



Projeção dos Impactos das Alterações Climáticas na Produção de Eletricidade a partir de Fontes Renováveis

Mestrado em Engenharia de Energia e do Ambiente - MEENA

Pietro Campagna de Souza

Leiria, setembro de 2023



Projeção dos Impactos das Alterações Climáticas na Produção de Eletricidade a partir de Fontes Renováveis

Mestrado em Engenharia de Energia e do Ambiente - MEENA

Pietro Campagna de Souza

Trabalho de Projeto realizado sob a orientação dos Professores Sandra Mourato e João
Souza

Leiria, setembro de 2023

Originalidade e Direitos de Autor

O presente relatório de projeto é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia de Energia e do Ambiente, no ano letivo 2022/2023, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

Dedicatória

Dedico esta tese de conclusão de mestrado à Comunidade Acadêmica, aos Engenheiros e às Futuras Tecnologias em Energia, reconhecendo suas contribuições significativas para a busca do conhecimento, a aplicação prática do saber e o avanço das soluções energéticas sustentáveis. Que esta pesquisa seja uma pequena contribuição para fortalecer a comunidade acadêmica, impulsionar o progresso tecnológico e inspirar o desenvolvimento de soluções energéticas mais eficientes e sustentáveis para o futuro.

Agradecimentos

A conclusão desta jornada acadêmica não teria sido possível sem o apoio e o amor incondicional de pessoas especiais que estiveram ao meu lado. Gostaria, portanto, de expressar minha imensa gratidão a cada uma delas.

Primeiramente, agradeço a Deus, fonte de toda sabedoria e força, por guiar meus passos durante essa caminhada. Sua presença constante e sua graça foram fundamentais para minha perseverança, inspirando-me a superar os desafios e acreditar em meu potencial.

À minha amada esposa Agnes Vinagre Chacon, você tem sido minha maior companheira, fonte de inspiração e apoio inabalável. Sua compreensão, paciência e encorajamento foram essenciais para que eu pudesse me dedicar inteiramente a esta pesquisa. Sou grato por compartilhar minha vida com você e por seu amor incondicional.

A meus pais Renata Rodrigues Campagna de Souza e Luís Henrique Moraes de Souza, agradeço por todo o amor e suporte que sempre me deram. Vocês foram meus primeiros professores e exemplos de dedicação e perseverança. Sua confiança em mim e seu incentivo constante me motivaram a buscar sempre o melhor em minha jornada acadêmica.

À minha querida prima Bruna Thalita Praia Campagna, que esteve ao meu lado em todas as etapas deste percurso, agradeço por seu apoio incondicional. Sua amizade, conselhos e encorajamento foram fundamentais para que eu não desistisse mesmo nos momentos mais desafiadores. Sou grato por termos compartilhado essa experiência juntos.

Aos meus sogros Rita de Cassia Vinagre Chacon e Uilson Chacon Campana, sou profundamente grato pelo carinho e pela acolhida em sua família. Vocês me receberam de braços abertos e sempre estiveram presentes para me apoiar e encorajar. Sua generosidade e amor incondicional são verdadeiros tesouros em minha vida.

À minha amada família, por todo o apoio e amor demonstrados ao longo deste processo. Vocês sempre estiveram ao meu lado, incentivando-me a seguir em frente e celebrando cada pequena vitória. Sou imensamente grato por ter uma família tão maravilhosa.

Aos meus orientadores Sandra de Jesus Martins Mourato e João Miguel Charrua de Sousa, que dedicaram seu tempo e conhecimento para me guiar neste percurso, sou profundamente grato. Sua experiência, orientação e incentivo foram fundamentais para o desenvolvimento desta tese. Agradeço por compartilharem seu saber e por acreditarem em meu potencial.

Ao meu estimado Instituto Politécnico de Leiria (IPL), que me proporcionou o ambiente propício para o crescimento acadêmico e profissional, agradeço por toda a estrutura e oportunidades que me foram concedidas. Sou grato por ter tido a chance de estudar em uma instituição comprometida com a excelência educacional.

Por fim, gostaria de expressar minha gratidão a Portugal, país que me acolheu e me proporcionou uma experiência acadêmica enriquecedora. Sua história, cultura e riqueza intelectual foram fundamentais para o meu crescimento pessoal e profissional. Agradeço a todos que cruzaram meu caminho neste país encantador.

A todos vocês, meu mais profundo agradecimento. Sei que minhas palavras não são suficientes para expressar toda a gratidão que sinto, mas espero que saibam o quanto são importantes para mim. Esta conquista é também de vocês, pois caminhamos juntos ao longo dessa jornada. Que a vida continue a nos abençoar com momentos de alegria e realizações compartilhadas.

Resumo

A presença de potenciais impactos no setor das Energias Renováveis devido às alterações climáticas despertou na Engenharia um olhar criterioso. Diante disso, é inevitável assumir que o mundo enfrenta o grande desafio de investir em novas fontes alternativas de energia e tentar prever os próximos ciclos nos processos de produção destas. O presente trabalho aborda este tema com o intuito de projetar a produção de energia renovável. Com base na matriz energética e oferta de energia renovável em Portugal e com as projeções dos modelos de clima, o trabalho tem como objetivo verificar o potencial de produção de energia através de fontes renováveis em cenários futuros. Os métodos utilizados foram baseados na análise dos ciclos de produção hídricos, eólicos e solares entre os anos 2008 e 2020. Estes métodos estatísticos caracterizam-se por serem métodos convencionais de regressão, que permitem modelar o efeito de cada variável climática na produção de energia hídrica, eólica e solar. A comparação desses ciclos com os dados climáticos no mesmo período permite obter modelos estatísticos de projeção para os períodos de 2041 a 2070 e de 2071 a 2100 para o cenário de emissão RCP8.5. Os resultados apontam para uma redução de produção de energia hídrica, eólica e solar até 2100 que, pode significar respetivamente uma queda de até 12% na oferta hídrica, 24% na oferta de energia eólica e 4% na oferta de energia solar. Para além disto, tem-se a procura de energia, que ao longo dos últimos anos vem aumentando, mesmo que de forma pouco expressiva e pode significar um desafio para o futuro. A avaliação do impacto que as alterações climáticas terão no consumo em determinados setores de atividade, nomeadamente no setor residencial e no Edifícios de Serviços, terá, a par do estudo preconizado neste trabalho, uma considerável pertinência.

Palavras-chave: Alterações climáticas, Cenários de emissões, Energias renováveis, Mix energético.

Abstract

The presence of potential impacts on the Renewable Energy sector due to climate change has given Engineering a careful look. Given this, it is inevitable to assume that the world faces the great challenge of investing in new alternative energy sources and trying to predict the next cycles in their production processes. The present work addresses this topic with the aim of designing the production of renewable energy. Based on the energy matrix and supply of renewable energy in Portugal and with climate model projections, the work aims to verify the potential for energy production through renewable sources in future scenarios. The methods used were based on the analysis of hydro, wind, and solar production cycles between 2008 and 2020. These statistical methods are characterized by being conventional regression methods, which allow modelling the effect of each climate variable on the production of hydro energy, wind and solar. Comparing these cycles with climate data for the same period allows us to obtain statistical projection models for the periods from 2041 to 2070 and from 2071 to 2100 for the RCP8.5 emission scenario. The results point to a reduction in the production of hydro, wind, and solar energy by 2100, which could respectively mean a drop of up to 12% in water supply, 24% in wind energy supply and 4% in solar energy supply. In addition to this, there is the demand for energy, which has been increasing over the last few years, even if not very significantly and could represent a challenge for the future. The impact evaluation of climate changes in the energy demand for determined activity sectors, mainly in the residential and non-residential buildings, will have a considerable relevance, besides the work developed in this study.

Keywords: Climate change, Emission scenarios, Energy mix, Renewable energy.

Índice

Originalidade e Direitos de Autor	iii
Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Siglas e Acrónimos	xv
1. Introdução	1
1.1. Organização do Documento.....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1. Energias Renováveis pelo Mundo	4
2.2. Energias Renováveis na Europa.....	7
2.3. Energias Renováveis em Portugal Continental	8
2.4. Impactos das Alterações Climáticas	12
2.5. Enquadramento da Energia Hídrica	13
2.6. Enquadramento da Energia Eólica.....	14
2.7. Enquadramento da Energia Solar	14
2.8. Investigação Bibliográfica.....	15
2.9. Lacunas na Investigação Bibliográfica	18
3. Dados e Metodologia	19
3.1. Dados	19
3.1.1. Dados da Energia.....	19
3.1.2. Dados do Clima	25
3.2. Metodologia.....	30
4. Apresentação e Discussão de Resultados.....	33

4.1.	Tratamento de Dados	33
4.1.1.	Tratamento de Dados do Clima	33
4.1.1.	Tratamento de Dados de Energia.....	38
4.2.	Discussão de Resultados para Energia Hídrica	38
4.2.1.	Análise entre os Dados Observados e o E-OBS	38
4.2.2.	Análise de Regressões entre E-OBS e Oferta de Energia	41
4.2.3.	Séries Futuras para Oferta de Energia	42
4.2.4.	Projeções da Oferta Futura de Energia	42
4.3.	Discussão de Resultados para Energia Eólica.....	44
4.3.1.	Análise entre os Dados Observados e o E-OBS	44
4.3.2.	Análise de Regressões entre E-OBS e Oferta de Energia	44
4.3.3.	Séries Futuras para Oferta de Energia	45
4.3.4.	Projeções da Oferta Futura de Energia	45
4.4.	Discussão de Resultados para Energia Solar	47
4.4.1.	Análise entre os Dados Observados e o E-OBS	47
4.4.2.	Análise de Regressões entre E-OBS e Oferta de Energia	47
4.4.3.	Séries Futuras para Oferta de Energia	48
4.4.4.	Projeções da Oferta Futura de Energia	49
4.5.	Comparação com Estudo de Investigação.....	51
5.	Conclusão e Perspetivas de Trabalho Futuro	52
5.1.	Conclusão	52
5.2.	Perspetivas de Trabalho Futuro.....	53
6.	Bibliografia.....	54
Anexos.....		57

