados, sendo necessária fazer uma análise econométrica e social para se retirarem conclusões mais completas.

A série temporal em análise é constituída apenas por 14 anos, possivelmente não sendo o suficiente para se captar uma resposta nítida do consumo de eletricidade face aos eventos extremos de temperatura elevada identificados. Apesar de em alguns anos ser identificar ver um aumento das temperaturas médias, o que era esperado através da análise de literatura existente, o mesmo não acontece sendo que se pode dever a um erro nos dados fornecidos ou, uma vez mais, devido à série temporal não ser longa o suficiente para se captar o aumento das temperaturas médias.

#### 4.1.1.4 Possível cenário futuro para o consumo de eletricidade

Dada a importância que os cenários futuros têm para a adaptação do setor eletroprodutor, utilizaram-se os resultados do aumento no consumo de eletricidade aquando um evento extremo de temperatura elevada do Método 1, e os dados dos cenários de clima regionalizados desenvolvidos no âmbito do projeto ClimAda.PT Local, sobre a previsão de quantas ondas de calor poderão ter lugar entre 2041-2070 e entre 2071-2100 para o RCP4.5 e para o RCP8.5, de forma conseguir estimar o consumo de eletricidade nos mesmos períodos.

Os dados disponíveis estão divididos por algumas cidades: Almada, Amarante, Barreiro, Braga, Bragança, Cascais, Castelo Branco, Castelo de Vide, Coruche, Évora, Ferreira do Alentejo, Figueira da Foz, Guimarães, Ílhavo, Leiria, Lisboa, Loulé, Montalegre, Odemira, Porto, São João da Pesqueira, Seia, Sintra, Tomar, Tondela, Torres Vedras e Viana do Castelo. Destas foram escolhidas 3 cidades tendo em conta a sua localização representativa de todo o território de Portugal Continental: Bragança, Almada e Évora,

para se desenvolver cenários futuros de consumo de eletricidade aquando um evento extremo de temperatura elevada.

O cálculo da estimativa do consumo de eletricidade fez-se considerando a equação:

$$(\Delta (GWh) * n.^{\circ} \text{ eventos} * d. \text{ evento}) * \text{Cons. Méd.} = \text{Cons. RCP}$$

Em que:

$\Delta (GWh)$  = variação em GWh do consumo de eletricidade aquando evento extremo de temperatura elevada para série temporal 2003-2017;

d. evento = duração média dos eventos extremos de temperatura proposto para o RCP;

n.<sup>o</sup> eventos = número estimado de eventos extremos de temperatura elevada para cada RCP;

Cons. Méd. = consumo médio diário de eletricidade dos meses quentes durante evento extremo de temperatura elevada para série temporal 2003-2017;

Cons. RCP = consumo médio diário de eletricidade dos meses quentes estimado para RCP.

O número de eventos extremos de temperatura elevada pode ser calculado através da equação:

$$n.^{\circ} \text{ de e. e.} = \frac{n.^{\circ} \text{ RCP} * n.^{\circ} \text{ eventos extremos}}{n.^{\circ} \text{ Histórico}}$$

Em que:

n.<sup>o</sup> e.e. = número de eventos extremos de temperatura elevada que irão ocorrer em cada RCP e para os períodos de tempo 2041-2070 e 2071-2100;

n.<sup>o</sup> RCP = número de eventos extremos de temperatura elevada estimados para cada RCP;

n.<sup>o</sup> eventos extremos = número de eventos extremos de temperatura elevada que ocorreram na série temporal 2003-2017, para o método 1;

n.<sup>o</sup> Histórico = número de eventos extremos de temperatura elevada que tiveram lugar na série temporal 1976-1999.

No entanto, esta dissertação pretende focar os efeitos dos eventos extremos de temperatura elevada no consumo de eletricidade dos meses quentes. Para saber quantos eventos extremos de temperatura elevada nos meses quentes irão ocorrer no futuro para cada RCP e respetiva duração, é necessária a seguinte equação:

$$n.^{\circ} e. e. \text{ meses quentes } RCP = \frac{n.^{\circ} e. e. * n.^{\circ} e. e. \text{ método } 1}{n.^{\circ} \text{ eventos extremos}}$$

Em que:

$n.^{\circ}$  e.e. meses quentes RCP = número de eventos extremos de temperatura elevada que irão ocorrer nos meses quentes para cada RCP e para os períodos de tempo 2041-2070 e 2071-2100;

$n.^{\circ}$  e.e. = número de eventos extremos de temperatura elevada que irão ocorrer em cada RCP e para os períodos de tempo 2041-2070 e 2071-2100;

$n.^{\circ}$  e.e. método 1 = número de eventos extremos de temperatura elevada que ocorreram em meses quentes ao longo da série temporal 2003-2017, para o Método 1;

$n.^{\circ}$  eventos extremos = número de eventos extremos de temperatura elevada que ocorreram na série temporal 2003-2017, para o Método 1.

Na Tabela 4.8 estão apresentadas as estimativas para o número de eventos extremos de temperatura elevada que podem vir a acontecer nas cidades de Bragança, Almada e Évora, segundo o RCP 4.5 e o RCP 8.5 e para os períodos de tempo 2041-2070 e 2071-2100.

Tabela 4.8 - Estimativa do número de eventos extremos de temperatura elevada anual e para meses quentes, para RCP 4.5 e RCP 8.5 nos períodos de tempo 2041-2070 e 2071-2100.

	Bragança	Almada	Évora
<b>Número de eventos extremos de temperatura elevada para RCP 4.5 (2041-2070)</b>	20	26	24
<b>Número de eventos extremos de temperatura elevada a ocorrer nos meses quentes para RCP 4.5 (2041-2070)</b>	13	17	15
<b>Número de eventos extremos de temperatura elevada para RCP 8.5 (2041-2070)</b>	23	30	26
<b>Número de eventos extremos de temperatura elevada a ocorrer nos meses quentes para RCP 8.5 (2041-2070)</b>	15	19	16

	Bragança	Almada	Évora
<b>Número de eventos extremos de temperatura elevada para RCP 4.5 (2071-2100)</b>	15	20	19
<b>Número de eventos extremos de temperatura elevada a ocorrer nos meses quentes para RCP 4.5 (2071-2100)</b>	10	13	12
<b>Número de eventos extremos de temperatura elevada para RCP 8.5 (2071-2100)</b>	31	38	34
<b>Número de eventos extremos de temperatura elevada a ocorrer nos meses quentes para RCP 8.5 (2071-2100)</b>	19	24	21

Foi escolhido o cenário RCP8.5 (2041-2070), aplicado ao número de eventos extremos de temperatura elevada nos meses quentes, para exemplificar como seria o aumento de consumo diário de eletricidade durante um evento extremo de temperatura elevada, caso não fossem tomadas quaisquer medidas de adaptação no setor eletroprodutor no lado da procura de energia final.

Considerou-se o pior cenário possível, tendo como valores fixos  $\Delta = 0,0109$  GWh e Cons. Méd. = 130 GWh. Os restantes componentes da equação variam consoante a cidade para a qual é efetuada o cálculo.

Tabela 4.9 - Consumo diário de eletricidade durante evento extremo de temperatura elevada para meses quentes, aplicado a cenário RCP8.5 (2041-2070), para as cidades de Bragança, Almada e Évora.

	Bragança	Almada	Évora
<b>Consumo diário de eletricidade durante evento extremo de temperatura elevada para meses quentes (GWh) (RCP8.5, 2041-2070)</b>	172,2	198,6	202,0

## 4.2 Levantamento das medidas de adaptação do setor eletroprodutor

Este subcapítulo apresenta as respostas adquiridas com base nos inquéritos enviados às empresas listadas no subcapítulo 3.2. Foram feitas diversas tentativas de contacto, via e-mail e telefónica com as empresas de outros países, no entanto, só existiu uma empresa que participou no inquérito.

Os gráficos e tabelas apresentados são referentes às perguntas que constaram do inquérito online e que podem ser consultadas no Anexo I.

Serão apresentadas as respostas das empresas/organizações (nomeadas na Tabela 3.1 e Tabela 3.2), no entanto por questão de sigilo não são identificadas as respostas da empresa estrangeira separadamente.

- 1- Da tabela indicada abaixo indique se as infraestruturas da sua empresa têm vulnerabilidade baixa, média ou alta em relação aos eventos de temperatura extremos (temperaturas elevadas e ondas de calor). Caso não tenha as infraestruturas em causa, pode dar a sua opinião sobre as mesmas.

Vulnerabilidade dos transportes e distribuição de eletricidade em relação a eventos de temperatura extremos (ondas de calor)

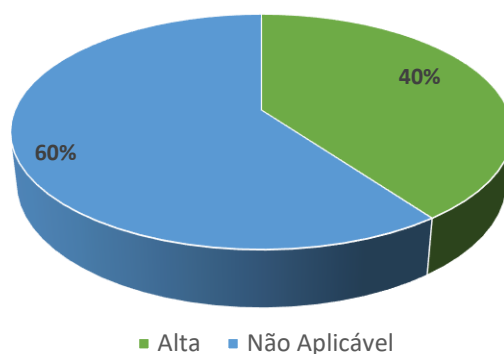


Figura 4.5 - Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade dos transportes e da distribuição de eletricidade em relação aos eventos de temperatura extremos estudados.

Vulnerabilidade das centrais termoelétricas de base fóssil em relação a eventos de temperatura extremos (ondas de calor)

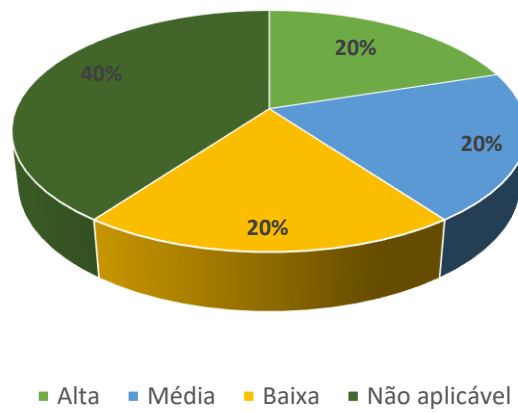


Figura 4.6 - Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade das centrais termoelétricas de base fóssil em relação aos eventos de temperatura extremos estudados.

Vulnerabilidade das centrais termoelétricas de biomassa em relação a eventos de temperatura extremos (ondas de calor)

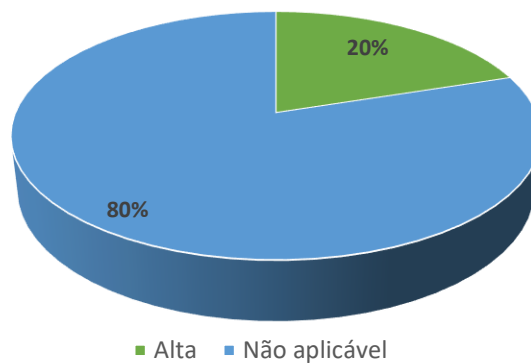


Figura 4.7 -Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade das centrais termoelétricas de biomassa em relação aos eventos de temperatura extremos estudados.

Vulnerabilidade das centrais de solar fotovoltaico em relação a eventos de temperatura extremos (ondas de calor)

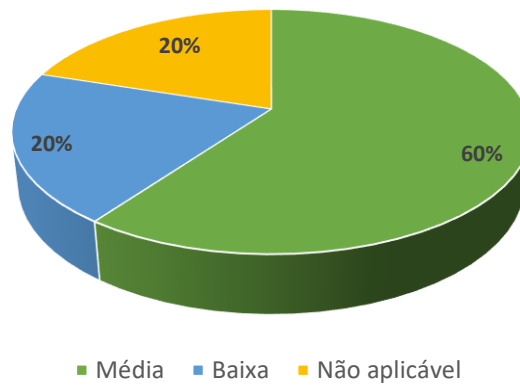


Figura 4.8 - Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade das centrais de solar fotovoltaico em relação aos eventos de temperatura extremos estudados.