Lista de Figuras

Figura 2-1 Fontes de Energia Renovável pelo mundo - IRENA 2016	7
Figura 2-2 Procura de Energia (GWh) por Setor de Atividade em Portugal Continental.....	9
Figura 2-3 Mix energético para produção de eletricidade em Portugal Continental considerando todas as Fontes de Energia (GWh).....	9
Figura 2-4 Mix energético em Portugal Continental associado às energias renováveis	10
Figura 2-5 Dependência Energética de Portugal Continental referente ao MIX Elétrico.....	11
Figura 2-6 Alteração percentual entre os potenciais renováveis técnicos impactados pelo clima para o período 2070-2100 e a situação histórica (1971-2000) no cenário RCP6.0 (linha superior) e RCP2.6 (linha inferior) para os quatro GCM ISIMIP2b. Os GCMs da esquerda para a direita são: GFDL-ESM2M, HADGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR e MIROC5. Os tons azuis representam um aumento na energia potencial e os tons vermelhos uma diminuição [31].	17
Figura 3-1 Gráfico de Temperaturas ao longo dos anos de 2011 a 2100 para o Cenário RCP 8.5	26
Figura 3-2 Gráfico da Precipitação ao longo dos anos de 2011 a 2100 para os Cenários RCP 4.5 e RCP 8.5	27
Figura 3-3 Gráfico da Velocidade do Vento ao longo dos anos de 2011 a 2100 para os Cenários RCP 4.5 e RCP 8.5	27
Figura 3-4 Gráfico da Radiação ao longo dos anos de 2011 a 2100 para os Cenários RCP 4.5 e RCP 8.5	28
Figura 3-5 Mapa da Precipitação Média Anual de Portugal Continental para o cenário RCP8.5 no período 2071 até 2100. Fonte: Portal do Clima http://portaldoclima.pt/	29
Figura 3-6 Mapa da Velocidade do Vento Média Anual de Portugal Continental para o cenário RCP8.5 no período 2071 até 2100. Fonte: Portal do Clima http://portaldoclima.pt/	29
Figura 3-7 Mapa da Radiação Global Anual de Portugal Continental para o cenário RCP8.5 no período 2071 até 2100. Fonte: Portal do Clima http://portaldoclima.pt/	30
Figura 3-8 Mapa da Temperatura Média Anual de Portugal Continental para o cenário RCP8.5 no período 2071 até 2100. Fonte: Portal do Clima http://portaldoclima.pt/	30
Figura 3-9 Fluxograma da metodologia utilizada.	31
Figura 4-1 Gráfico da Correção do Desvio entre os dados E-OBS, RCP 8.5 Portal do Clima e RCP 8.5 Corrigido para a Variável TN (°C) Temperatura Mínima	35
Figura 4-2 Gráfico da Correção do Desvio entre os dados E-OBS, RCP 8.5 Portal do Clima e RCP 8.5 Corrigido para a Variável RR (mm) Precipitação	35
Figura 4-3 Gráfico de Dispersão entre o Observado (mm) e o E-OBS da precipitação acumulada (mm) entre os anos de 2008 a 2020 com resolução mensal e Linha de Tendência Linear	39
Figura 4-4 Gráfico de Dispersão entre o Observado (mm) e o E-OBS da precipitação acumulada (mm) entre os anos de 2008 a 2020 com resolução mensal e Linha de Tendência Exponencial	39
Figura 4-5 Gráfico de Dispersão entre o Observado (mm) e o E-OBS da precipitação acumulada (mm) entre os anos de 2008 a 2020 com resolução mensal e Linha de Tendência Polinomial de 3º grau.....	40

Figura 4-6 Gráfico de Dispersão entre a Oferta de Energia (GWh) e os dados do E-OBS da Precipitação Acumulada (mm) entre os anos de 2008 a 2020 em Escala Mensal.....	41
Figura 4-7 Gráfico de Dispersão entre a Oferta de Energia (GWh) e os dados do E-OBS da Velocidade do Vento (m/s) entre os anos de 2008 a 2020 em Escala Mensal.....	44
Figura 4-8 Gráfico de Dispersão entre a Oferta de Energia (GWh) e os dados do E-OBS da Radiação (W/m ²) entre os anos de 2008 a 2020 em Escala Mensal.....	48

Lista de Tabelas

Tabela 3-1 Tabela da Oferta de Energia em Portugal Continental ao longo dos anos 2000 a 2008 e 2018 a 2020.....	21
Tabela 3-2 Tabela de Procura de Energia Elétrica por Setor de Atividade em Portugal Continental entre os anos 2000 a 2008 e 2018 a 2020.....	22
Tabela 3-3 Tabela da Potência Instalada nas Centrais Produtoras de Energia Elétrica para os anos 2000 a 2008 e 2018 a 2020	23
Tabela 3-4 Tabelas de Oferta e Procura de Energia Normalizadas em Portugal Continental de 2008 a 2020	24
Tabela 4-1 Tabela de Correção para o Cenário RCP 8.5 do ano de 2020 para TN, TG e TX	34
Tabela 4-2 Tabela de Correção para o Cenário RCP 8.5 do ano de 2020 para RR, FG, QQ e HU	34
Tabela 4-3 Tabela de médias para as variáveis de Temperatura ao longo dos anos 2008 até 2100	36
Tabela 4-4 Tabela de médias para as variáveis de Precipitação, Velocidade do Vento, Radiação e Humidade Relativa ao longo dos anos 2008 até 2100.....	37
Tabela 4-5 Tabela de médias para a Caracterização da Oferta de Eletricidade e Oferta Futura ao longo dos anos (entre 2008 e 2100)	38
Tabela 4-6 Ofertas Máxima, Mínima e Média para a Energia Hídrica entre os períodos de 2008 a 2020, 2041 a 2070 e 2071 a 2100 em GWh	42
Tabela 4-7 Divisão de Classes da Oferta de Energia Hídrica (GWh) para o Período de 2008 a 2020 com as suas Respetivas Percentagens.....	42
Tabela 4-8 Divisão de Classes da Oferta de Energia Hídrica (GWh) para o Período Futuro de 2041 a 2070 com as suas Respetivas Percentagens.....	43
Tabela 4-9 Divisão de Classes da Oferta de Energia Hídrica (GWh) para o Período Futuro de 2071 a 2100 com as suas Respetivas Percentagens.....	43
Tabela 4-10 Ofertas Máxima, Mínima e Média para a Energia Eólica entre os períodos de 2008 a 2020, 2041 a 2070 e 2071 a 2100 em GWh	45
Tabela 4-11 Divisão de Classes da Oferta de Energia Eólica (GWh) para o Período de 2008 a 2020 com as suas Respetivas Percentagens.....	46
Tabela 4-12 Divisão de Classes da Oferta de Energia Eólica (GWh) para o Período Futuro de 2041 a 2070 com as suas Respetivas Percentagens.....	46
Tabela 4-13 Divisão de Classes da Oferta de Energia Eólica (GWh) para o Período Futuro de 2071 a 2100 com as suas Respetivas Percentagens.....	47
Tabela 4-14 Ofertas Máxima, Mínima e Média para a Energia Solar entre os períodos de 2008 a 2020, 2041 a 2070 e 2071 a 2100 em GWh	49
Tabela 4-15 Divisão de Classes da Oferta de Energia Solar (GWh) para o Período de 2008 a 2020 com as suas Respetivas Percentagens.....	49

Tabela 4-16 Divisão de Classes da Oferta de Energia Solar (GWh) para o Período Futuro de 2041 a 2070 com as suas Respetivas Percentagens..... 50

Tabela 4-17 Divisão de Classes da Oferta de Energia Solar (GWh) para o Período Futuro de 2071 a 2100 com as suas Respetivas Percentagens..... 50

Lista de Siglas e Acrónimos

DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
E-OBS	Observational Dataset over Europe
FG	Velocidade do Vento
GCMs	Modelos Climáticos Globais
GEE	Gases com Efeito de Estufa
HU	Humidade Relativa
IAM	Modelo de Avaliação Integrada
IEA	Agência Internacional de Energia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
PNEC	Plano Nacional Energia e Clima
PSC	Potência Solar Concentrada
PV	Potência Fotovoltaica
QQ	Radiação
RCP	Representative Concentration Pathways
REN	Redes Energéticas Nacionais
RR	Precipitação
TG	Temperatura Média
TN	Temperatura Mínima
TX	Temperatura Máxima

1. Introdução

Nos últimos anos, as preocupações com a escassez dos recursos naturais, as mudanças climáticas e a necessidade de reduzir a dependência dos combustíveis fósseis têm impulsionado o interesse e a adoção de fontes de energia mais sustentáveis. Nesse contexto, as energias renováveis emergem como uma solução promissora para atender à procura energética global de forma limpa e sustentável [1].

As energias renováveis são aquelas obtidas a partir de fontes naturais inesgotáveis, como a luz solar, o vento, a água, a biomassa e o calor da Terra. Essas fontes de energia são abundantes e não emitem gases com efeito de estufa significativos durante sua geração, tornando-as uma alternativa mais limpa e segura em comparação com os combustíveis fósseis tradicionais.

A energia hidroelétrica é uma das formas mais antigas de geração de eletricidade renovável. Ela aproveita o fluxo de água de rios e represas para acionar turbinas e gerar eletricidade. Embora seja uma fonte de energia limpa e confiável, a construção de grandes barragens pode ter impactos ambientais significativos.

Outra fonte de energia renovável é a energia eólica, gerada a partir do movimento do vento. Turbinas eólicas são utilizadas para capturar a energia cinética do vento e convertê-la em eletricidade. Parques eólicos *onshore* e *offshore* estão sendo construídos em diversas regiões do mundo, aproveitando os ventos constantes e fortes.

A energia solar é uma das principais formas de energia renovável e envolve a conversão da luz solar em eletricidade por meio de painéis solares. Essa tecnologia tem se tornado cada vez mais acessível e eficiente, permitindo sua utilização tanto em larga escala, em centrais solares, quanto em pequena escala, em residências e edifícios comerciais.

Este estudo tem como objeto a avaliação do impacto das alterações climáticas na oferta de energia de origem renovável, relacionando os ciclos de produção hídricos, solares e eólicos com as projeções climáticas para que os responsáveis envolvidos neste contexto consigam projetar o comportamento da matriz energética futura. Para guiar o estudo, será observada a evolução do clima, por meio de imagens de mapas da precipitação média, velocidade média do vento, radiação média e humidade relativa em Portugal continental, bem como

temperatura mínima, média e máxima ao longo dos anos de 2008 até 2020 (referente ao passado) e, para caracterização do horizonte futuro, serão considerados os anos entre 2041 e 2070 e entre 2071 e 2100. Neste ponto, haverá análise e correlação dos dados de energia e climáticos apresentados, seguido da identificação de impactos positivos e/ou negativos associados à previsibilidade de eventos climáticos futuros.

Algumas das motivações para este estudo envolvem o desejo de acrescer esforços em direção a uma vasta gama de oportunidades para promoção de uma economia mais sustentável para a sociedade. Neste âmbito, as fontes renováveis de energia, por serem recursos ilimitados de energia limpa, devem ser sempre equacionados; sendo também uma motivação a oferta de energia renovável em locais remotos que precisam de um maior desenvolvimento. O estímulo em novas ações para extrair o máximo potencial de cada uma das energias renováveis para os próximos anos, garantirá uma maior independência energética dos países que investem e ajudará no combate ao quadro dos efeitos do aquecimento global.

As energias renováveis têm o potencial de desempenhar um papel fundamental na transição para uma matriz energética mais sustentável e de baixo carbono. Além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar os impactos ambientais, essas fontes de energia contribuem para a segurança energética, a criação de empregos e o desenvolvimento económico [2].

A ciência investe em pesquisa para reconhecer os desafios energéticos, estimar os impactos futuros e propor ações necessárias para reverter as carências energéticas advindas da não utilização de energia renovável disponível. Diversas metas climáticas são estudadas, criadas e apresentadas em eventos mundiais sustentáveis como por exemplos os apresentados no Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês) e no órgão da Organização das Nações Unidas (ONU), para que sejam impulsionadas alternativas concretas de transformação energética. Uma das metas é a redução de emissão de carbono na atmosfera até 2030. Desta forma, todos os países interessados atuam em parceria, adotando medidas transformadoras para o planeta.

A crescente aposta nas Energias Renováveis através de Políticas Energéticas, deverá acompanhar-se de uma projeção do impacto das alterações climáticas nestas formas de captação de energia.

Neste contexto, é importante compreender a evolução do clima no passado para que haja uma antecipação de decisões que pudessem mitigar situações não desejadas. Em épocas de seca, por exemplo, a oferta de energia hídrica é duramente afetada, aumentando a vulnerabilidade de garantia de serviços básicos, particularmente em determinadas regiões do mundo.

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), as ondas de calor do verão e as chuvas intensas são agora muito mais frequentes do que foram em meados do século 20, e é possível dizer que estas são consequências do rápido aquecimento global dos últimos 150 anos [3]. Eventos como esses, sobrecarregam o sistema energético, mas análises sobre as tendências desses eventos fornecem as mais relevantes estatísticas para que possa ser realizado um planeamento, fornecendo ainda dados que facilitam políticas personalizadas nos locais onde a população possa ser mais prejudicada.

1.1. Organização do Documento

O documento inicia com uma revisão bibliográfica no capítulo 2, onde serão apresentadas explicações sobre as energias renováveis pelo mundo, dando ainda o enfoque na Europa e em seguida em Portugal Continental. Para além destes tópicos, serão abordados os impactos das alterações climáticas e será dado um enquadramento das energias hídrica, eólica e solar, através de uma pesquisa bibliográfica e da identificação de algumas das suas lacunas. Em seguida, no capítulo 3, serão apresentados os dados da energia e do clima, bem como a metodologia utilizada neste estudo. Posteriormente, no capítulo 4, será feita a apresentação e a discussão de resultados, contendo o tratamento dos dados realizados para o clima e para a energia, uma análise comparativa entre os dados observados e o modelo E-OBS, seguido por uma análise de regressão entre o modelo E-OBS e a oferta de energia, permitindo a projeção de séries futuras para a oferta de energia, subdividindo na oferta por energia hídrica, eólica e solar. O documento finaliza, no capítulo 5, com uma comparação dos resultados com trabalhos de investigação relacionados, apresentando as principais conclusões do estudo e perspetivas de trabalho futuro.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Energias Renováveis pelo Mundo

Constata-se que a população mundial vem caminhando de forma crescente para uma maior integração de energias renováveis. Esta consciência tem papel fundamental para o desenvolvimento de novas soluções e estudos com o intuito de mitigar impactos negativos no ambiente em que vivemos, e que também impactam setores políticos e económicos tão significantes para a sociedade.

A crescente dependência das importações de energia, o aumento das emissões de gases de efeito de estufa (GEE) e os altos e instáveis preços da energia estão entre os principais problemas enfrentados pelo mundo de hoje [4].

Nos últimos anos, vem surgindo uma maior preocupação com o clima e como a existência de incertezas em relação ao futuro da oferta de energia, gera a necessidade de reavaliar os métodos atualmente utilizados. Sabe-se que muitos compromissos internacionais foram firmados para reduzir os efeitos do aquecimento global, o que incentivou bastante os estudos de fontes renováveis de energia, mas ainda existem futuras oportunidades não completamente estudadas e exploradas que certamente permitirão melhores condições e aperfeiçoamento dessas operações de captação.

Juntamente a isso, outros riscos severos à existência humana podem ser manifestados, como surto de doenças, aumento da pobreza e infraestruturas deficientes. Os esforços para inserir as fontes renováveis na matriz energética precisam ser estruturados em uma gestão integrada das ferramentas disponíveis a fim de atingir a capacidade ideal da matriz. Um estudo realizado para investigar os efeitos das mudanças climáticas sobre a hidrologia montanhosa no Peru mostrou que o crescimento da população e o aumento da temperatura alargará o consumo de água per capita por dia, mas com o uso de tecnologias existentes, será capaz de minimizar a lacuna entre o abastecimento de água e a procura nos próximos anos [5].

Isso prova que com as ferramentas disponíveis, pode-se simular os processos do sistema hidrológico, prever cenários e, com isso, traçar estratégias a fim de minimizar impactos negativos no futuro.

Em especial, é difícil também uma aceitação da população em internalizar que ela própria também pode fazer a sua parte, como por exemplo, utilizando painéis solares em casa para

produção de energia solar [6]. Para além do investimento nos grandes parques solares, também há que promover a produção descentralizada para garantir uma geração de energia mais próxima dos pontos de consumo, evitando assim investimentos em grandes infraestruturas e perdas no transporte e na distribuição de eletricidade em longas distâncias.

Este tema é relevante para a sociedade em geral que será beneficiada com maior geração de recursos a serem reutilizados, em especial aos agentes de decisão e empresas que irão trabalhar para que novas ações sejam sempre pensadas e implementadas com intuito de reduzir incertezas e aumentar o reaproveitamento dos recursos naturais.

Para o desenvolvimento social e económico de um país, um pilar importante é o investimento em inovações sustentáveis. Alguns países estão na linha de frente investindo em novos tipos de produção de energia, enquanto outros preferem adequar-se e estimular ações voltadas para processos já existentes. Cada um sabe das capacidades que lhe cabe e o importante é incentivar os estudos sobre as energias renováveis e entender as diferentes necessidades e potencialidades de cada país.

Analisando um pouco a energia eólica, um estudo mostrou [7] em que medida as mudanças climáticas atuais e futuras estão afetando a produtividade eólica na Itália. Mostrou-se que haverá uma grande expansão da energia eólica para as próximas décadas, cerca de 1,5 vezes a capacidade instalada atualmente. A análise destacou que a estação com a máxima produtividade eólica é o inverno, seguido pelo outono e pela primavera. O verão é a estação com menor produtividade eólica. O estudo destaca também que o sinal climático esperado para a produtividade eólica permanecerá pequeno e não estatisticamente significativo no curto prazo.

Quanto à energia solar, no Brasil representa 13,1% de toda a matriz elétrica, sendo a segunda maior fonte do país, ficando atrás apenas da energia hídrica. Nos últimos anos o número de sistemas fotovoltaicos instalados no território brasileiro tem crescido consideravelmente, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste do país. Estima-se que, em 2024, o território brasileiro contará com mais, aproximadamente, 887 mil sistemas de energia solar conectados à rede, estabelecendo uma maior economia em relação às distribuidoras convencionais, além da manutenção e preservação ambiental do País. Atualmente, são 1.890.095 sistemas fotovoltaicos ligados à rede, o que contribuiu para que a produção de energia elétrica fotovoltaica batesse recordes, com uma potência instalada de 20,4 GW [8].

Em relação a energia solar, outro estudo identificou que o sul do Irã, com seu clima árido, tem um alto potencial para a integração da energia solar na Matriz Energética existente. Foram estudados cenários para maximizar a participação da energia solar para o fornecimento de aquecimento, arrefecimento e para fins de conversão em eletricidade, como energia PV (Potência Fotovoltaica) e energia PSC (Potência Solar Concentrada) e, todos os cenários foram capazes de reduzir as emissões de CO₂. No entanto, o cenário baseado em PV teve os menores custos e utilizou 1,9 GW de central para suprir a procura [9].

Quanto à energia hídrica, pode-se exemplificar um estudo que examinou a resposta do potencial hidroelétrico às mudanças climáticas na barragem de Lagdo, localizada na bacia do rio Benue, norte de Camarões. Em Países em desenvolvimento como Camarões, o potencial hidroelétrico é a principal fonte de oferta de energia, possuindo capacidade instalada de 0,72 GW e toda a parte norte dos Camarões é atualmente abastecida com eletricidade de Lagdo. Com base em cenários climáticos, modelos e períodos futuros, o potencial hidroelétrico da barragem de Lagdo poderá diminuir, reduzindo assim a vazão na Bacia do Rio Benue, que constitui o segundo maior rio de Camarões [10].

Em Indiana nos EUA, no ano de 2019 um estudo comprovou que o estado tinha uma alta dependência de combustíveis fósseis, gerando 75% de sua eletricidade a partir do carvão e apenas 5% de sua eletricidade a partir de fontes renováveis. E é notável que o estado enfrenta um futuro de abastecimento de energia onde o carvão provavelmente será substituído por outros combustíveis de baixo custo ou tecnologias renováveis [11]. Tudo indica que os esforços serão direcionados para que seja priorizada uma energia mais limpa e de menor custo.

Entende-se que, baseado nesses diferentes casos, as expectativas em relação ao uso de energias renováveis são diferentes ao redor do mundo como demonstra a Figura 2-1. Cada país tem suas particularidades e seus próprios desafios, mas entender a dinâmica de cada um ajuda a identificar possíveis soluções para os constrangimentos do desenvolvimento de cada plano de inserção de energia renovável no planeta. Enquanto num determinado país é propício um maior investimento em estudos e ações para a energia solar, em outro pode ser mais vantajoso investir na energia hídrica. Essas variações de país para país implicam análises de diferentes cenários sobre a procura de energia, a captação de energia e o entendimento das mudanças climáticas de cada região.