Vulnerabilidade das centrais hidroeléctricas em relação a eventos de temperatura extremos (ondas de calor)

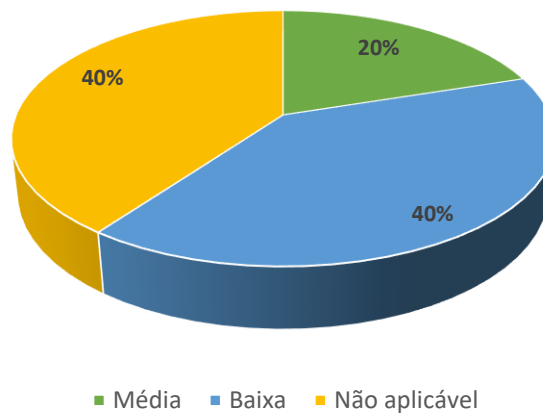


Figura 4.9 - Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade das centrais hidroeléctricas em relação aos eventos de temperatura extremos estudados.

Vulnerabilidade das centrais eólicas em relação a eventos de temperatura extremos (ondas de calor)

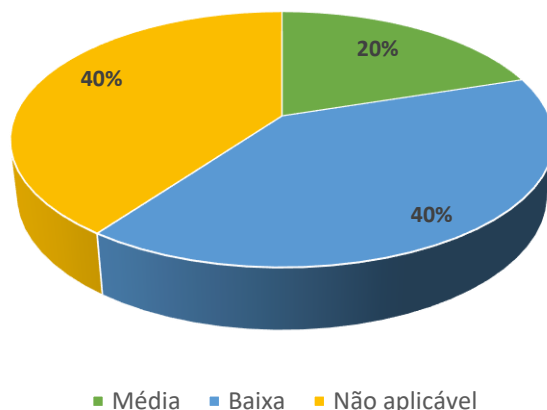


Figura 4.10 - Resposta do questionário em relação à vulnerabilidade das centrais eólicas em relação aos eventos de temperatura extremos estudados.

2- Das medidas de adaptação seguintes, selecione as que estão a ser postas em prática na sua empresa.



Figura 4.11 - Resposta do questionário quanto às medidas de adaptação que as empresas estão a pôr em prática, em percentagem.

3- Existe uma equipa responsável pela gestão do risco climático?

Existência de equipa responsável pela gestão de risco climático

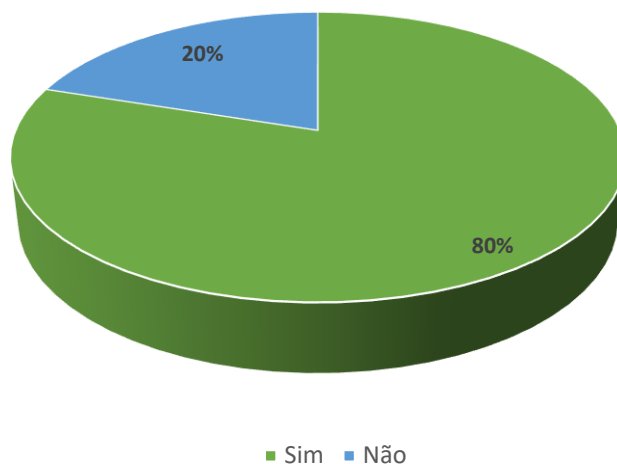


Figura 4.12 - Resposta ao inquérito sobre a existência de uma equipa responsável pela gestão do risco climático.

As respostas do presente inquérito foram analisadas de forma singular, tendo sido apresentados os resultados graficamente, que serão discutidos de seguida, comparando as respostas à literatura existente sobre o assunto (quando a mesma existe).

A vulnerabilidade, tal como referido no subcapítulo 2.4, é dependente da compreensão da exposição, e da sensibilidade e capacidade de adaptação ao risco climático de um determinado sistema.

A maioria dos inquiridos (60%) considera que o transporte e a distribuição de eletricidade não apresentam qualquer vulnerabilidade relativamente aos eventos extremos de temperatura elevada. No entanto, os restantes 40% dos inquiridos consideram que a vulnerabilidade é alta.

Na ENAAC e em Stuart (2017), é estabelecida uma relação íntima entre o aumento da frequência e intensidade previstas para os eventos extremos de temperatura elevada e os fogos florestais. Estes podem ter efeitos diretos nas linhas aéreas, provocar avarias de equipamentos sensíveis em subestações, colocar linhas fora de serviço e provocar o aumento das perdas e redução da capacidade de transporte. Aivalioti (2015), conseguiu estabelecer uma relação entre as linhas de cobre, a capacidade dos transformadores e o aumento da temperatura. Por cada aumento de +1°C, a resistência das linhas de cobre aumenta cerca de 0,4% e a capacidade dos transformadores diminui 1%, o que parece insignificante, mas se tivermos em conta um evento extremo de

temperatura elevada, o mesmo pode vir a ser muito preocupante para as companhias de distribuição e transporte de eletricidade.

Tanto as centrais termoelétricas a biomassa como a base fóssil, foram consideradas de vulnerabilidade alta por 20% dos inquiridos. As centrais termoelétricas a biomassa, foram consideradas pelos restantes inquiridos (80%) como não vulneráveis a eventos extremos de temperatura elevada. Quanto às centrais termoelétricas a base fóssil, as opiniões dividiram-se pelas restantes hipóteses: 20% consideraram ser de vulnerabilidade média, 20% de vulnerabilidade baixa e os restantes 40% consideraram que não existia vulnerabilidade em relação aos eventos extremos de temperatura elevada.

Na Tabela 2.4, do subcapítulo 2.3.2, estão apresentadas as vulnerabilidades das centrais termoelétricas e termoelétricas de biomassa. As centrais termoelétricas têm mais vulnerabilidades do que as centrais termoelétricas de biomassa. Estas últimas, devido à armazenagem de matéria-prima, têm um elevado risco de incêndio que aumenta quando existem eventos extremos de temperatura elevada.

As AC podem afetar a geração de energia a partir de centrais de solar fotovoltaico e a estabilidade dos painéis fotovoltaicos (Crook *et al.*, 2011). Jerez et al.(2015) chegou à conclusão que as fortes temperaturas que se farão sentir na P.I. irão conduzir a uma diminuição de -3% (RCP 4.5) a -9% (RCP8.5) até ao fim do século, indicando uma estabilidade diária dos painéis fotovoltaicos muito baixa, dado que a variabilidade diária vai ser muito alta.

Na ENAAC, o aumento da frequência dos eventos extremos de temperatura elevada pode originar problemas nos sistemas de controlo dos painéis fotovoltaicos e consequentemente prejudicar a produção de eletricidade.

As empresas que responderam ao inquérito online consideram que a vulnerabilidade das centrais de solar fotovoltaico é essencialmente média (60%), sendo que 20% consideram que a vulnerabilidade é baixa e os restantes 20%, que não existia vulnerabilidade aos eventos extremos de temperatura elevada.

Muitos autores se dedicaram nos últimos anos a tentar entender qual o impacto que o aumento das temperaturas dos rios, e a diminuição dos caudais causava na produção de eletricidade (Koch and Vögele, 2009; Mideksa and Kallbekken, 2010; Linnerud, Mideksa and Eskeland, 2011). Stanton et al. (2016), prevê que na P.I., a energia hidroelétrica perca importância no mix de geração de eletricidade, associando as ondas de calor à previsibilidade de existirem secas, sendo que Isabelle Tobin et al., (2018)

afirma que um aumento na temperatura média de Portugal de +3°C fará com que a energia proveniente das centrais hídricas desça cerca de 20%.

A ENAAC complementa, uma vez que defende que as ondas de calor aumentam a evaporação superficial, reduzindo a água armazenada e, conseqüentemente, diminuem a produção de eletricidade nas centrais hidroelétricas.

No entanto, as respostas ao inquérito online revelam que 40% das empresas consideram que as centrais hidroelétricas têm uma vulnerabilidade baixa aos eventos extremos de temperatura elevada. Existem ainda 40% que consideram que não é aplicável a vulnerabilidade das centrais hidroelétricas aos eventos extremos de temperatura elevada, e 20% considera que a sua vulnerabilidade é média.

Nas centrais eólicas, a vulnerabilidade a eventos extremos de temperatura elevada foi considerada em 40% baixa, sendo que outros 40% consideram que não é vulnerável e 20% considera que apresentam uma vulnerabilidade média aos mesmos.

Bachant, Goude and Wosnik (2015), estimaram que a velocidade do vento no período de 2031-2050 iria diminuir 5%, tendo em consideração o período histórico 1980-1999, no entanto, não contaram com as AC. Já Soares et al. (2017), avaliaram qual seria o comportamento do potencial eólico segundo o RCP4.5 e o RCP 8.5. O estudo apontou para uma mudança sazonal significativa no Sul da Europa, em Portugal é esperado que exista, para um cenário RCP8.5, uma diminuição no consumo de eletricidade de -5% no Inverno, -4% na Primavera, -12% no Outono e +5% no Verão. Este aumento mais perto do litoral e, sobretudo, perto do Cabo Finisterra.

As centrais eólicas, quando expostas a eventos extremos de temperatura elevada, segundo Zuo et al. (2015), podem sobreaquecer, libertando mais GEE ou mesmo, em caso extremo, incendiar-se.

A medida de adaptação que mais empresas metem em prática (60%) prende-se com a avaliação da exposição do negócio aos eventos extremos de temperatura elevada, em termos globais e/ou por ativo e por unidade de negócio, fazendo uso de cenários que consideram variações futuras de temperatura.

Quanto à preocupação com risco climático, a mesma tem aumentado nas empresas dado que 80% já tem uma equipa responsável pela gestão do risco climático.

## 5 O SETOR ELETROPRODUTOR E A SUA ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Como já foi referido ao longo desta dissertação, é esperado que as AC afetem a ocorrência dos eventos extremos de temperatura elevada, aumentando a possibilidade de os mesmos terem uma maior frequência e uma maior intensidade (Easterling *et al.*, 2000; Luber and McGeehin, 2008; Cardoso *et al.*, 2018). Esta possibilidade é preocupante quando se tem em conta os possíveis impactes nos vários setores económicos. A adaptação às tendências climáticas e uma gestão de risco climático pertinente e atenta será fundamental para garantir a resiliência da economia em geral e do setor eletroprodutor em particular.

A adaptação às AC no setor eletroprodutor na Europa é influenciada por políticas globais e/ou europeias, mas que têm que ser adaptadas para serem implementadas, tornando-se assim extremamente específicas para o país em questão, ou mesmo para o contexto regional ou local onde se inserem.

O primeiro passo para conseguir implementar medidas de adaptação numa empresa/organização/setor é encontrar uma abordagem que envolva a vertente organizacional e seja coerente com a adaptação climática que se pretende implementar, definindo quais as vulnerabilidades e os riscos a que estão sujeitas as suas infraestruturas (Cardona, 2012). Sardà *et al.* (2014), identificou os passos fundamentais desta abordagem, apresentados na Figura 5.1.

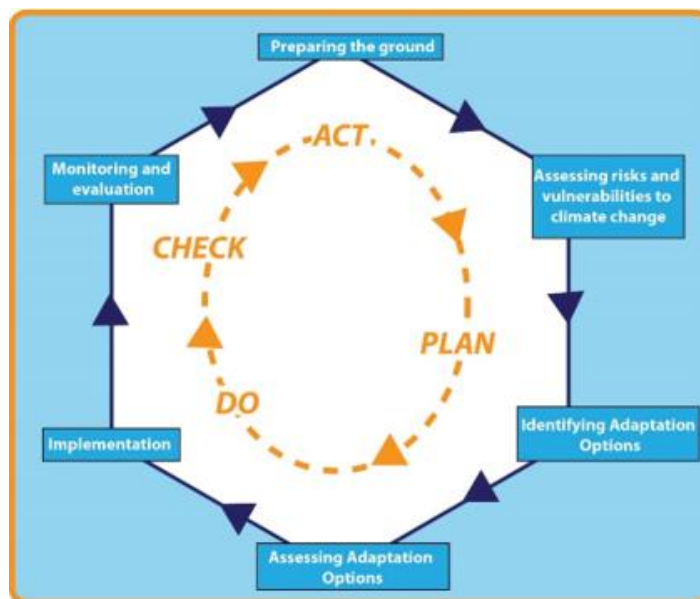


Figura 5.1 - Etapas da metodologia comum à adaptação climática e à vertente organizacional (Adaptado de: Sardà et al., 2014).