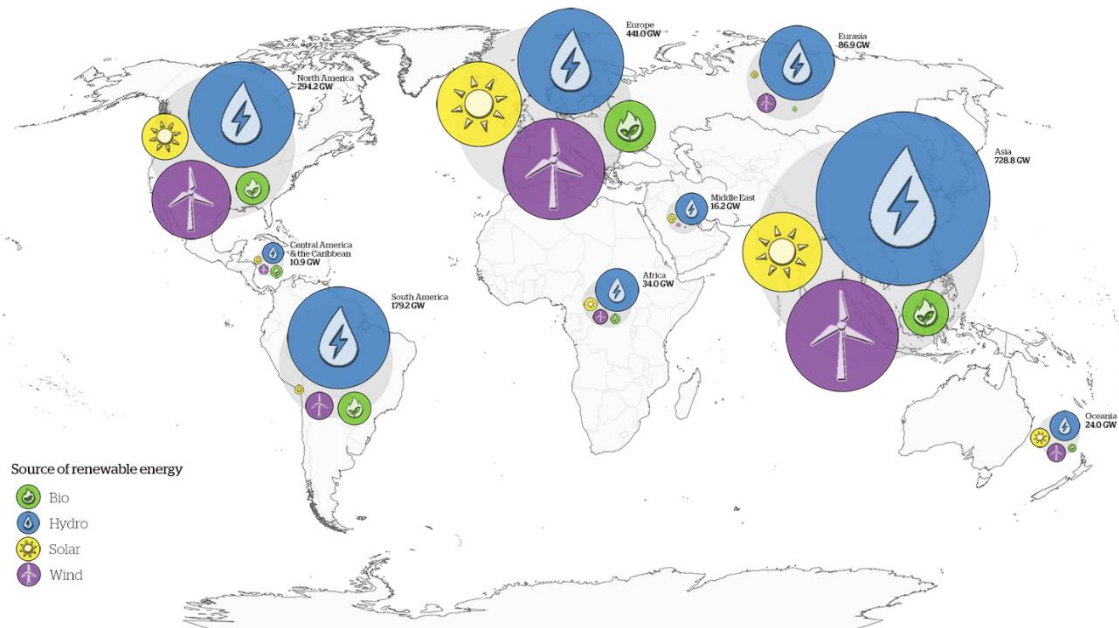


Figura 2-1 Fontes de Energia Renovável pelo mundo - IRENA 2016

2.2. Energias Renováveis na Europa

A União Europeia (UE) fez de uma transição energética ambiciosa, uma prioridade imediata, central para a sua resposta a múltiplas crises emergentes. Em toda a Europa, o custo da dependência de combustíveis fósseis entrou em foco, com atenção em como isso alimentou as vulnerabilidades de segurança e o aumento do custo de vida, bem como desastres sem precedentes decorrentes de condições climáticas extremas. Há amplas evidências de que a Europa deve alcançar um sistema de energia totalmente descarbonizado até meados da década de 2030, para que mantenha ao alcance a meta de 1,5°C como aumento de temperatura média do ar até ao final do século e tendo como base a era pré-industrial [12].

No sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), cientistas de mais de 60 países preocuparam-se em mostrar que nos próximos anos o mundo precisa de reduzir em grande escala as emissões de gases com efeito de estufa (GEE), para poder manter o aquecimento global limitado a 1,5°C (estabelecido no Acordo de Paris) [3]. O desafio é que embora existam avanços, os esforços mundiais ainda estão longe do necessário. Por exemplo, temperaturas extremas, constantes mudanças nos padrões dos ventos, grandes precipitações ou ausência destas, todos esses elementos com alterações bruscas durante os anos acabam por gerar variáveis de previsão indefinidas e nada padronizadas [13].

Aos poucos, a Europa trabalha construindo um novo sistema energético para assegurar a crise do clima, da segurança energética e da acessibilidade dos preços. Esta transformação do setor elétrico acontece de forma gradativa, mas abrangendo todas as tecnologias necessárias para isto, com a energia eólica e solar sendo cruciais para esta transição [14].

Os recursos de energia renovável e a procura de eletricidade são altamente sensíveis às condições climáticas, que estão sujeitas a tendências de longo prazo e flutuações em escalas de tempo que variam de meses a décadas [12]. Por isso, os estudos destas tendências são importantes, o retorno esperado dos investimentos é gradativo e demorado, porém capazes de demonstrar respostas mais concretas ao futuro do uso das energias renováveis. Em 2022, a energia eólica e solar gerou um quinto recorde da eletricidade da UE (22%), ultrapassando pela primeira vez o gás fóssil (20%) e permanecendo acima do carvão (16%) [14].

É indiscutível dizer que os esforços políticos para contornar estas situações e aumentar os investimentos em fontes renováveis são maiores em países mais desenvolvidos, surgindo nestes países distintas formas para equilibrar a oferta e a procura de energia. Soluções tecnológicas económicas e eficientes ainda vêm sendo estudadas para promover um desenvolvimento mais expressivo para uso em escala sistémica.

2.3. Energias Renováveis em Portugal Continental

A procura de energia tem sido uma preocupação constante, impulsionada pelo crescimento económico e pela busca por fontes sustentáveis e renováveis. O país depende de diversas fontes de energia para atender suas necessidades, desde a eletricidade usada em residências e indústrias até os combustíveis utilizados nos transportes. Nesse contexto, é essencial compreender os setores com maior impacto na procura de energia, bem como os desafios enfrentados pela oferta energética [15].

Em Portugal Continental, como pode ser observado na Figura 2-2, os setores mais significativos em termos de procura de energia são os transportes, o setor residencial e o setor industrial. O setor residencial compreende o consumo de eletricidade e gás natural nas habitações, incluindo o aquecimento, a iluminação e os eletrodomésticos. Já o setor industrial engloba uma ampla gama de atividades, envolvendo a procura de eletricidade, de gás natural e de outros combustíveis [16].

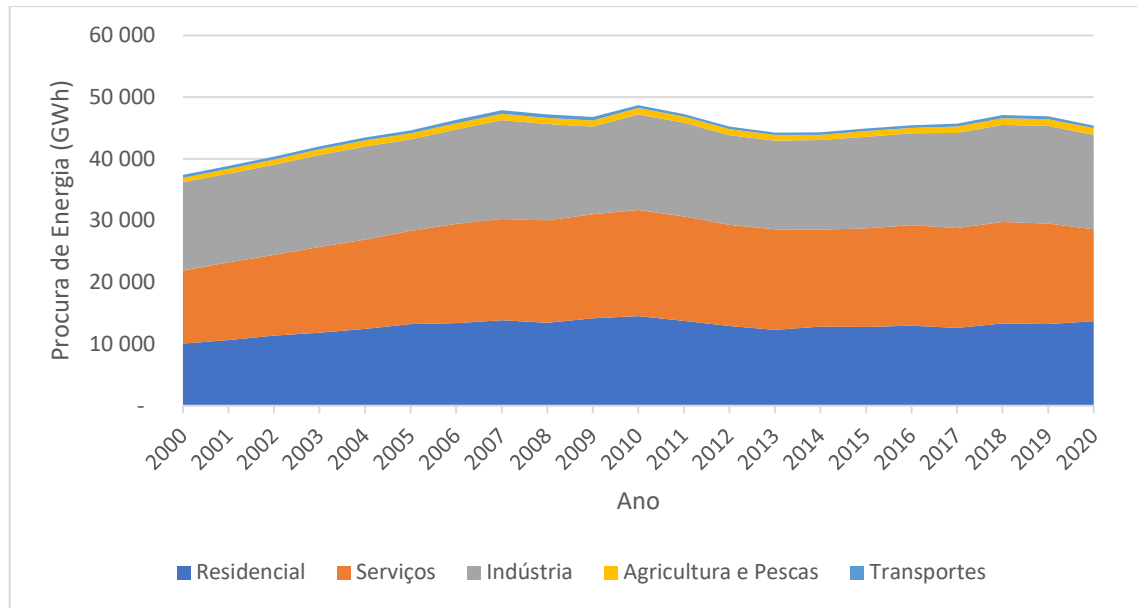


Figura 2-2 Procura de Energia (GWh) por Setor de Atividade em Portugal Continental

A oferta de energia em Portugal Continental enfrenta diversos desafios. Um deles é a dependência de fontes de energia não renováveis, como pode ser observado na Figura 2-3, que contribuem para as emissões de gases de efeito estufa e o aquecimento global. Nesse sentido, a transição para fontes de energia limpas e renováveis, como a energia hídrica, eólica, solar e biomassa, é um desafio crucial para reduzir a pegada de carbono do país.

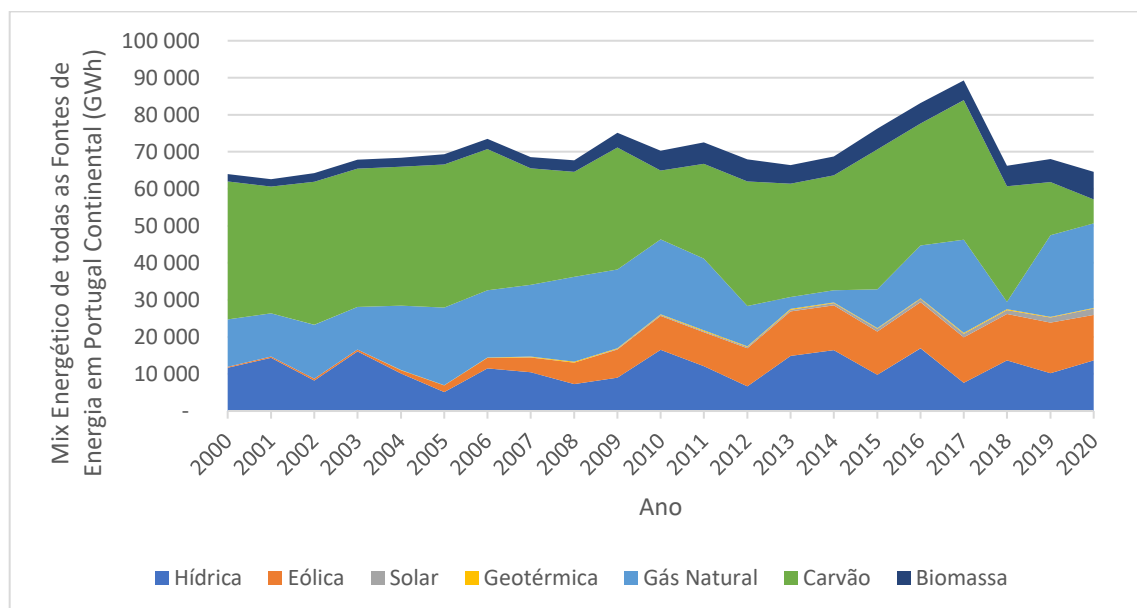


Figura 2-3 Mix energético para produção de eletricidade em Portugal Continental considerando todas as Fontes de Energia (GWh)

Na Figura 2-4, tem-se uma oferta de energia hídrica variável ao longo dos anos, mas baseada numa potência instalada praticamente fixa, já que não se tem verificado novos investimentos nesta área. Porém, a partir do ano de 2004 tem-se um aumento crescente na oferta de energia eólica, resultante de novos investimentos nesta área. E a partir do ano de 2013 tem-se um aumento na oferta de energia solar, o que se justifica também por um maior investimento no setor. Apesar das ofertas de energia serem provenientes de fontes diferentes, existe uma similaridade nos picos e nos vales ao longo dos anos, o que pode estar relacionado às importações e exportações de energia entre Portugal e outros países da UE.