## 5.1 Gestão de risco e as medidas de adaptação adotadas pelo setor eletroprodutor

Stuart (2017), sabendo dos altos custos que são necessários para uma adaptação do setor eletroprodutor resiliente (entre €60 biliões e €90biliões por ano (World Bank, 2011)), analisou em detalhe os impactes que as AC causam sobre o mesmo, identificando as áreas de ação mais vulneráveis e delineando quais as responsabilidades que os diversos *stakeholders* têm em tornar as medidas de adaptação uma realidade e mais resilientes.

Os projetos de adaptação devem ser postos em prática considerando os recursos naturais, sociais e financeiros disponíveis e não deverão ter por base ideias inadaptadas à realidade, que se podem traduzir numa má adaptação e piorar o cenário (World Bank, 2011; Stuart, 2017).

Apesar de toda a informação existente sobre as medidas de adaptação que podem ser postas em prática pela gestão de topo das empresas/organizações que pertencem ao setor eletroprodutor, nesta dissertação tentou-se encontrar também informação específica sobre quais as medidas de adaptação que estão a ser postas em prática em empresas do setor que pertençam a países com características climáticas semelhantes a Portugal e, cuja principal preocupação, sejam os eventos extremos de temperatura

elevada. Para isso sintetizou-se na Tabela 3.1 as empresas principais e respetivos países, sobre os quais foi exercida uma pesquisa mais intensiva.

Na Tabela 5.1 são ainda apresentadas as principais medidas de adaptação que cada país/empresa puseram/estão a pôr em prática.

Tabela 5.1 - Medidas de adaptação postas em prática por país/empresa do setor eletroprodutor.

País/Empresa	Medidas de adaptação em prática
Espanha / Iberdrola	<p>O Plano Nacional de Adaptação às AC, no seu capítulo de adaptação dedicado ao setor eletroprodutor, apresenta as principais medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cartografar as potencialidades climáticas de cada região de Espanha para aumentar a produção de eletricidade através de energia renovável, tendo em consideração os cenários climáticos futuros;</li> <li>• Avaliar os impactes possíveis que os cenários climáticos futuros podem ter nos recursos hídricos e detetar as vulnerabilidades dos mesmos;</li> <li>• Avaliar os impactes que a onda de calor de 2003 produziu sobre as infraestruturas e prever quais as mudanças que possam ocorrer na distribuição e consumo de eletricidade para as várias regiões e por setores.</li> </ul> <p>(OECC, 2006)</p> <p>A Iberdrola ainda não tem disponível o Plano de Adaptação às AC, sendo que este está previsto para 2018. No entanto, apresenta algumas metas definidas, não estando claro se as mesmas são consideradas pela empresa como orientadas para adaptação, mitigação ou ambas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarbonização e eletrificação. Previsto um aumento de 60% das redes e das tecnologias movidas a energia renovável;</li> <li>• Prevista a instalação de 300 milhões de Smart Meters até 2020 e aumento dos carros elétricos (International Energy Agency, 2017);</li> <li>• Implementação de um mix de geração de eletricidade mais diversificado.</li> </ul>

País/Empresa	Medidas de adaptação em prática
	(Iberdrola, 2017)
<b>Itália / Enel SpA</b>	<p>Não foi encontrada informação relevante no Plano Nacional de Adaptação às AC.</p> <p>Foi consultado, além do site da empresa, o Relatório de Sustentabilidade de 2017 e o Relatório Anual de 2017. No entanto, os dados disponíveis eram gerais, não identificando o país e não apresentando medidas concretas de adaptação.</p>
<b>Grécia / PPC</b>	<p>O Plano Estratégico de Adaptação às AC não continha informação sobre o setor eletroprodutor.</p>
<b>França / EDF</b>	<p>O governo Francês, em 2001, estabeleceu o National Observatory for the Effects of Global Warming (ONERC).</p> <p>O primeiro Plano Nacional Estratégico de Adaptação às AC foi estabelecido em 2011 e tinha como meta de implementação das seguintes medidas até 2015 (98% completa), com 4 pontos chave:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerir os picos diários de consumo de eletricidade no Verão através de um mecanismo elétrico de capacidade;</li> <li>• Promover o uso eficiente dos equipamentos de arrefecimento de espaços junto dos consumidores, ou optar por equipamentos que utilizem energia renovável ou que reaproveitem energia armazenada;</li> <li>• Tornar os dados hidrogeológicos e climáticos disponíveis a toda a população;</li> <li>• Integrar as AC nos indicadores de monitorização da Diretiva Água.</li> </ul> <p>(European Commission and European Environmental Agency)</p> <p>A EDF é responsável pela geração de 97% da eletricidade, sem emissões diretas de CO<sub>2</sub> (Jose, 2017).</p>

País/Empresa	Medidas de adaptação em prática
	<p>Existem ainda algumas medidas de adaptação que a EDF implementou após a onda de calor de 2003:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptação do Plano de Gestão de Risco Climático e das infraestruturas vulneráveis e afetadas pela onda de calor de 2003;</li> <li>• Consideração dos cenários RCP4.5 e RCP8.5 para projetos de ativos futuros;</li> <li>• Modificação do portfólio de produção para integração de maior percentagem de energia renovável diversificada;</li> <li>• Aplicação do Plano de Gestão de Risco Climático e preparação para gerir crises;</li> <li>• Permitir acesso à investigação feitas pela EDF sobre as AC e as medidas de mitigação e adaptação às mesmas. Fornecer apoio e dados a entidades que se dediquem à investigação dos impactes dos eventos extremos de temperatura nas infraestruturas do setor eletroprodutor.</li> </ul> <p>(Caneill, 2014)</p>
<p><b>Alemanha / EnBW</b></p>	<p>O Governo Alemão propôs uma matriz com medidas de adaptação gerais num documento denominado “Combating Climate Change – The German Adaptation Strategy”, em 2009. As principais medidas de adaptação a eventos extremos de temperatura elevada propunham:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descentralizar o fornecimento de eletricidade aumentando a diversificação do portfólio de geração a partir de energias renováveis;</li> <li>• Melhorar o isolamento dos edifícios ou aumentar o sombreamento nas cidades, o qual pode diminuir consideravelmente a necessidade de recorrer a equipamentos de refrigeração. O aumento da eficiência energética dos equipamentos é também uma medida de adaptação direta face ao consumo de eletricidade.</li> </ul> <p>(Umwelt Bundesamt, 2018)</p>

País/Empresa	Medidas de adaptação em prática
	<p>A EnBW respondeu ao inquérito online efetuado no âmbito desta dissertação, pelo que as medidas de adaptação da empresa já foram consideradas (subcapítulo 4.2).</p>
<p><b>California / Pacific Gas and Electric</b></p>	<p>As entidades da Califórnia pertencentes ao setor energético apostaram na resiliência das infraestruturas de distribuição de eletricidade e gás natural no setor residencial e comercial.</p> <p>Tanto as entidades públicas como privadas implementam 3 áreas de adaptação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorar a consciencialização da população para o problema e consequências das ondas de calor;</li> <li>• Direcionar a capacidade analítica das empresas e organizações de forma a encontrar soluções racionais e adaptáveis às diversas regiões;</li> <li>• Agir nos pontos mais vulneráveis (centrais hidroelétricas e infraestruturas de distribuição).</li> </ul> <p>(Vine, 2012; CNRA, 2018)</p> <p>A Pacific Gas and Electric, analisou todas as suas infraestruturas e identificou as vulnerabilidades da mesma: linhas de cobre e transformadores, subestações e linhas de alta tensão.</p> <p>Implementou ainda as seguintes medidas de adaptação:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reavaliação dos padrões, procedimentos, diretrizes e políticas internas da empresa;</li> <li>• Implementação de novas ferramentas que permitem monitorizar e prever de forma mais segura as sobrecargas do sistema;</li> <li>• Instalação de SmartMeters e agregação das cargas nos transformadores em tempo real por forma a se conseguir uma previsão mais segura das sobrecargas;</li> <li>• Aumento do stock dos equipamentos de emergência;</li> <li>• Finalização do projeto Cornerstone, que visava aumentar significativamente a capacidade da rede</li> </ul>

País/Empresa	Medidas de adaptação em prática
	<p>de distribuição de eletricidade com a implementação de novos transformadores nas subestações.</p> <p>(Benjamin, 2015)</p> <p>A empresa está a realizar estudos, em conjunto com a marca de carros BMW, num protótipo elétrico de piloto inteligente que prestasse serviços à empresa durante as ondas de calor (com vista a regularizar a ponta) (Benjamin, 2015).</p>

A nível Europeu, o Regulamento 525/2013, reforçou as obrigações de reporte em matérias conexas com as AC e introduziu a obrigatoriedade de sistematização e partilha de informação relacionada com medidas de adaptação a todos os Estado-Membros, tanto a nível de esforço interno de adaptação (Artigo 15º), quer a nível de apoio internacional (Artigo 16º).

A maioria das empresas tem em comum, nas suas medidas de adaptação, a diversificação do portfólio de produção, aumentando o contributo das energias renováveis para o mesmo.

A importância de diversificar o portfólio de geração prende-se com a capacidade que as energias renováveis não térmicas têm de reduzir o pico de eletricidade, durante os eventos extremos de temperaturas elevadas nos meses de Verão, sem haver sobreaquecimento de sistemas de arrefecimento e perdas de eficiência subsequentes como sucede com centrais térmicas (Añel *et al.*, 2017).

Apesar de não surgirem na literatura e nos relatórios de empresas do setor eletroprodutor, medidas de adaptação direcionadas apenas para os eventos extremos de temperatura elevada, diversas medidas identificadas na Tabela 5.1 - Medidas de adaptação postas em prática por país/empresa do setor eletroprodutor., podem ser analisadas e eventualmente adaptadas para Portugal.

Apesar de todas as medidas de adaptação para o setor eletroprodutor identificadas na ENAAC, conclui-se que é desejável ampliar o leque de medidas focando também os eventos de calor extremos e garantir a sua implementação por parte das empresas do setor a operar em Portugal. Com efeito, é necessário existir uma boa gestão de risco

climático nas empresas pertencentes ao setor eletroprodutor, de forma a que, possam aumentar a sua resiliência.

Até muito recentemente os Smart Meters em Portugal apenas tinham sido colocados em Évora, como um projeto piloto, sendo que Évora é a primeira Smart City da P.I. – Évora InovCity. Os Smart Meters poderão ter um papel fundamental para avaliar em tempo real a resposta do consumo de eletricidade a eventos extremos de temperatura (elevada ou outros), possibilitando às empresas e outras entidades no setor eletroprodutor (regulador, organismos de política pública em energia e em clima) definirem medidas de adaptação de forma mais consistente.

Segundo a Lux Research, estes sistemas permitem uma resposta mais eficiente da rede elétrica aos picos de energia, podendo aumentar a capacidade do pico até 10%. Além da questão da adaptação, os Smart Meters podem contribuir para uma maior sensibilização dos consumidores incentivando a adoção de comportamentos mais eficientes e possibilitando atingir metas como: aumentar a eficiência energética, reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, reduzir os custos e aumentar a eficiência operacional da rede (InSmart, 2018). Através dos Smart Meters os consumidores poderiam ter acesso aos seus consumos e gastos com os mesmos, em tempo real, facilitando a contratação de um serviço mais adaptado ao seu estilo de vida. Uma sugestão para aumentar a resiliência e se conseguirem atingir as metas do Acordo de Paris (2015), seria a implementação de Smart Meters em mais cidades, com maior densidade populacional que Évora e garantido que são utilizados maximizando o seu potencial de melhor gestão da procura de eletricidade em momentos de ponta.

O Relatório de Progresso da ENAAC (2013), concluiu que as maiores empresas do setor eletroprodutor já têm um conjunto de medidas de adaptação, com vista a diminuir o impacto das AC. Apesar disso, as ações específicas referidas não foram identificadas, sendo essencial garantir a sua implementação.

Foram ainda identificadas no Relatório de Progresso da ENAAC, algumas barreiras à adaptação:

- Interdependências das partes interessadas, como por parte de Autoridades Competentes e de Reguladores:
  - As medidas de adaptação podem significar custos acrescidos à população. No entanto, estes mesmos custos podem não ser reconhecidos pela entidade reguladora e se assim for não poderão ser refletidos nas faturas de eletricidade e gás;

- É necessária a definição dos patamares de investimento dentro da Entidade Reguladora, quanto à gestão das situações normais de funcionamento, manutenção e reforço das redes, que implicam um crescimento dado que existe mais procura de eletricidade;
- Necessidade de adequar os recursos das empresas às novas realidades originadas pelas alterações climáticas;
- Alterações nos padrões de consumo e conceito de rede
  - Aumento da utilização de fontes renováveis de energia;
  - Consolidação e implementação do modelo de redes inteligentes;
  - Aumento da eficiência energética e aparecimento de novas aplicações à eletricidade (veículos elétricos).

Em França, os dados climáticos e hidrogeológicos são de fácil acesso à população, permitindo uma maior consciencialização e sensibilização da mesma face aos eventos extremos de temperatura e aos possíveis cenários climáticos que teremos de enfrentar em pleno caso não se consigam implementar as devidas medidas de adaptação. O acesso aos mesmos dados em Portugal é bastante mais limitado, o que dificulta o desenvolvimento de projetos de investigação e, conseqüentemente, atrasa a sensibilização da população e preparação atempada das empresas do setor eletroprodutor (e outros) a eventos extremos.

Na Alemanha, uma das medidas de adaptação presente no documento “Combating Climate Change – The German Adaptation Strategy” (2009), é relacionada com o isolamento dos edifícios e o aumento do sombreamento nas cidades, por forma a se conseguir reduzir a necessidade de recorrer a equipamentos de refrigeração. Em Portugal esta medida aparece como uma meta do Plano Nacional de Eficiência Energética e/ou do Programa Nacional para as Alterações Climáticas, mas não é identificada como uma medida de adaptação para o setor eletroprodutor.

Por fim, Healy et al. (2002), colocou Portugal no grupo de países com maior pobreza energética. Isto significa que as habitações Portuguesas têm um fraco desempenho térmico (i.e., más características construtivas como ausência de isolamento), o que faz com que as famílias tenham de gastar mais de 10% do seu rendimento para conseguir manter a sua habitação suficientemente climatizada. A aposta em Portugal deve passar pela melhoria das condições térmicas das habitações através de medidas de eficiência energética e o recurso a energias renováveis para suprir as maiores necessidades de climatização. Esta aposta terá de ser precedida por uma ação política nesse sentido, capaz de promover os investimentos nas medidas e com mecanismos que assegurem toda a população, independentemente do *status* económico e social. Este tipo de ações

constitui também uma medida de adaptação a eventos extremos de temperaturas elevadas, o qual poderá vir a ser também parcialmente dinamizada por empresas do setor eletroprodutor como forma de reduzir as pontas no consumo de eletricidade durante esses eventos.

## 6 CONCLUSÕES

### 6.1 Síntese conclusiva

Esta dissertação tem como objetivo central a análise do risco climático para as empresas do setor eletroprodutor face a eventos extremos de temperatura elevada focando-se em: (i) estudo da relação empírica entre consumo de eletricidade e os eventos de temperatura elevada extremos (incluindo ondas de calor) e (ii) identificação das respetivas medidas de adaptação passíveis de serem adotadas pelo setor eletroprodutor. Para tal, foi analisado o comportamento do consumo de eletricidade nacional agregado (considerado todos os níveis de tensão, sendo que se estima que seja a baixa tensão a que responde mais diretamente às variações de temperatura) aquando um evento extremo de temperatura elevada, por forma a tentar identificar a existência de uma resposta no consumo de eletricidade em função exclusivamente da temperatura.

Posteriormente, procedeu-se à identificação das medidas de adaptação implementadas em empresas do setor eletroprodutor dentro e fora de Portugal, de forma a conseguir avaliar se as mesmas serão também passíveis de ser implementadas em Portugal.

A primeira fase de análise da dissertação desenvolveu e aplicou dois métodos empíricos de estimativa da resposta do consumo de eletricidade a eventos extremos de temperaturas elevadas, considerando definições distintas de evento extremo de temperatura elevada (designados por Método 1 e Método 2). No Método 1, é considerada a existência de um evento extremo de temperatura elevada quando a temperatura média diária é igual ou superior em 5°C à temperatura normal diária, durante 5 dias consecutivos. No Método 2, é considerada a existência de um evento extremo de temperatura elevada quando a temperatura máxima é superior ao  $P_{90}$ , calculado para esse mês, durante pelo menos 4 dias consecutivos. Foi ainda proposto (mas não implementado devido a dificuldades no acesso a dados de base) um terceiro Método (Método 3) que é descrito mais adiante neste capítulo. Ambos os métodos foram implementados para a série temporal de consumos diários de eletricidade entre 2013 e 2017.

O Método 1 revelou-se de implementação mais complexa e morosa do que o Método 2, uma vez que para a sua aplicação foi necessário calcular as anomalias de temperatura diárias para períodos de 5 dias úteis semanais, tanto para as anomalias de temperatura diária como para os consumos diários de eletricidade. Este cálculo foi feito para todas as semanas do mês, e para todos os meses da série temporal 2003-2017. A série

temporal e os dados base (temperatura média diária, temperatura máxima diária, temperatura mínima diária, temperatura normal diária e dados do consumo diário de eletricidade), foram os mesmos para os dois métodos.

No Método 1 foi detetada uma variação percentual positiva (aumento) do consumo de eletricidade diário durante eventos extremos de temperatura elevada, e considerando unicamente os meses quentes (i.e., junho, julho e agosto), numa gama de 3,2-9,1% e, no Método 2, uma mesma variação percentual na gama dos 3,3-9,8%.

A comparação detalhada entre os dois métodos pode ser consultada na Tabela 4.7. Importa referir que, ambos os métodos, detetaram um aumento do consumo de eletricidade durante um evento extremo de temperatura elevada. Deve ser mencionado que o mesmo aumento poderá ter outras causas que não apenas o aumento de temperaturas, tendo sempre em consideração que estes métodos traduzem uma primeira exploração de relação empírica.

Como complemento aos Métodos 1 e 2 aplicados, desenvolveu-se ainda uma análise exploratória, simplificada e meramente ilustrativa, que estima o acréscimo do consumo diário de eletricidade durante um evento extremo de temperatura elevada, em meses quentes, se estes eventos ocorressem com a intensidade e duração prevista para os cenários climáticos futuros RCP4.5 e RCP8.5, para o período de 2041-2070, para várias cidades Portuguesas. Assumindo que se mantêm constantes todos os restantes parâmetros e que apenas se alteraria a duração e intensidade do evento extremo de temperatura elevada, poderiam verifica-se de acordo com o cenário RCP8.5 na cidade de Évora, consumos diários de eletricidade de 202,0 GWh durante um evento de temperaturas extremas elevadas. Este valor, mais elevado do que os valores atuais (130,0 GWh), mostra como é essencial desenvolver e implementar uma Estratégia de Risco Climático e de Adaptação às AC completa e que tenha em conta todos os cenários climáticos possíveis.

Ao nível das medidas de adaptação de setor eletroprodutor referentes a eventos extremos de temperaturas elevadas, verificou-se que existem ainda muitas empresas e organizações que não têm em prática e/ou disponíveis as medidas de adaptação com vista a se tornarem mais resilientes às AC. Por outro lado, apenas dois dos países estudados (Itália e Grécia), não apresentavam no seu Plano Nacional de Adaptação às AC, informações e medidas de adaptação concretas destinadas ao setor eletroprodutor.

De entre as medidas de adaptação do setor eletroprodutor em prática em Espanha, França, Alemanha e Califórnia, destacou-se como mais comum a diversificação do portfólio de geração com o aumento do contributo das energias renováveis para o

mesmo. Trata-se assim de uma medida de mitigação de emissões de GEE que também é identificada como uma medida de adaptação às AC.

Comparando com outros países como a Itália ou a Grécia, Portugal tem uma ENAAC bastante completa no que toca ao setor eletroprodutor. Da mesma forma, a ENAAC não identifica (para o setor eletroprodutor) medidas de adaptação como seja a promoção da eficiência energética no lado do consumo de energia com vista a reduzir as pontas durante eventos extremos de temperatura. Além disso, verifica-se que a implementação da ENAAC tem um longo percurso a percorrer. Para esta implementação será importante a sensibilização das empresas eletroprodutoras, da população e das políticas públicas que se possam elaborar com base também nas metas de mitigação que se pretendem atingir e que foram estabelecidas no Acordo de Paris. Outro aspeto a referir e que muito tem a ver com a necessidade de consumo de eletricidade durante o inverno e o verão ser superior às outras épocas do ano, prende-se com a pobreza energética das habitações Portuguesas.

Uma medida de adaptação aplicável em conjunto com as empresas do setor eletroprodutor de forma a reduzir as pontas no consumo de eletricidade durante os eventos extremos de temperaturas elevadas, poderia passar pela melhoria das condições térmicas das habitações através de medidas de eficiência energética e do melhor isolamento das habitações, apostando também no aumento do uso de equipamentos térmicos que utilizem energia renovável.

## **6.2 Linhas para investigações futuras**

Para desenvolvimentos futuros acerca do tema, considera-se que é necessário adotar apenas uma definição de evento extremo de temperatura elevada de forma a que se consiga uma comparação mais direta entre os métodos de identificação de relação empírica utilizados. Sugere-se assim, que se utilize em estudos futuros a definição de onda de calor da WMO, uma vez que esta considera não a duração do evento extremo de temperatura elevada, mas sim a sua intensidade tendo em consideração as regiões afetadas como independentes, sendo que cada caso é um caso.

Se possível, deverão utilizar-se séries temporais mais longas (idealmente 30 anos), para que os resultados possam ter peso estatístico e se consigam captar sinais impossíveis de identificar em séries de 14 anos como a que foi utilizada nesta dissertação. Nesta dissertação, para se estabelecer a relação empírica entre o consumo de eletricidade e os eventos extremos de temperatura elevada no Método 1, foi necessário um intenso trabalho de pesquisa com análise individualizada caso a caso dos vários anos e eventos. Futuramente deverão ser identificados métodos de análise estatística semiautomáticos

das séries de dados utilizadas e que não estavam acessíveis durante o trabalho no âmbito da dissertação.

De forma a tornar os resultados mais consistentes, deverá ainda proceder-se a uma análise de variância. Seria ainda interessante estimar se os resultados obtidos para a variação do consumo de eletricidade aquando uma onda de calor (3,2 – 9,8%), se articulam com o consumo de eletricidade para arrefecimento em Portugal, considerando para esta estimativa a taxa de posse de ares condicionados.

Conforme anteriormente referido, para além dos Métodos 1 e 2 foi ainda desenvolvido um 3º Método (Método 3) o qual não foi possível implementar devido à falta de dados desagregados para os consumos de eletricidade por regiões do país. Com efeito, o Método 3 considera as diferenças de temperatura e de densidade populacional dentro do território nacional e o mesmo é aqui apresentado como uma sugestão para trabalho futuro, onde se deverá analisar a variação climática existente em Portugal. Neste Método 3, Portugal encontra-se dividido em duas regiões, segundo a classificação de Koppen: uma de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente (Csa) e outra de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e pouco quente (Csb), como representado na Figura 6.1 (IPMA, 2018).