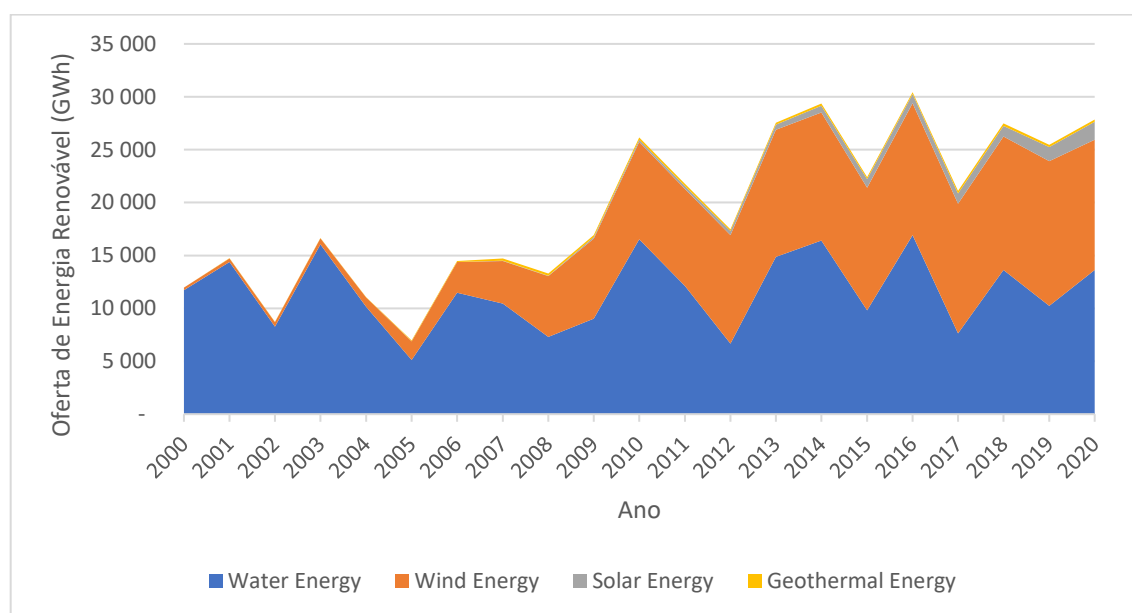


Figura 2-4 Mix energético em Portugal Continental associado às energias renováveis

Outro desafio é a diversificação da matriz energética. Atualmente, Portugal Continental depende em grande parte da importação de energia, o que torna o país suscetível a flutuações nos preços internacionais e a eventuais interrupções no abastecimento, tal como demonstra a Figura 2-5. A promoção da produção interna baseada em energia renovável e o incentivo à eficiência energética são estratégias importantes para aumentar a autonomia energética e reduzir a dependência externa. Tal tendência pode ser observada a partir do ano de 2013, em que Portugal Continental apresenta uma dependência energética para produção de eletricidade bastante reduzida, chegando a valores negativos nos anos de 2016, 2017 e 2018, significando uma maior exportação de energia em comparação com a importação.

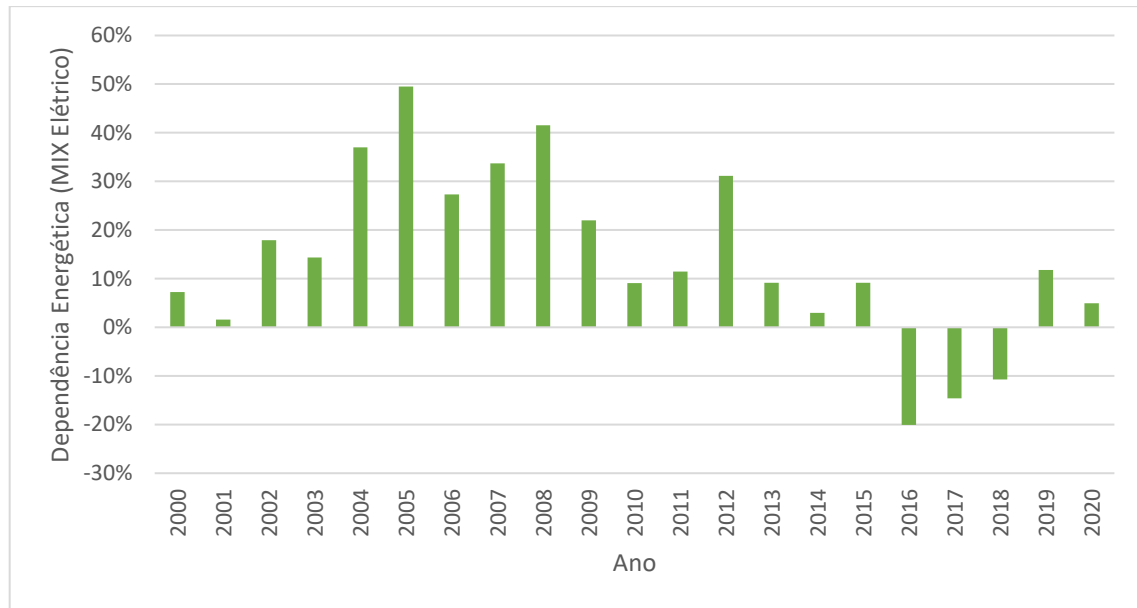


Figura 2-5 Dependência Energética de Portugal Continental referente ao MIX Elétrico

Além disso, a modernização e o desenvolvimento da infraestrutura energética são desafios a serem enfrentados. Isso inclui a melhoria da rede elétrica, o desenvolvimento de sistemas de armazenamento de energia e a implementação de tecnologias inteligentes de gestão energética. Essas medidas visam garantir uma oferta de energia estável, confiável e eficiente, capaz de atender à procura dos diversos setores da economia e da sociedade [4].

Em suma, a procura e a oferta de energia em Portugal Continental abrange uma variedade de setores, sendo os transportes, o setor residencial e o setor industrial os mais relevantes. A transição para fontes de energia renováveis, a diversificação da matriz energética e o desenvolvimento da infraestrutura são desafios fundamentais a serem superados para garantir uma oferta de energia sustentável e segura para o país [17].

Em Portugal, o governo passou a incentivar as energias renováveis a partir de 2006 [18] A Figura 2-4 mostra a oferta do mix energético através de fontes renováveis entre os anos de 2000 a 2020.

Portugal também publicou o Plano Nacional Energia e Clima (PNEC 2030), onde deverão ser inseridas mais de 47% de fontes de energia renováveis na procura total de eletricidade até 2030. Em 2020, Portugal tornou-se o 9º melhor país da UE a consumir eletricidade proveniente de fontes renováveis de energia [19].

2.4. Impactos das Alterações Climáticas

Ao longo dos anos é observada uma mudança no ciclo hídrico que impacta desproporcionalmente a população. Casos de inundações ou secas, quando não conseguem ser previstos, resultam em uma variedade de circunstâncias que prejudicam as necessidades da população [20].

Um estudo das mais importantes bacias de Portugal previu uma redução na geração de energia hidroelétrica entre 17% e 44% para Portugal até 2050. Os autores do estudo esperavam mudanças no mix e aumento na energia solar fotovoltaica (PV), mas isso não seria suficiente para compensar a redução na geração hidroelétrica causada pelas alterações do clima. Foi compreendido que se houver mudanças mais significativas nas operações dos reservatórios mais importantes de Portugal, a geração hidroelétrica pode ser melhorada [21].

Conforme explicado, por ser um país bastante afetado pelas alterações climáticas, Portugal investe muito em energia de baixo carbono, sendo um dos países da Europa que mais utiliza energia renovável. O desenvolvimento de centrais hídricas, por exemplo, vem sendo mais explorado, e o país segue firme no combate às alterações climáticas. Neste ano de 2023, segundo a REN (Redes Energéticas Nacionais), Portugal alcançou um novo máximo na produção hidroelétrica a partir das barragens [22].

Os impactos das mudanças climáticas na geração hidroelétrica são altos, e por isso as projeções hidroelétricas precisam ser apuradas com maior ponderação, considerando o grau de incertezas, já que podem variar bastante, e não são apenas dependentes da precipitação. É importante haver uma otimização das operações dos reservatórios para que seja possível a utilização da água produzida com qualidade para fins diversos, contemplando os diferentes locais e distintas épocas do ano. E, com isso, manter sistemas confiáveis de abastecimento, onde haja uma boa gestão que evite um volume baixo de água nos reservatórios e haja um aumento da capacidade instalada. Esta medida revela-se urgente, pois a procura de energia pode aumentar mais de 25% até 2050 na Europa, onde a disponibilidade de água provavelmente será menor [21].

As mudanças climáticas afetam a oferta e a procura de eletricidade, impactando no sistema económico. A intensificação de fenómenos naturais como inundações, secas, furacões, tempestades, ondas de calor, elevação do nível do mar, derretimento do gelo polar e perda

agrícola podem na ponta da procura causar perturbações, tais como variações no preço da energia, taxa de câmbio, produção de alimentos e demais custos da sociedade em geral [23].

2.5. Enquadramento da Energia Hídrica

A energia hídrica desempenha um papel significativo na matriz energética da Europa, sendo uma fonte de energia renovável amplamente utilizada na região. Com inúmeros rios e lagos, a Europa apresenta um potencial considerável para aproveitar a força da água em centrais hidroelétricas, contribuindo para a sustentabilidade energética e a redução das emissões de carbono.

Segundo dados da Agência Internacional de Energia (IEA), a energia hídrica é a principal fonte de energia renovável na Europa, respondendo por uma parcela significativa da capacidade instalada e da geração elétrica. Países como Noruega, Suíça, Suécia e Áustria possuem uma grande dependência dessa fonte, aproveitando seus rios alpinos e condições geográficas favoráveis [24].

As barragens hidroelétricas podem ser divididas em duas categorias principais: barragens e centrais de fluxo livre. As barragens, como as encontradas no Rio Douro e no Rio Tejo em Portugal Continental, têm a capacidade de armazenar água em reservatórios e liberá-la gradualmente para acionar turbinas e geradores de eletricidade. Já as centrais de fluxo livre, como as localizadas em rios com correntes fortes, capturam a energia cinética da água em movimento para gerar eletricidade.