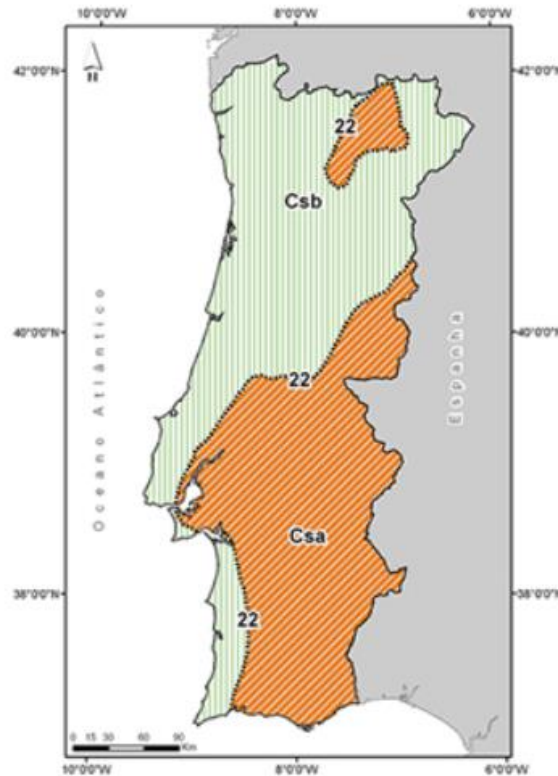


Figura 6.1 - Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Koppen. (Fonte: IPMA, disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>, consultado a 14 de junho de 2018)

Para este Método 3 serão necessários dados de temperatura por estação meteorológica (disponíveis junto do IPMA) e dados de consumo de eletricidade de baixa tensão por distrito (a serem eventualmente disponibilizados pela EDP Distribuição). É ainda essencial alocar as diversas estações meteorológicas aos respetivos distritos e ainda efetuar a alocação dos mesmos pelos dois tipos de climas existentes em Portugal, tal como na Figura 6.1.

O tratamento de dados pode ser efetuado utilizando a mesma definição de onda de calor do Método 2, ou, a definição da WMO.

Este Método 3 tem como objetivo avaliar se existe uma diferença significativa entre os dois tipos de climas existentes em Portugal, quando é avaliado o comportamento do consumo de eletricidade durante um evento extremo de temperatura elevada, tendo ainda em linha de conta que a população nacional se encontra essencialmente residente junto da orla costeira e maioritariamente nas grandes áreas metropolitanas de Lisboa e do Porto, onde os extremos de temperaturas elevadas poderão ser menores do que no interior do País.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agora Energiewende (2018) 'The European Power Sector in 2017', *State of Affairs and Review of Current Developments*. Available at: [www.sandbag.org.uk%0Awww.agora-energiewende.de](http://www.sandbag.org.uk%0Awww.agora-energiewende.de).

Aivalioti, S. (2015) 'Electricity Sector Adaptation to Heat Waves', *Columbia Law School, Sabin Center for Climate Change Law White Paper*, p. 51. Available at: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2563037](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2563037)

Alexander, L. V. *et al.* (2006) 'Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation', *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 111(5), pp. 1–22. doi: 10.1029/2005JD006290.

Añel, J. A. *et al.* (2017) 'Impact of cold waves and heat waves on the energy production sector', *Atmosphere*, 8(11), pp. 1–13. doi: 10.3390/atmos8110209.

APEA (2009) 'Energias e Alteração Climática', *Comissão Europeia* p. 19.

Assunção, M. and Dias, S. (2014) 'Eventos climáticos extremos', *Revista USP, São Paulo*.

Bachant, P., Goude, A. and Wosnik, M. (2018) 'Actuator line modeling of vertical-axis turbines', *University of New Hampshire*. doi: 10.1002/we.

Benfield, A. (2017) 'Análise de Clima e Catástrofes', *Aon, Relatório Anual 2017*, pp. 22–24.

Hutto, S.V., K.D. Higgason, J.M. Kershner, W.A. Reynier, D.S. Gregg. (2015). 'Climate Change Vulnerability Assessment for the North-central California Coast'. *National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of National Marine Sanctuaries, Silver Spring*. Available at: <https://nmssanctuaries.blob.core.windows.net/sanctuaries-prod/media/archive/science/conservation/pdfs/vulnerability-assessment-gfnms.pdf>

Bonjean Stanton, M. C., Dessai, S. and Paavola, J. (2016) 'A systematic review of the impacts of climate variability and change on electricity systems in Europe', *Energy*. Elsevier Ltd, 109, pp. 1148–1159. doi: 10.1016/j.energy.2016.05.015.

Canaveira, J. and Rapudo, E. (2013) 'Relatório de Progresso da Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas', *Agência Portuguesa do Ambiente*, pp. 1–225.

Caneill, J.-Y. (2014) 'What is at Stake for the Power Sector, EDF Group Experience', *IEA 5th Forum on the Climate - Energy Security Nexus*. Available at: [file:///H:/PROJET CASE STUDIES/Rapports/Case Study 1 - EDF nuclear/What is at stake for the power sector EDF Group Experience \(Caneil 2014\).pdf](file:///H:/PROJET CASE STUDIES/Rapports/Case Study 1 - EDF nuclear/What is at stake for the power sector EDF Group Experience (Caneil 2014).pdf).

Cardona, O. (2012) 'Determinants of Risk: Exposure and Vulnerability Coordinating Lead Authors: Lead Authors: Review Editors: Contributing', *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation - A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, pp. 65–108. doi: 10.1017/CBO9781139177245.005.

Cardoso, R. M. *et al.* (2018) 'Mean and extreme temperatures in a warming climate: EURO CORDEX and WRF regional climate high-resolution projections for Portugal', *Climate Dynamics*. Springer Berlin Heidelberg, 0(0), pp. 1–29. doi: 10.1007/s00382-018-4124-4.

CNRA (2018) 'Safeguarding California Plan: 2018 Update California's Climate Adaptation Strategy', *California Natural Resources Agency*. Available at: <http://resources.ca.gov/docs/climate/safeguarding/update2018/safeguarding-california-plan-2018-update.pdf>.

Crook, J. A. *et al.* (2011) 'Climate change impacts on future photovoltaic and concentrated solar power energy output', *Energy & Environmental Science*, 4(9), p. 3101. doi: 10.1039/c1ee01495a.

Cruz, L. B. (2008) 'A liberalização do sector da energia, o MIBEL (Mercado Ibérico de Electricidade) e o OMIP (Operador do Mercado Ibérico de Energia - pólo português)', *Centro Informação Europeia Jacques Delors*, pp. 83–90. Available at: <http://ftp.infoeuropa.euroid.pt/database/000040001-000041000/000040873.pdf>.

Damm, A. *et al.* (2017) 'Impacts of +2 °C global warming on electricity demand in Europe', *Climate Services - The Authors*, 7, pp. 12–30. doi: 10.1016/j.cliser.2016.07.001.

Easterling, D. R. *et al.* (2000) 'Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review', *Bulletin-American Meteorological Society*, 81(3), pp. 417–426.

Fernandes, Cristina; Guerra, Miguel; Ribeiro, Rita; Rodrigues, S. (2017), 'Relatório do estado do ambiente 2017 Portugal.', *Agência Portuguesa do Ambiente*. Available at: <https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/GeoDocs/geoportaldocs/REA/REA2017/RelatorioEstadoAmbiente2017.pdf>

Fischer, E. M. and Schär, C. (2010) 'Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves', *Nature Geoscience*. Nature Publishing Group, 3(6), pp. 398–403. doi: 10.1038/ngeo866.

Healy, J. D. *et al.* (2002) 'Fuel Poverty in Europe A Cross-Country Analysis Using a New Composite Measurement', *Environmental Studies Research Series Working Papers 2002*, University College Dublin. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/237226014\\_FUEL\\_POVERTY\\_IN\\_EUROPE\\_A\\_CROSS-COUNTRY\\_ANALYSIS\\_USING\\_A\\_NEW\\_COMPOSITE\\_MEASUREMENT](https://www.researchgate.net/publication/237226014_FUEL_POVERTY_IN_EUROPE_A_CROSS-COUNTRY_ANALYSIS_USING_A_NEW_COMPOSITE_MEASUREMENT)

Iberdrola (2017) 'Integrated Report February', Available at: <https://www.zonebourse.com/IBERDROLA-SA-355153/pdf/712520/www.iberdrola.com>

International Energy Agency (2017) 'Global EV Outlook 2017: Two million and counting', *IEA Publications*, p. 66. doi: 10.1787/9789264278882-en.

Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.) (2012) 'Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation'. *Cambridge University Press, The Edinburgh Building*, 582 pp. Available from June 2012 doi: 10.1017/CBO9781139177245.

IPCC WGI (1996) 'Climate Change 1995. The Science of Climate Change', *Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 1–567. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Jerez, S. *et al.* (2014) 'The impact of climate change on photovoltaic power generation in Europe', *Nature Communications*, 6. doi: 10.1038/ncomms10014.

Jose, S. (2017) 'Performance of EDF', *EDF, France*. Available at: [https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/engagements/rapports-et-indicateurs/2018/edfgroup\\_performance-2017\\_b\\_en.pdf](https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/engagements/rapports-et-indicateurs/2018/edfgroup_performance-2017_b_en.pdf)

Koch, H. and Vögele, S. (2009) 'Dynamic modelling of water demand, water availability and adaptation strategies for power plants to global change', *Ecological Economics*. Elsevier B.V., 68(7), pp. 2031–2039. doi: 10.1016/j.ecolecon.2009.02.015.

Linnerud, K., Mideksa, T. K. and Eskeland, G. S. (2011) 'The Impact of Climate Change on Nuclear Power Supply', *The Energy Journal*, 32(1), pp. 149–168. doi: 10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol32-No1-6.

Luber, G. and McGeehin, M. (2008) 'Climate Change and Extreme Heat Events', *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5), pp. 429–435. doi: 10.1016/j.amepre.2008.08.021.

Martins, C. and Gomes, P. (2015) SEMINÁRIO DE ABERTURA DO PROJETO ADaPT AC:T. - Método para integração da adaptação às alterações Climáticas no Setor do Turismo, *Direcção Geral de Energia e Geologia - Lisboa*. Available at: <http://adapt-act.Inec.pt/pdfs/05-DGEG.pdf>

Meinshausen, M. *et al.* (2011) 'The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300', *Climatic Change*, 109(1), pp. 213–241. doi: 10.1007/s10584-011-0156-z.

Mideksa, T. K. and Kallbekken, S. (2010) 'The impact of climate change on the electricity market: A review', *Energy Policy*. Elsevier, 38(7), pp. 3579–3585. doi: 10.1016/j.enpol.2010.02.035.

Miranda, P. M. A. *et al.* (2006) '2. O Clima de Portugal nos Séculos XX e XXI', *Alterações Climáticas em Portugal: Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projecto SIAM II*. Lisboa: Gradiva, pp. 45–113.

Noble, I. R. *et al.* (2015) 'Adaptation needs and options', *Climate Change 2014 Impacts, Adaptation and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects*, pp. 833–868. doi: 10.1017/CBO9781107415379.019.

OECC (2006) 'Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático' *Oficina Espanola de Cambio Climatico - Ministerio de Medio Ambiente*, p. 59. Available at: [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pna\\_v3\\_tcm7-12445\\_tcm30-70393.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pna_v3_tcm7-12445_tcm30-70393.pdf)

Panwar, N. L., Kaushik, S. C. and Kothari, S. (2011) 'Role of renewable energy sources in environmental protection: A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 15(3), pp. 1513–1524. doi: 10.1016/j.rser.2010.11.037.