A energia hídrica oferece diversas vantagens. Além de ser uma fonte de energia renovável, sua capacidade de armazenamento permite regular a oferta de acordo com a procura. Isso contribui para a estabilidade do sistema elétrico e pode complementar outras fontes intermitentes, como a solar e a eólica. Além disso, a energia hídrica não emite gases de efeito estufa durante a geração de energia, o que a torna uma opção ambientalmente amigável [25].

No entanto, a construção de grandes centrais hidroelétricas pode ter impactos ambientais significativos, como a alteração dos ecossistemas fluviais e a remoção de comunidades locais. Essas questões exigem uma abordagem cuidadosa no planeamento e na implementação de projetos hidroelétricos, com medidas mitigatórias e compensatórias para minimizar os impactos negativos.

À medida que a Europa avança em direção a uma economia de baixo carbono e maior sustentabilidade energética, a energia hídrica continuará a desempenhar um papel importante no fornecimento de eletricidade limpa e renovável. Aumentar a eficiência das centrais existentes e explorar novas tecnologias mais sustentáveis são algumas das áreas em que a Europa continua a investir para maximizar o potencial da energia hídrica [26].

2.6. Enquadramento da Energia Eólica

A energia eólica transforma o vento, um recurso inesgotável da natureza, em eletricidade. Para este aproveitamento, é necessário instalar parques eólicos, seja na terra ou no mar, onde aerogeradores posicionados em locais que tenham bastante presença de vento, irão transformar a energia cinética das correntes de ar em energia elétrica. Ou seja, uma energia adquirida de forma eficiente e segura [27].

A energia eólica é a segunda maior fonte de energia renovável do mundo em termos de capacidade, sendo vista como um substituto confiável para os combustíveis fósseis devido à maturidade tecnológica das turbinas eólicas, eficiência de espaço e desempenho operacional comparativamente baixo [19]. A energia do vento, com o menor impacto ambiental possível, baixo custo e inesgotável, torna-se cada vez mais competitiva, ampliando seu espaço para garantir um maior desenvolvimento em sustentabilidade nas áreas em que é instalada.

Com os inúmeros benefícios, o vento revela-se uma interessante fonte de obtenção de energia, o que é possível constatar no crescente número de instalações eólicas, tanto *onshore* quanto *offshore*, na Europa. A gestão deste recurso também envolve instrumentos capazes de entender as tendências, atendendo as necessidades atuais sem comprometer as necessidades das gerações futuras e que serão apresentados nos resultados a seguir.

2.7. Enquadramento da Energia Solar

A energia solar desempenha um papel cada vez mais importante à medida que existe uma busca em diversificar a matriz energética e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Com uma crescente consciência ambiental e a necessidade de mitigar os impactos das mudanças climáticas, muitos países têm investido fortemente em tecnologias solares [4].

A implementação da energia solar tem sido impulsionada por diversos fatores. Em primeiro lugar, os avanços tecnológicos permitiram a diminuição dos custos dos painéis solares, tornando a energia solar mais acessível e competitiva em relação a outras fontes de energia.

Além disso, políticas governamentais favoráveis, como incentivos ao investimento (*feed-in tariffs*) e incentivos financeiros, têm incentivado os investimentos em energia solar [28].

No entanto, alguns desafios persistem como a intermitência da energia solar devido à variação da radiação solar e a necessidade de armazenamento eficiente, que são ainda obstáculos a ser superados. Além disso, questões relacionadas à integração de infraestrutura, conexão à rede elétrica e planeamento urbano requerem atenção para garantir o aproveitamento máximo do potencial solar.

Apesar desses desafios, a energia solar continua a expandir sua presença, impulsionando a transição para uma economia de baixo carbono e promovendo a sustentabilidade energética. Com o compromisso crescente dos governos, avanços tecnológicos contínuos e a consciencialização sobre a importância da energia renovável, a sua implementação está no caminho certo para alcançar uma transformação significativa no setor energético [29].

2.8. Investigação Bibliográfica

O estudo a seguir demonstra uma alternativa para se alcançar a correlação entre os dados do passado com os dados atuais de produção de energia renovável, a fim de se ter uma previsão do futuro em relação as alterações climáticas e a produção de energia renovável.

Realizou-se uma análise dos efeitos das mudanças climáticas no potencial de energia renovável e nos custos de geração. Os dados utilizados foram produzidos por Gernaat et al. e envolveram quatro Modelos Climáticos Globais (GCMs) da base de dados ISIMIP2b [30].

Foram consideradas duas trajetórias de concentração representativa (*Representative Concentration Pathways: RCPs*): RCP6.0 e RCP2.6. O RCP6.0 é considerado um cenário de referência, levando a um aumento de temperatura entre 2,5 °C e 4,5 °C até 2100. Já o RCP2.6 tem como objetivo manter o aquecimento global abaixo de 2 °C até 2100, de acordo com as metas do Acordo de Paris [31].

O estudo construiu mapas de potencial de energia renovável para tecnologias como energia solar fotovoltaica em escala comercial e residencial, energia solar concentrada, energia eólica *offshore* e *onshore*, energia hidroelétrica e potencial de bioenergia de primeira e segunda geração.

Utilizando os dados climáticos do ISIMIP2b, foi possível determinar o impacto das mudanças climáticas nesses potenciais de energia renovável numa escala com resolução

geográfica de $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$. Além disso, foram aplicadas restrições geográficas e técnicas, excluindo áreas de reservas naturais e florestas [31].

Para o cálculo dos potenciais solares, foram utilizados dados de radiação solar, temperatura do ar e velocidade do vento. Já o potencial hidroelétrico dependeu de dados de escoamento, enquanto os potenciais de bioenergia foram baseados em rendimentos de culturas como açúcar, milho e Lignocelulose, considerando a fertilização por CO_2 [31].

Além dos potenciais de energia renovável, o estudo também avaliou os custos de geração, levando em conta taxas de juros, custos de capital e taxas de aprendizagem. Os custos de geração foram calculados para diferentes períodos, incluindo o período histórico de 1970 a 2000, bem como projeções para 2031 a 2070 e para 2071 a 2100 [31].

Ao combinar os mapas de potencial técnico e económico, foram obtidas curvas de custo-fornecimento que refletem os custos de geração de uma unidade em função da energia consumida. Essas curvas foram usadas para calcular os impactos das mudanças climáticas no uso futuro de energia primária por meio de modelos como IMAGE e GCAM.

O estudo reconhece que a comparação dos resultados não é direta, uma vez que os impactos climáticos dependem das interações entre o potencial de energia e os custos, bem como de impactos indiretos resultantes de mudanças nos níveis de fornecimento de diferentes fontes de energia [31].

O Modelo de Avaliação Integrada (IAM) foi utilizado para simular diferentes cenários, considerando políticas climáticas específicas para cada trajetória de concentração representativa. Os resultados dos modelos IAM foram agregados em dez macrorregiões para fins de comparação [31].

A Figura 2-6 demonstra a mudança percentual entre os potenciais técnicos renováveis impactados pelo clima. Os *General Circulation Models* (GCMs) da esquerda para a direita são: GFDL-ESM2M, HADGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR e MIROC5. Os tons azuis representam um aumento na energia potencial e os tons vermelhos uma diminuição [31].

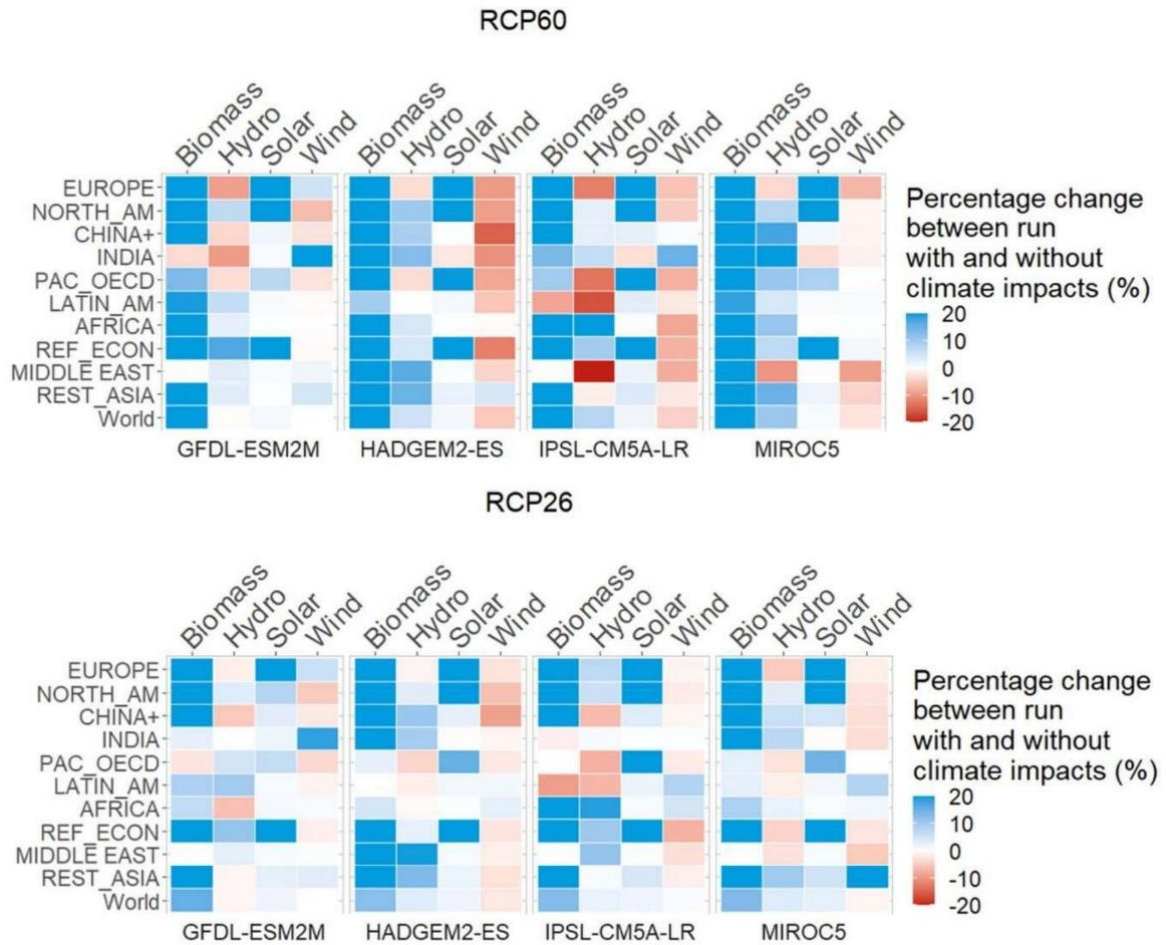


Figura 2-6 Alteração percentual entre os potenciais renováveis técnicos impactados pelo clima para o período 2070-2100 e a situação histórica (1971-2000) no cenário RCP6.0 (linha superior) e RCP2.6 (linha inferior) para os quatro GCM ISIMIP2b. Os GCMs da esquerda para a direita são: GFDL-ESM2M, HADGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR e MIROC5. Os tons azuis representam um aumento na energia potencial e os tons vermelhos uma diminuição [31].

Através deste estudo é possível concluir que na Europa, e para o cenário RCP 6.0 em comparação com o impacto ou sem o impacto das alterações climáticas, tem-se para a Energia Hídrica uma redução de até 10% na oferta no modelo climático GFDL-ESM2M, até 5% na oferta no modelo climático HADGEM2-ES, em torno de 15% na oferta no modelo climático IPSL-CM5A-LR e até 5% na oferta no modelo climático MIROC5. Para a Energia Solar tem-se um aumento até 20% para todos os modelos climáticos. E para a Energia Eólica, o pior caso seria uma redução de mais de 10% para o modelo climático HADGEM2-ES.

2.9.Lacunas na Investigação Bibliográfica

- **Impacto das Alterações Climáticas no Setor de Energia Renovável:** A investigação atual não está dando a devida atenção ao impacto das mudanças climáticas no setor de energia renovável. É fundamental entender como as mudanças nas condições climáticas, como aumento das temperaturas, velocidade dos ventos, incidência de radiação, eventos climáticos extremos e mudanças nos padrões de precipitação, afetam a oferta de energia a partir de fontes renováveis. Isso permitirá que os responsáveis pelo setor ajustem suas estratégias.
- **Lado da Oferta de Energia:** As mudanças climáticas podem influenciar a oferta de energia de várias maneiras, como o aumento da temperatura em painéis solares que a partir de 25°C tem sua eficiência reduzida, bem como a diminuição da precipitação que influencia diretamente a oferta de energia hídrica. É de extrema importância o estudo deste lado da oferta em relação ao efeito das alterações climáticas.

O objetivo deste estudo é analisar como as mudanças climáticas afetam a indústria de energia renovável, abordando a oferta de energia. Para tal, procura estabelecer-se uma ligação entre os padrões de oferta de energia a partir de fontes hídrica, solar e eólica e as projeções climáticas. O propósito é fornecer informações úteis aos agentes de decisão envolvidos neste setor, permitindo que compreendam como a matriz energética evoluirá no futuro e desenvolvam estratégias para otimizar o uso de recursos renováveis nos próximos anos. O estudo demonstrará a aplicação dessa metodologia específica no contexto da energia hídrica, eólica e solar em Portugal Continental.

3. Dados e Metodologia

A aplicação dos dados e da metodologia será apresentada para a energia hídrica, eólica e solar em Portugal Continental.

3.1. Dados

Os dados para o estudo estão divididos em duas dimensões: a energia, no que diz respeito a oferta e procura de energia em Portugal Continental, e climática, que diz respeito às variáveis Precipitação, Velocidade do Vento e Radiação que se relacionam com a oferta de energia.

3.1.1. Dados da Energia

Este estudo utilizou diversas fontes de informação com o objetivo de compilar o maior número possível de dados da oferta e da procura de energia em Portugal Continental, bem como os seus respetivos setores, potência instalada e número de consumidores.

A busca pelos dados iniciou com a base da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), onde foi possível obter os valores de oferta de energia entre os anos de 2000 a 2020 (escala temporal anual) para cada fonte de energia, bem como as importações e exportações (elétrico e global), procura de energia primária (elétrico e global), transporte marítimo e aviação internacional. Com estes valores (em MWh) foi possível calcular a Dependência Energética Global, utilizando a seguinte equação:

Equação 1

Dependência Energética Global

$$= \frac{\text{Importações (global)} - \text{Exportações (global)}}{\text{Consumo de Energia Primária (global)} + \text{Transporte Marítimo} + \text{Aviação Internacional}}$$

Para além deste cálculo, foi possível também determinar a dependência energética correspondente apenas ao mix elétrico utilizando a seguinte equação:

Equação 2

$$\text{Dependência Energética (mix elétrico)} = \frac{\text{Importações (elétrico)} - \text{Exportações (elétrico)}}{\text{Consumo de Energia Primária (elétrico)}}$$

Tais dados podem ser observados na Tabela 3-1 que fornece uma visão abrangente do setor de energia elétrica ao longo de duas décadas. Destacam-se algumas tendências significativas:

- **Oferta de Energia:** Entre a oferta associada a fontes de energia renovável, a energia hídrica é a mais dominante, com flutuações anuais, atingindo seu pico em 2010 e 2016. A energia eólica e solar também crescem constantemente, com a energia eólica superando a solar em termos de oferta. A energia geotérmica mantém uma oferta relativamente estável.
- **Importações e Exportações:** O país importa eletricidade em quantidades variáveis, atingindo seu pico em 2017. As exportações, embora em menor escala, também flutuam ao longo dos anos, com um pico em 2014. Isso sugere uma certa interdependência energética com nações vizinhas.
- **Dependência Energética:** A dependência energética global varia, atingindo seu ponto mais baixo em 2020. No setor elétrico, a dependência também flutua, com destaque para uma redução significativa em 2016, com 20% negativos, possivelmente relacionado a uma maior oferta interna de energia elétrica.

Na Tabela 3-1 é possível observar diversos dados, dentre eles tem-se a oferta de energia para as quatro energias renováveis, sendo elas a Hídrica, a Eólica, a Solar e a Geotérmica. Tem-se valores como 11 715 GWh para a Energia Hídrica, com apenas 238 GWh para Energia Eólica e 10 GWh para a Energia Geotérmica, o que significa uma predominância da Energia Hídrica entre as Renováveis para o ano de 2000. Os dados da Energia Solar por sua vez não eram contabilizados ou até mesmo não existiam por falta de estrutura até ao ano de 2004 e, a partir de 2005, já se encontram dados não nulos para a Energia Solar. Encontram-se também os dados de oferta de energia não renovável que contabiliza a sua produção através do Gás Natural com 12 737 GWh, do Carvão com 37 280 GWh e da Biomassa com 2 026 GWh, o que representa uma predominância da oferta de energia por parte do carvão em 2000. Para além da oferta nacional, é possível observar os dados de Importação e Exportação de e para outros países da União Europeia tanto para o mix elétrico quanto para o mix global que envolve não só a oferta de energia, mas também os Transportes Marítimos Internacional e a Aviação Internacional, com valores entre 21 114 GWh para a Exportação Global e 28 1986 GWh para a Importação Global, expressando assim a alta necessidade de importação de energia por parte de Portugal Continental em 2000. Já o Consumo de Energia Primária Eléctrico e Global diz respeito a fonte de energia que ainda não sofreu qualquer tipo de transformação, ou seja, é a energia utilizada como matéria-prima para a produção de outros tipos de energia, onde o consumo Global é superior em 22 vezes ao consumo Eléctrico para o ano de 2000.

Tabela 3-1 Tabela da Oferta de Energia em Portugal Continental ao longo dos anos 2000 a 2008 e 2018 a 2020

[GWh]	2000	2001	2002		2018	2019	2020
Hídrica	11 715	14 375	8 257		13 628	10 243	13 633
Eólica	238	347	442		12 617	13 667	12 299
Solar	-	-	-		1 006	1 342	1 716
Geotérmica	10	14	18		230	215	217
- Gás Natural	12 737	11 601	14 577		2 025	21 995	22 823
- Carvão	37 280	34 278	38 644		31 215	14 394	6 466
- Biomassa	2 026	2 030	2 298		5 513	6 229	7 441
Importações (elétrico)	4 698	3 741	5 329		5 668	8 099	7 553
Exportações (elétrico)	3 767	3 502	3 430		8 325	4 700	6 097
Consumo de Energia Primária (elétrico)	12 894	14 975	10 616		24 824	28 866	29 320
Importações (global)	281 986	277 842	285 698	•••	293 693	282 181	240 817
Exportações (global)	21 114	19 813	27 827		76 199	67 632	72 553
Consumo de Energia Primária (global)	294 473	293 540	306 211		261 346	261 276	241 755
Transportes Marítimos Internacionais	5 861	4 083	4 385		9 386	11 058	7 948
Aviação Internacional	3 829	3 864	3 548		15 858	16 955	6 082
Dependência Energética (MIX ENERGÉTICO GLOBAL)	86%	86%	82%		76%	74%	66%
Dependência Energética (MIX ELÉTRICO)	7%	2%	18%		-11%	12%	5%

A Tabela 3-1 com todos os anos encontra-se no [ANEXO A](#) deste documento.

Esses dados sugerem um movimento em direção a fontes de energia mais limpas, com um crescimento de 133% na comparação entre 2000 e 2020, e uma redução de 2% na dependência externa de energia elétrica entre 2000 e 2020, embora ainda haja uma presença substancial de fontes de energia não renováveis representando 57% da oferta. Houve uma diminuição desta oferta de 29% entre 2000 e 2020. Em relação a dependência do mix energético global, denota-se uma redução de 20% entre 2000 e 2020, o que pode representar uma melhoria da situação energética de Portugal Continental.

Desta mesma base de informações da DGEG foi possível adquirir a desagregação da procura de energia elétrica por setor de atividade em Portugal Continental entre os anos de 2000 a 2020 (escala temporal anual) para cada setor, como o Residencial, Serviços, Indústria e Agricultura e Pesca.

A procura aumenta gradualmente em torno de 17% ao longo dos anos em todos os setores, com destaque para o setor de Serviços, que apresenta o maior crescimento, enquanto a Indústria também mostra um aumento notável. O setor da Agricultura e Pescas tem a menor procura, mas também aumenta ao longo do período. Os dados oferecem uma visão das tendências de procura de energia em diferentes setores ao longo das duas últimas décadas.

Tabela 3-2 Tabela de Procura de Energia Elétrica por Setor de Atividade em Portugal Continental entre os anos 2000 a 2008 e 2018 a 2020

Setor [MWh]	2000	2001	2002		2018	2019	2020
Residencial	10 056 100	10 624 534	11 381 969		13 351 291	13 223 360	13 701 802
Serviços	11 865 000	12 623 718	13 065 944	•••	16 454 035	16 306 965	14 894 186
Indústria	14 294 162	14 360 211	14 598 425		15 689 047	15 820 140	15 289 779
Agricultura e Pescas	715 100	779 730	847 349		1 109 291	1 091 326	1 070 209

A Tabela 3-2 com todos os anos encontra-se no [ANEXO B](#) deste documento.