Pilli-Sihvola, K. *et al.* (2010) 'Climate change and electricity consumption-Witnessing increasing or decreasing use and costs?', *Energy Policy*. Elsevier, 38(5), pp. 2409–2419. doi: 10.1016/j.enpol.2009.12.033.

Santos, F. D. (1990) 'Alterações climáticas: situação actual e cenários futuros', *Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa - Lisboa*. pp. 1–19. Available at:

<http://www.cienciaviva.pt/img/upload/Situacaoactualecenariosfuturos-FDuarteSantos.pdf>

Sardà, R. *et al.* (2014) 'A proposed ecosystem-based management system for marine waters : linking the theory of environmental policy to the practice of environmental', 19(4).

Schaeffer, R. *et al.* (2012) 'Energy sector vulnerability to climate change: A review', *Energy*. Elsevier Ltd, 38(1), pp. 1–12. doi: 10.1016/j.energy.2011.11.056.

Soares, P. M. M. *et al.* (2017) 'Western Iberian offshore wind resources: More or less in a global warming climate?', *Applied Energy*. Elsevier Ltd, 203, pp. 72–90. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.06.004.

Stuart, C. (2017) 'Energy and Climate Change Adaptation in Developing Countries', *European Union Energy Initiative Partnerships Dialogue Facility - Germany*. [http://www.euei-pdf.org/sites/default/files/field\\_publication\\_file/euei\\_pdf\\_2017\\_energy\\_and\\_climate\\_change\\_adaptation\\_in\\_developing\\_countries.pdf](http://www.euei-pdf.org/sites/default/files/field_publication_file/euei_pdf_2017_energy_and_climate_change_adaptation_in_developing_countries.pdf)

Task Team on the Definition of Extreme Weather and Climate Events (2016) 'Guidelines on the Definition and Monitoring of Extreme Weather and Climate Events', *World Meteorological Organization*, (December 2015), p. 62.

Tobin, I. (2018) 'Vulnerabilities and resilience of European power generation to 1.5°C, 2°C and 3°C warming'. *IOP Publishing Ltd*. Available at: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aab211>

UNFCCC (2007) Climate change: impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries. United Nations Framework Convention on Climate Change. 64 pp. Bonn, Germany. Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>

Vine, E. (2012) 'Adaptation of California's electricity sector to climate change', *Climatic Change*, 111(1), pp. 75–99. doi: 10.1007/s10584-011-0242-2.

Wenz, L., Levermann, A. and Auffhammer, M. (2017) 'North–south polarization of European electricity consumption under future warming', *Proceedings of the National Academy of Sciences*, (19), p. 201704339. doi: 10.1073/pnas.1704339114.

Willows, R. and Connell, R. (2003) 'Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making', *Policy*, (May), p. 4 pp.-4 pp. doi: 10.1016/j.molcel.2011.04.017.

WMO (2018) *WMO statement on the status of the global climate in 2017*, World Meteorological Organization, Switzerland. doi: 978-92-63-11212-5.

Zachariadis, T. and Hadjinicolaou, P. (2014) 'The effect of climate change on electricity needs - A case study from Mediterranean Europe', *Energy*. Elsevier Ltd, 76, pp. 899–910. doi: 10.1016/j.energy.2014.09.001.

Zuo, J. *et al.* (2015) 'Impacts of heat waves and corresponding measures: A review', *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd, 92, pp. 1–12. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.12.078.

## **7 ANEXO**

**ANEXO I** – Inquérito distribuído às empresas Portuguesas e Internacionais via online.

**ANEXO II** – Tabelas síntese anuais do método 1.

## ANEXO I – Inquérito distribuído às empresas Portuguesas e internacionais via online.

O presente inquérito foi traduzido para inglês de forma a que fosse possível a resposta por parte das diversas entidades contactadas.

### Medidas de adaptação do setor eletroprodutor a eventos de temperatura extremos

Este questionário tem como fundamento apurar se as empresas do setor de eletricidade estão conscientes do risco climático a que estão sujeitas e, caso estejam, quais são as medidas de adaptação que seguem ou tencionam implementar.

A informação fornecida será apenas utilizada no âmbito da Dissertação de Mestrado – Relação empírica entre a produção e consumo de eletricidade com eventos de temperatura extremos (temperaturas elevadas e ondas de calor) e as Medidas de Adaptação do Setor Eletroprodutor.

#### Nome da empresa

---

Da tabela abaixo indique se as infraestruturas da sua empresa têm vulnerabilidade baixa, média ou alta em relação aos eventos de temperatura extremos (temperaturas elevadas e ondas de calor). Caso não tenha as infraestruturas em causa, pode dar a sua opinião sobre as mesmas.

	Baixa	Média	Alta	NA
Transporte e distribuição de eletricidade				
Centrais termoeléctricas de base fóssil				
Centrais de solar fotovoltaico				
Centrais hidroeléctricas				
Centrais eólicas				

**Das medidas de adaptação seguintes, selecione as que estão a ser postas em prática na sua empresa.**

- Diversificação de ativos;
- Avaliação da exposição do negócio aos eventos de temperatura elevada e ondas de calor, em termos globais e/ou por ativo e por unidade de negócio, fazendo uso de cenários que consideram variações futuras de temperatura;
- Adequação do capital humano e da empresa, de forma a que se moldem os comportamentos e que sejam desenvolvidas competências técnicas para gerar novas respostas a problemas que poderão surgir;
- Aumento do armazenamento de eletricidade, antecipando os impactes decorrentes das épocas mais propícias a ocorrerem eventos de temperatura extremos;
- Outra:

**Existe uma equipa responsável pela gestão de risco climático?**

- Sim
- Não

## ANEXO II – Tabelas síntese anuais do método 1

Tabela 7.1 - Síntese do ano de 2003, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>janeiro</b>	27,1	729,2	7,6	27,1	-10,0	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em janeiro.
<b>fevereiro</b>	17,0	683,9	15,2	17,0	7,5	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em fevereiro. A temperatura desse mês foi sempre mais baixa do que a normal, pelo que os consumos foram sempre elevados, apesar de na semana em questão ter sido registado um aumento de 15,2% de consumo de eletricidade, o mesmo se deveu a uma discrepância de 17°C em relação à temperatura normal (isto em relação à soma das anomalias).
<b>março</b>	7,7	601,9	1,4	7,7	-9,7	O maior consumo de eletricidade correspondeu à menor temperatura registada.
<b>abril</b>	4,0	571,2	7,2	6,40	0,59	O maior consumo de eletricidade não corresponde à semana com uma anomalia maior, uma vez que na semana em que a anomalia foi superior a 5°C (estiveram menos 5°C nessa semana do que seria suposto), existiu um feriado, logo o consumo de eletricidade tem um comportamento distinto.
<b>maio</b>	-16,9	598,5	2,1	7,0	-21,6	Apesar de o maior consumo de eletricidade não ter correspondência direta com a máxima temperatura registada durante 5 dias consecutivos, o consumo pode ser explicado pelas fortes temperaturas registadas desde a semana

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
						anterior a essa uma vez que a diferença de consumo de eletricidade não é muita entre as duas semanas.
<b>junho</b>	1,0	599,0	1,7	1,0	-21,6	O maior consumo de eletricidade corresponde à menor temperatura semanal registada em junho. No entanto, é de notar que nas restantes semanas houve feriados, o que representa uma diminuição dos consumos de eletricidade nessas semanas.
<b>julho</b>	-21,1	639,6	3,9	16,9	-21,1	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas. Houve uma anomalia nessa semana de 21°C, sendo que houve 3 dias consecutivos em que as temperaturas diárias foram superiores 5°C relativamente à temperatura normal.
<b>agosto</b>	-28,4	621,9	9,1	14,9	-28,4	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas. Apesar de o consumo de eletricidade no mês de agosto ser inferior ao mês de julho, apesar das temperaturas dessa semana terem sido as mais altas do ano, o mesmo é explicado pelo período de férias em que a população não está em casa e por isso recorre menos aos equipamentos de arrefecimento.
<b>setembro</b>	-7,7	627,7	2,8	13,5	-7,7	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
outubro	12,9	627,2	2,8	21,0	1,7	Apesar de o maior consumo de eletricidade não ter correspondência direta com a mínima temperatura registada durante 5 dias consecutivos, o consumo pode ser explicado pelas temperaturas baixas registadas desde a semana anterior a essa uma vez que a diferença de consumo de eletricidade não é muita entre as duas semanas.
novembro	11,5	660,3	3,0	11,5	5,4	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em janeiro.
dezembro	5,6	692,9	16,0	23,7	1,3	Apesar de não ser nesta semana que a anomalia foi maior, nas 2 semanas em que se verificou uma maior anomalia, existiram 2 feriados, o que levou a que o consumo de eletricidade tivesse um comportamento diferente.

**Onda de calor:** 6 a 13 de agosto

**Média do aumento de consumo durante a onda de calor:** 9,1%

**Média do aumento de consumo durante os meses quentes:** 4,9 %

Tabela 7.2 - Síntese do ano de 2004, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês		Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>janeiro</b>	0,8	721,0	2,9	29,6		0,8	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada, dado que o maior consumo de eletricidade ocorreu numa semana em que a temperatura média registada, foi a maior do mês de janeiro. No entanto, analisando o mês, conseguimos constatar que existiu uma vaga de frio na semana anterior, o que poderá ter despoletado um maior consumo de eletricidade na semana seguinte.
<b>fevereiro</b>	19,7	685,1	3,0	19,7		7,3	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em fevereiro.
<b>março</b>	3,2	714	7,2	6,5		-8,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>abril</b>	8,8	632,2	3,9	8,79		-0,05	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana com uma anomalia maior positiva, ou seja, quando a temperatura foi mais baixa.
<b>maio</b>	8,3	620,9	0,7	8,3		-17,1	O consumo de eletricidade no mês de maio é muito semelhante entre as semanas, como podemos verificar através da diferença de consumo de eletricidade. No entanto, o maior consumo de eletricidade registado correspondeu à primeira semana, o que pode ter relação com o mês anterior dado que as temperaturas médias não ultrapassaram as temperaturas normais para esse período de tempo, o que fez com que a população pudesse ainda ter recorrido aos meios de aquecimento durante essa semana.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês		Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>junho</b>	-14,8	660,1	3,6	14,3		-14,8	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas. Houve uma anomalia nessa semana de 14,7°C, sendo que houve 2 dias consecutivos em que as temperaturas diárias foram superiores 5°C do que a temperatura normal.
<b>julho</b>	-13	672,9	2,7	17,1		-13,0	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas. Houve uma anomalia nessa semana de 13,5°C, sendo que houve 3 dias consecutivos em que as temperaturas diárias foram superiores 5°C do que a temperatura normal.
<b>agosto</b>	-26,3	612,5	5,3	12,9		-27,6	O maior consumo de eletricidade não é correspondente à maior temperatura semanal registada, no entanto, visto que as temperaturas se mantiveram altas desde a semana anterior, pode ter ocorrido uma necessidade superior de recorrer a equipamentos climáticos de arrefecimento.
<b>setembro</b>	2,8	651,1	3,7	12,8		-9,8	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>outubro</b>	12,1	639,5	2,1	15,1		4,0	Apesar de o maior consumo de eletricidade não ter correspondência direta com a mínima temperatura registada durante 5 dias consecutivos, o consumo pode ser explicado pelas temperaturas baixas registadas desde a semana anterior a essa uma vez que a diferença de consumo de eletricidade não é muita entre as duas semanas.
<b>novembro</b>	12,8	722,1	6,7	12,8		6,9	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em novembro.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
dezembro	6,3	750,8	4,8	19,3	5,4	Apesar de não ser nesta semana que as temperaturas foram mais baixas para a estação, na semana em que se verificou uma maior anomalia, existiram 2 feriados, o que levou a que o consumo de eletricidade tivesse um comportamento diferente. Nesta semana, foi a única do mês de dezembro que pode ser considerada uma semana com comportamento normal, dado que não coincidiu com os feriados ou com a semana do Natal.

**Onda de calor:** 5 a 12 de agosto

**Média do aumento de consumo durante a onda de calor:** 5,3%

**Média do aumento de consumo durante os meses quentes:** 3,8%

Tabela 7.3 - Síntese do ano de 2005, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
janeiro	31,2	790,1	2,7	31,2	4,2	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em janeiro, sendo que nessa semana ocorreu uma onda de frio.
fevereiro	21,6	779,2	3,2	21,8	17,5	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em fevereiro.
março	36,8	800,3	14,1	36,8	-9,4	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana com temperaturas mais baixas, representando um aumento de consumo de 14,1%.
abril	7,2	656,8	2,6	7,4	-6,9	A semana com um maior consumo de eletricidade não corresponde à semana com a menor temperatura, no entanto, as baixas temperaturas da semana anterior podem ter contribuído para um maior consumo de eletricidade na semana seguinte.
maio	-8,1	642,6	1,6	1,6	-12,3	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
junho	-20,2	695,7	3,2	4,9	-29,7	Na semana em que a anomalia foi menor, ou seja, que se registou uma temperatura muito elevada durante 4 dias consecutivos, existiu também um feriado o que fez com que o consumo de eletricidade não tivesse tido o que seria uma resposta normal. Quando o consumo de eletricidade atingiu o máximo semanal do mês, existiu uma onda de calor o que explica os resultados mensais.
julho	-10,3	705,3	2,4	10,5	-10,3	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
agosto	-11,8	651,5	5,4	1,4	-11,8	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
setembro	-2,2	671,4	2,2	15,7	-2,2	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
outubro	0,8	670,8	1,5	7,5	0,8	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas, no entanto o consumo de eletricidade não teve um aumento significativo em relação ao mês.
novembro	17,5	752,2	7,0	17,8	6,5	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
dezembro	18,8	796,8	5,9	24,6	6,0	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.

**Onda de calor:** 17 a 22 de junho

**Média do aumento de consumo durante a onda de calor:** 3,2%

**Média do aumento de consumo durante os meses quentes:** 3,6%

Tabela 7.4 - Síntese do ano de 2006, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
janeiro	13,7	798,2	-0,1	16,3	10,2	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
fevereiro	26,3	790,0	-0,3	26,3	4,0	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em fevereiro.
março	12,3	752,3	5,4	22,2	1,5	Apesar de o maior consumo de eletricidade não corresponder à menor temperatura semanal registada, na semana anterior a temperatura semanal atingiu os valores mais baixos mensais, o que ajuda a explicar o consumo de eletricidade da semana seguinte.
abril	-4,6	657,4	3,9	6,2	-16,9	O maior consumo de eletricidade não corresponde à semana com temperatura mais baixa, no entanto, na semana em que a temperatura registou a temperatura mais baixa, existiu um feriado o que faz com que o consumo de eletricidade tenha um comportamento distinto nessa semana.
maio	-17,2	688,9	5,1	-0,8	-17,2	O consumo de eletricidade corresponde à maior temperatura semanal registada, apesar de o mês de maio ter sido mais quente do que o habitual.
junho	-18,3	698,2	3,8	5,7	-18,3	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
julho	-25,8	737,9	3,3	2,4	-25,8	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas. Apesar da anomalia semanal ser de 25,8°C, o aumento do consumo de eletricidade não foi significativo uma vez que o mês de julho foi, geralmente, muito quente.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
agosto	-19,9	691,8	6,8	17,7	-19,9	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
setembro	-18,0	714,7	3,3	16,0	-18,0	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
outubro	-3,5	671,9	0,4	8,9	-8,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
novembro	-7,4	696,7	3,1	5,6	-8,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
dezembro	27,2	807,1	6,9	27,2	-2,3	Existe uma relação entre a menor temperatura registada e o consumo de eletricidade.

**Onda de calor:** 11 a 17 de julho

**Média do aumento de consumo durante a onda de calor:** 3,3%

**Média do aumento de consumo durante os meses quentes:** 4,6%

Tabela 7.5 - Síntese do ano de 2007, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
janeiro	25,4	827,7	5,9	25,4	-2,9	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em janeiro, sendo que nessa semana ocorreu uma onda de frio.
fevereiro	20,2	845,9	9,1	20,2	-8,5	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em fevereiro.
março	4,8	725,0	1,1	23,0	-0,7	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
abril	19,8	702,9	3,5	0,0	-15,1	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
maio	-12,9	685,1	2,2	13,8	-12,9	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
junho	9,7	683,7	1,1	14,9	-10,4	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
julho	-2,9	706,6	1,0	20,1	-2,9	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas, no entanto o mês de julho foi invulgarmente mais frio.
agosto	<b>-8,7</b>	<b>719,5</b>	<b>10,3</b>	12,2	-8,7	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
setembro	-6,3	716,1	2,2	10,2	-6,3	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
outubro	-0,1	694,5	1,9	11,4	-3,2	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
novembro	15,2	781,9	5,1	15,2	3,9	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em novembro.
dezembro	12,8	857,5	8,4	22,1	6,5	Apesar de não ser nesta semana que a anomalia positiva foi maior, ou seja, que as temperaturas foram mais baixas para a estação, na semana em que se verificou uma maior anomalia, existiu um feriado, o que levou a que o consumo de eletricidade tivesse um comportamento diferente.

Onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante a onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante os meses quentes: 4,1%

Tabela 7.6 - Síntese do ano de 2008, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
janeiro	-13,8	808,5	1,7	-4,4	-17,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
fevereiro	-12,4	759,2	1,9	-5,5	-14,4	A semana que registou temperaturas mais baixas coincidiu com o Carnaval, pelo que os consumos de eletricidade têm um comportamento próprio.
março	-7,7	741,6	1,7	5,7	-7,7	O maior consumo de eletricidade coincidiu com a semana mais fria do mês.
abril	-3,1	712,7	2,4	1,75	-21,4	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
maio	8,5	695,4	1,8	8,5	-9,8	maio foi um mês mais frio do que o habitual. O maior consumo de eletricidade corresponde à mínima temperatura semanal registada.
junho	-7,5	718,5	3,7	1,8	-20,0	Na semana em que houve temperaturas mais elevadas, existiu um feriado o que fez com o que o comportamento de consumo de eletricidade fosse distinto.
julho	-17,2	750,7	2,6	4,6	-17,2	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
agosto	-4,0	694,3	<b>6,0</b>	5,9	-4,0	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
setembro	-4,5	708,9	1,5	8,1	-4,5	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
outubro	11,8	701,3	1,5	11,8	-9,9	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana com temperaturas mais baixas registadas em outubro.
novembro	5,2	787,6	4,3	5,9	-4,7	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
dezembro	8,8	833,9	16,4	8,8	-5,7	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana com temperaturas mais baixas registadas em outubro.

Onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante a onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante os meses quentes: 4,1%

Tabela 7.7 - Síntese do ano de 2009, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>janeiro</b>	0,8	863,7	2,8	17,9	-6,5	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>fevereiro</b>	6,5	759,2	-0,5	6,5	-9,7	O maior consumo de eletricidade corresponde à temperatura semanal mais baixa.
<b>março</b>	1,7	741,6	7,2	1,7	-21,4	O maior consumo de eletricidade corresponde à temperatura semanal mais baixa.
<b>abril</b>	9,8	712,7	7,6	9,80	-13,3	O maior consumo de eletricidade corresponde à temperatura semanal mais baixa.
<b>maio</b>	-20,8	695,4	4,7	2,3	-23,9	Existiu uma onda de calor na semana em que o consumo de eletricidade foi maior. Apesar de existir uma semana em que o somatório das anomalias diárias foi maior, a mesma não registou anomalias diárias tão altas como a semana em que o consumo de eletricidade atingiu o máximo mensal.
<b>junho</b>	-24,4	718,5	6,4	-1,3	-24,4	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas. As temperaturas nessa semana foram bastante elevadas, sendo que durante 4 dias consecutivos a temperatura foi superior 7°C à temperatura normal.
<b>julho</b>	-1,7	750,7	6,7	6,3	-9,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>agosto</b>	-29,4	694,3	4,7	1,9	-29,4	Nessa semana ocorreram temperaturas 6°C superiores à temperatura normal durante 4 dias consecutivos. O fenómeno provocou um aumento do consumo de eletricidade semanal.
<b>setembro</b>	-12,5	708,9	1,0	6,1	-16,2	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>outubro</b>	-30,9	701,3	2,1	-1,3	-30,9	O mês de outubro foi mais quente do que seria normal, como se pode constatar pelas anomalias. Existiu uma onda de calor, correspondente à semana em que se registou o maior consumo de eletricidade do mês.
<b>novembro</b>	-3,9	787,6	9,7	-3,5	-9,8	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>dezembro</b>	12,4	833,9	13,0	12,4	-7,3	A única semana sem feriados, foi também a semana mais fria do mês de dezembro e com o maior consumo de eletricidade registado.

**Onda de calor:** 27 a 31 de maio; 11 a 15 de outubro

**Média do aumento de consumo durante a onda de calor:** maio – 1,26%; outubro – 1,51%

**Média do aumento de consumo durante os meses quentes:** 5,9%

Tabela 7.8 - Síntese do ano de 2010, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>janeiro</b>	0,9	884,1	4,9	20,3	-6,3	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>fevereiro</b>	11,6	837,5	1,6	17,4	-4,1	Em fevereiro, a única semana em que não existiram feriados foi a semana que teve um maior consumo de eletricidade. No entanto, a mesma não correspondeu à temperatura mais baixa registada.
<b>março</b>	28,0	803,0	5,2	28,0	2,8	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana com a temperatura mais baixa.
<b>abril</b>	-1,6	706,6	1,5	-0,74	-22,8	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>maio</b>	-24,6	704,1	1,8	20,0	-24,6	Durante 4 dias existiram temperaturas superiores 5°C à temperatura normal, resultando num aumento do consumo de eletricidade.
<b>junho</b>	-5,7	711,5	1,4	13,6	-24,2	Em junho existiram 2 feriados, coincidentes com as semanas com temperaturas mais elevadas. A semana que registou o maior consumo de eletricidade corresponde à 3ª semana de junho com maior temperatura e, a única, em que não existiram feriados.
<b>julho</b>	<b>-23,0</b>	<b>789,1</b>	<b>4,2</b>	8,8	-24,7	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada, apesar de a diferença entre a máxima temperatura semanal registada e a que registou um maior consumo de eletricidade não ser significativa, o consumo de eletricidade registou um aumento de 4,2%.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>agosto</b>	-18,3	732,5	3,8	0,2	-18,3	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana com uma temperatura mais elevada.
<b>setembro</b>	-5,9	746,4	2,8	10,5	-9,0	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>outubro</b>	7,8	708,6	2,1	13,9	6,0	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>novembro</b>	16,5	785,3	6,1	17,2	4,1	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>dezembro</b>	28,2	845,3	3,4	28,2	-13,4	A semana com uma temperatura mais baixa, foi também a que registou um maior consumo de eletricidade. A mesma ocorreu logo no início do mês, apesar de ter um feriado, o consumo de eletricidade foi superior ao restante mês em 3,4%.

Onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante a onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante os meses quentes: 3,2%

Tabela 7.9 - Síntese do ano de 2011, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
janeiro	22,2	874,5	5,0	22,2	-8,6	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em janeiro.
fevereiro	22,7	856,2	4,9	22,7	-5,0	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em fevereiro.
março	21,4	772,1	4,2	21,4	-5,4	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em março.
abril	-26,1	699,0	3,2	-0,8	-26,1	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana com temperaturas mais elevadas. abril foi um mês mais quente do que o habitual, ainda que se tenha registado um aumento no consumo de eletricidade de 3,2%.
maio	-24,7	710,3	2,1	-1,4	-24,7	Na semana em que se registou um maior consumo de eletricidade, existiram 3 dias consecutivos com temperaturas superiores 6°C à temperatura normal.
junho	<b>-10,8</b>	<b>734,8</b>	<b>6,4</b>	13,5	-10,8	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
julho	-7,7	742,8	3,5	11,5	-7,7	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
agosto	-10,2	690,7	3,6	13,2	-10,2	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
setembro	-5,6	731,9	3,7	18,6	-9,4	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
outubro	-18,8	706,8	2,2	11,5	-18,8	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
novembro	5,5	726,4	2,6	9,3	5,5	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada. Apesar de a semana com temperaturas mais elevadas para a época coincidir com a semana de maior consumo de eletricidade, o mesmo não faz sentido dado que houve semanas mais frias e em que o consumo de eletricidade foi menor.
dezembro	0,9	767,4	2,9	15,2	0,9	Apesar de a semana com temperaturas mais elevadas para a época coincidir com a semana de maior consumo de eletricidade, o mesmo não faz sentido dado que houve semanas mais frias e em que o consumo de eletricidade foi menor. Pode-se explicar a relação uma vez que essa semana foi a única semana em que não existiram feriados como o Natal, e a semana de ano novo.

Onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante a onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante os meses quentes: 4,5%

Tabela 7.10 - Síntese do ano de 2012, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>janeiro</b>	13,3	795,2	1,3	13,3	3,7	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em janeiro.
<b>fevereiro</b>	19,1	809,4	3,9	25,7	7,5	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>março</b>	3,4	713,3	2,2	11,8	-14,0	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>abril</b>	13,8	697,4	3,9	17,66	9,71	Na semana em que houve um maior consumo de eletricidade, apesar da temperatura não ser a mais baixa registada. Nas semanas em que a temperatura foi mais baixa, existiram feriados o que fez com que o consumo de eletricidade tivesse um comportamento distinto.
<b>maio</b>	-16,2	677,5	1,6	17,8	-20,7	Apesar de não ser coincidente com o maior consumo de eletricidade registado, nessa semana, teve início uma onda de calor de 6 dias que se prolongou para a semana seguinte.
<b>junho</b>	<b>-19,1</b>	<b>710,8</b>	<b>5,6</b>	8,6	-19,1	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
<b>julho</b>	-14,4	726,6	3,8	13,6	-14,4	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>agosto</b>	6,2	678,4	5,0	8,8	-4,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>setembro</b>	-7,3	700,9	1,1	18,5	-7,3	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
<b>outubro</b>	-7,5	676,8	2,5	18,6	-7,5	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
<b>novembro</b>	19,5	747,6	4,3	19,5	10,7	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em janeiro.
<b>dezembro</b>	16,9	784,5	7,5	16,9	-6,6	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais baixas.

**Onda de calor:** 10 a 16 de maio

**Média do aumento de consumo durante a onda de calor:** 1,6%

**Média do aumento de consumo durante os meses quentes:** 4,8%

Tabela 7.11 - Síntese do ano de 2013, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
janeiro	7,7	782,1	2,1	7,7	-3,1	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em janeiro.
fevereiro	28,9	760,2	1,8	28,9	3,7	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em fevereiro.
março	-0,2	719,7	1,4	24,4	-0,2	Existe correspondência entre a semana mais quente de março, com o maior consumo de eletricidade registado. No entanto, o mesmo não faz sentido dado que março foi um mês frio e o aumento de temperatura não justifica um aumento no consumo de eletricidade.
abril	7,0	687,1	6,7	14,5	-10,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
maio	6,8	631,3	0,8	16,1	-5,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
junho	-19,7	659,6	4,0	17,6	-19,7	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
julho	-17,5	731,1	<b>6,3</b>	7,0	-20,6	O maior consumo de eletricidade não é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas, no entanto, houve uma onda de calor com início na semana anterior e que se prolongou para a semana seguinte. Esta onda de calor, pode ter dado origem a um maior consumo de eletricidade.
agosto	-12,3	640,2	0,8	3,5	-12,3	O maior consumo de eletricidade é correspondente à semana com uma temperatura mais elevada.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
setembro	-4,5	674,3	0,9	1,5	-4,5	O maior consumo de eletricidade é correspondente à semana com uma temperatura mais elevada.
outubro	-3,4	652,2	0,3	16,3	-4,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
novembro	24,2	750,1	8,3	24,2	0,1	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas.
dezembro	11,2	775,4	5,4	18,9	1,7	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.

**Onda de calor:** 4 a 9 de julho

**Média do aumento de consumo durante a onda de calor:** 6,3%

**Média do aumento de consumo durante os meses quentes:** 3,7%

Tabela 7.12 - Síntese do ano de 2014, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
janeiro	6,2	787,8	12,2	8,5	-9,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
fevereiro	6,1	795,0	1,9	9,8	1,1	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
março	4,2	696,9	3,5	21,8	-0,9	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
abril	12,5	702,9	9,3	12,50	-16,9	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana em que a temperatura foi mais baixa.
maio	-18,1	639,9	0,6	17,9	-18,1	O maior consumo de eletricidade é correspondente à semana que apresentou temperaturas mais elevadas.
junho	-5,5	673,8	5,7	10,0	-9,8	Não existe relação lógica entre a semana de maior consumo de eletricidade e a temperatura registada.
julho	-2,2	683,7	3,3	11,2	-2,2	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
agosto	1,3	633,7	1,4	9,2	1,3	O mês de agosto foi mais frio do que habitual, no entanto, o maior consumo de eletricidade correspondeu à semana mais quente, ainda que o aumento de consumo não seja significativo.
setembro	0,0	674,9	2,0	10,3	0,0	O mês de setembro foi mais frio do que habitual, no entanto, o maior consumo de eletricidade correspondeu à semana mais quente.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
outubro	-21,7	651,3	0,5	2,8	-21,7	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana mais quente de outubro, apesar dos consumos semanais serem bastantes próximos.
novembro	-0,9	694,0	2,0	12,8	-0,9	Apesar de existir uma relação entre o maior consumo de eletricidade com a semana mais quente de novembro, o mês foi particularmente mais frio que o normal, sendo a única exceção a semana indicada. O mesmo não faz sentido uma vez que o aumento de temperatura não foi significativo.
dezembro	11,1	747,0	5,2	20,5	7,5	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada, no entanto, a semana indicada foi a única que não teve feriados o que pode ter aumentado significativamente o consumo de eletricidade durante a mesma.

Onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante a onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante os meses quentes: 3,5%

Tabela 7.13 - Síntese do ano de 2015, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura a no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura a no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
janeiro	13,5	818,9	1,7	23,2	5,0	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
fevereiro	23,6	812,6	3,7	23,6	6,7	O maior consumo de eletricidade correspondeu à semana com temperaturas mais baixas registadas em fevereiro.
março	0,8	707,2	3,4	13,4	0,8	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada. É possível observar que a temperatura foi a mais alta do mês, no entanto, não justifica um aumento do consumo de eletricidade uma vez que as temperaturas foram na ordem dos 12°C.
abril	2,3	636,1	1,5	2,3	-15,3	Apesar de o maior consumo de eletricidade ser coincidente com a semana mais fria do mês, o mesmo não faz sentido quando abril foi, na sua maioria, um mês mais quente do que o habitual e a diferença de temperatura para a semana em que esteve mais frio não foi significativa.
maio	-22,5	655,2	1,3	-0,2	-22,5	O maior consumo de eletricidade é correspondente à semana mais quente do mês.
junho	-4,2	665,1	1,6	-4,2	-15,8	Não existe relação lógica. Na semana mais fria de junho foi quando se registou um maior consumo de eletricidade.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura a (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura a no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura a no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
julho	-3,8	701,9	1,4	-0,8	-9,8	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
agosto	2,5	657,7	3,6	8,3	-1,2	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
setembro	3,4	653,7	0,5	22,9	7,9	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
outubro	4,5	651,7	0,9	8,8	1,9	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
novembro						Não existem dados de consumo de eletricidade.
dezembro						Não existem dados de consumo de eletricidade.

Onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante a onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante os meses quentes: 2,2%

Tabela 7.14 - Síntese do ano de 2016, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
janeiro	-5,1	713,9	0,9	7,1	-7,4	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
fevereiro	9,8	728,6	2,7	9,8	-3,4	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana mais fria de fevereiro.
março	20,7	716,5	3,6	20,7	9,1	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana mais fria de março.
abril	16,4	675,4	3,4	16,4	-0,5	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana mais fria de abril.
maio	16,6	633,0	2,8	16,6	-9,3	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana mais fria de maio.
junho	-10,2	652,3	2,9	4,4	-10,2	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
julho	-15,4	694,3	2,2	-3,4	-15,4	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas, no entanto o aumento não foi significativo uma vez que julho foi um mês particularmente quente e com consumos de eletricidade elevados.
agosto	-22,1	674,4	5,9	0,2	-22,1	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
setembro	-22,8	677,8	3,8	8,3	-22,8	O maior consumo de eletricidade é coincidente com a semana em que as temperaturas foram mais elevadas.
outubro	8,3	625,1	1,0	8,3	-10,3	A semana mais fria foi coincidente com a semana que registou um maior consumo de eletricidade.
novembro	7,2	717,4	6,3	19,2	-10,3	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
dezembro	13,4	730,5	5,8	14,8	-6,4	Apesar de não corresponder à semana mais fria de dezembro, o consumo foi mais elevado nesta semana uma vez que na semana com a temperatura mais baixa, foi o Natal e o consumo de eletricidade tem um comportamento distinto.

Onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante a onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante os meses quentes: 3,7%

Tabela 7.15 - Síntese do ano de 2017, segundo o método 1.

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
<b>janeiro</b>	5,9	825,6	3,5	11,1	-11,6	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>fevereiro</b>	-7,3	783,8	3,1	5,1	-13,2	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>março</b>	-0,3	692,3	1,5	11,2	-12,7	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>abril</b>	-10,7	650,7	3,6	-5,1	-22,3	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
<b>maio</b>	-31,6	668,4	3,9	-5,9	-31,6	O mês de maio foi um mês mais quente do que o habitual. A semana mais quente coincide com a semana em que o consumo de eletricidade foi maior
<b>junho</b>	<b>-25,1</b>	<b>733,2</b>	<b>7,4</b>	2,4	-25,1	Na semana em que houve um maior consumo de eletricidade, e que correspondeu também à maior temperatura semanal registada, existiram 4 dias com temperaturas superiores a mais de 6°C do que a temperatura normal.

Relação empírica entre produção e consumo energético com os eventos de temperatura extremos

Mês	Anomalia de temperatura (5 dias) (°C)	Consumo de eletricidade (5 dias) (GWh)	Diferença % de consumo de eletricidade em relação às restantes semanas (5 dias) do mês	Anomalia Máxima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Anomalia Mínima Semanal de temperatura no Mês (°C)	Relação temperatura e consumo de eletricidade
julho	5,6	697,1	0,4	5,6	-10,7	Apesar de não fazer sentido o maior consumo de eletricidade em julho corresponder à semana com a temperatura mais baixa, o mês de julho teve temperaturas muito semelhantes e o mesmo com os consumos de eletricidade, como se pode ver pela diferença percentual de consumo.
agosto	-8,5	664,2	2,4	8,9	-8,5	O maior consumo de eletricidade corresponde à semana com temperatura mais elevada de agosto.
setembro	7,1	677,5	0,7	14,1	1,0	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
outubro	-14,8	667,1	1,4	-11,8	-14,8	outubro foi um mês mais quente do que o habitual. O maior consumo de eletricidade corresponde à semana em que a temperatura foi mais alta.
novembro	1,9	714,2	5,3	5,2	-16,2	Não existe uma relação lógica entre o consumo de eletricidade e a temperatura registada.
dezembro	11,1	783,5	4,9	11,1	-5,0	A semana mais fria de dezembro teve também o maior consumo de eletricidade registado.

Onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante a onda de calor: -

Média do aumento de consumo durante os meses quentes: 3,4%