Os dados acima apresentados não levam em conta a potência instalada. Por esse motivo, houve a necessidade de proceder a uma normalização devido uma evolução muito brusca da integração de geração de origem renovável e, para que não houvesse a interferência do crescimento da potência instalada na Oferta de energia elétrica, adotou-se a normalização baseada na Equação 3:

$$\text{Equação 3} \quad \text{Fator de Utilização} = \frac{\text{Produção de Energia}}{\text{Máxima Produção permitida com a Potência Instalada}}$$

A Potência Instalada utilizada foi retirada da base de dados da DGEG entre os anos de 2008 e 2020, como é possível conferir na Tabela 3-3. Destaca-se a capacidade de fontes renováveis, como hidroelétrica, eólica, fotovoltaica, biomassa, geotérmica e ondas, em contraste com fontes não renováveis, como carvão e gás natural. Ao longo do período, houve um aumento constante na potência renovável e uma diminuição gradual na potência não renovável, refletindo uma mudança na matriz energética do país em direção a fontes mais sustentáveis.

Nesta mesma tabela têm-se dados da potência instalada de energias não renováveis como o carvão, que em 2008 tinha cerca de 1871 MW instalados, o que se manteve igual até ao ano de 2020, ou seja, não se verificou qualquer investimento em novas instalações durante este período. Já o gás natural em 2008 tinha cerca de 2854 MW e 475 MW de cogeração, tendo

tido um aumento até 2020 para 5021 MW e 965 MW, respetivamente, significando um investimento nesta área. Para a categoria Outros, que inclui fuelóleo, gás de refinaria, gásóleo, resíduos industriais e propano, denota-se uma queda entre 2008 e 2020, reduzindo de 3293 MW e 659 MW de cogeração, para 959 MW e 234 MW de cogeração.

No que respeita aos dados das energias renováveis, é possível verificar dados da potência hídrica instalada, que está subdividida em duas categorias, uma com instalações de capacidade de bombagem inferiores a 10 MW e outra com instalações de capacidade de bombagem iguais ou superiores a 10 MW. A potência instalada hídrica obteve um aumento significativo para quase o dobro entre 2008 e 2020, indo de 4857 MW para 7129 MW. A potência instalada associada às energias eólica, solar, biomassa e geotérmica também tiveram um aumento entre 2008 e 2020 de respetivamente 2272 MW, 1014 MW, 334 MW, e 5 MW, o que demonstra um maior investimento nesta área.

Tabela 3-3 Tabela da Potência Instalada nas Centrais Produtoras de Energia Elétrica para os anos 2000 a 2008 e 2018 a 2020

Unidade: MW	2008	2009	2010		2018	2019	2020
Total	16 477	18 109	19 631		*21 824	*22 264	22 455
* Não Renovável	8 018	9 005	9 948		7 830	7 859	7 851
Carvão	1 871	1 871	1 871		1 871	1 871	1 871
Gás natural	2 854	3 804	4 714		4 991	*5 023	5 021
<i>Cogeração</i>	478	640	700		935	966	965
Outros ⁽¹⁾	3 293	3 330	3 363		*968	*965	959
<i>Cogeração</i>	659	625	580		234	234	234
* Renovável	8 459	9 104	9 683		13 994	*14 405	14 605
Hídrica	4 857	4 882	4 896		7 098	7 129	7 129
Hídrica < 10 MW	324	349	363	■ ■ ■	394	395	395
Hídrica >= 10 MW	4 533	4 533	4 533		6 704	6 734	6 734
<i>da qual em bombagem</i>	1 040	1 040	1 040		2 737	2 737	2 737
Eólica	3 058	3 564	3 914		5 379	*5 459	5 502
Fotovoltaica	62	110	134		673	*907	1 076
Biomassa ⁽²⁾	437	495	679		718	782	771
<i>Cogeração</i>	323	323	476		484	467	456
Biogás	16	24	31		92	94	93
<i>Cogeração</i>	3	6	6		8	*9	9
Geotermia	29	29	29		34	34	34
Ondas	0	0	0		0	0	0

A Tabela 3-3 com todos os anos se encontra no [ANEXO C](#) deste documento.

Com a normalização dos dados foi possível obter as tabelas de Oferta e Procura de Energia atualizadas, levando em consideração a potência instalada em Portugal Continental. Tem-se na Tabela 3-4 os valores para cada fonte de energia como Hídrica, Eólica, Solar e Geotérmica para as energia renováveis; de Gás Natural, Carvão e Biomassa para as energias não renováveis; e bem como a Procura por Setor que leva em consideração o número de consumidores residenciais, de serviço, da indústria e do setor de Agricultura e Pesca.

Verifica-se que após a normalização são obtidos valores mais coerentes quando comparados com a Tabela 3-1, onde para as energias renováveis existia uma predominância da fonte de energia hídrica em 2008 com 7296 GWh de oferta. Porém, com a normalização, a fonte de energia hídrica representa apenas 17% de sua capacidade total, contra 21% da capacidade total de oferta da energia eólica que representa 5757 GWh para o mesmo período.

O que também pode ser observado é a presença de valores superiores a 1, como é o caso do Carvão e da Biomassa para diversos anos, devendo-se à importação de energia proveniente de outros países que utilizam como fonte de oferta o Carvão e a Biomassa. Ou seja, para além da produção nacional em Portugal Continental, também deve ser levado em consideração as importações e exportações de energia a nível global e apenas a componente de energia elétrica e.

Tabela 3-4 Tabelas de Oferta e Procura de Energia Normalizadas em Portugal Continental de 2008 a 2020

Oferta de Energia (fator)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Hídrica	0,17	0,21	0,39	0,26	0,14	0,31	0,34	0,19	0,28	0,12	0,22	0,16	0,22
Eólica	0,21	0,24	0,27	0,24	0,26	0,29	0,28	0,26	0,27	0,26	0,27	0,29	0,25
Solar	0,07	0,17	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,20	0,19	0,19	0,17	0,17	0,18
Geotérmica	0,75	0,72	0,78	0,83	0,57	0,77	0,81	0,80	0,67	0,73	0,77	0,72	0,73
- Gás Natural	0,91	0,64	0,49	0,47	0,25	0,07	0,07	0,24	0,33	0,58	0,05	0,50	0,52
- Carvão	1,73	2,01	1,13	1,56	2,05	1,87	1,89	2,30	2,00	2,30	1,90	0,88	0,39
- Biomassa	0,80	0,92	0,89	1,00	1,05	0,87	0,94	1,00	0,95	0,93	0,88	0,91	1,10
Procura por Setor (fator)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Residencial	2,62	2,74	2,78	2,64	2,50	2,39	2,52	2,48	2,42	2,34	2,47	2,42	2,50
Serviços	24,15	25,16	25,38	24,09	21,94	20,92	17,53	18,36	24,78	23,81	23,89	23,25	21,43
Indústria	133,67	142,42	166,94	160,47	164,76	222,69	291,20	300,25	155,97	166,86	167,77	166,26	160,21
Agricultura e Pescas	6,22	6,31	6,77	6,56	8,23	8,58	10,26	13,46	14,66	17,53	19,17	19,62	19,65

Estes dados da Energia serão utilizados para obter os modelos que permitam projetar dados do Clima futuro a oferta de energia de cada fonte renovável em estudo.

3.1.2. Dados do Clima

Os dados climáticos foram obtidos de diversas fontes, tais como: Portal do Clima (<http://portaldoclima.pt/>), PORDATA Estatísticas sobre Portugal e Europa (<https://www.pordata.pt>), Copernicus (<https://www.copernicus.eu/en>) e Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA - <https://www.ipma.pt/>). As variáveis consideradas para este estudo foram: a temperatura mínima (TN), temperatura média (TG), temperatura máxima (TX), precipitação (RR), velocidade do vento (FG), radiação (QQ) e humidade relativa (HU). Consideraram-se as séries mensais entre os anos de 2000 a 2020 para os valores Observados e E-OBS, e de 2011 até 2100 para os modelos RCP 4.5 e RCP 8.5.

A obtenção dos dados Observados foi possível através da base de informações do IPMA, onde é possível aceder as séries longas mensais das Temperaturas Mínima, Média e Máxima, como também da Precipitação de Portugal Continental para os anos de 1930 a 2020. Estes dados foram coletados por meio de cerca de 50 estações meteorológicas espalhadas pelo território português, ou seja, apenas para alguns locais. A tabela com os dados completos encontra-se nos [ANEXOS D e E](#) deste documento.

Para os dados E-OBS (Conjunto de dados em grade baseado do European Climate Assessment and Dataset - ECA&D), que representam também dados observados, porém resultam de uma análise de todas as observações à superfície terrestre, foi necessária a utilização de ferramentas de programação na extração e manipulação dos valores. Estes dados foram obtidos a partir do Copernicus (<https://www.copernicus.eu/en>) em escala temporal diária entre os anos de 1950 até 2020 para Portugal Continental, utilizando a resolução horizontal de 0,25°. Foi realizado um pré-tratamento dos dados, transformando-os em séries mensais. As tabelas com os dados completos encontram-se nos [ANEXOS F, G, H e I](#) deste documento.

As séries climáticas para os períodos futuros para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 foram obtidas da base de dados do Portal do Clima (<http://portaldoclima.pt/>) com escala temporal mensal para Portugal Continental entre os anos de 2011 a 2100. Os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5 referem-se a dois cenários de emissões de gases de efeito estufa utilizados em pesquisas científicas para avaliar o impacto das mudanças climáticas nos vários sectores. Esses cenários fazem parte do conjunto de RCPs, que foram desenvolvidos pelo Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC) para fornecer diferentes trajetórias de emissões de gases de efeito estufa e concentrações atmosféricas projetadas ao longo do

século XXI. O cenário RCP 4.5 representa uma trajetória moderada de emissões de gases de efeito estufa, enquanto o cenário RCP 8.5 representa uma trajetória de emissões muito alta e é frequentemente chamado de "cenário de alto aquecimento" ou "pior caso".

Considerando o Ensemble de Modelos Globais e de Modelos Regionais foram obtidas as séries para as seguintes variáveis:

- Temperatura Mínima (TN);
- Temperatura Média (TG);
- Temperatura Máxima (TX);
- Precipitação Média Acumulada (RR);
- Intensidade do Vento Média a 10 m (FG);
- Radiação Relativa Média (QQ);
- Humidade Relativa Média (HU).

Com estes dados já é possível observar um aumento das temperaturas mínima, média e máxima ao longo dos anos de 2011 até 2100 para o pior cenário RCP 8.5. A Figura 3-1 demonstra esta variação. Nota-se também um aumento mais significativo das temperaturas após o ano de 2035.

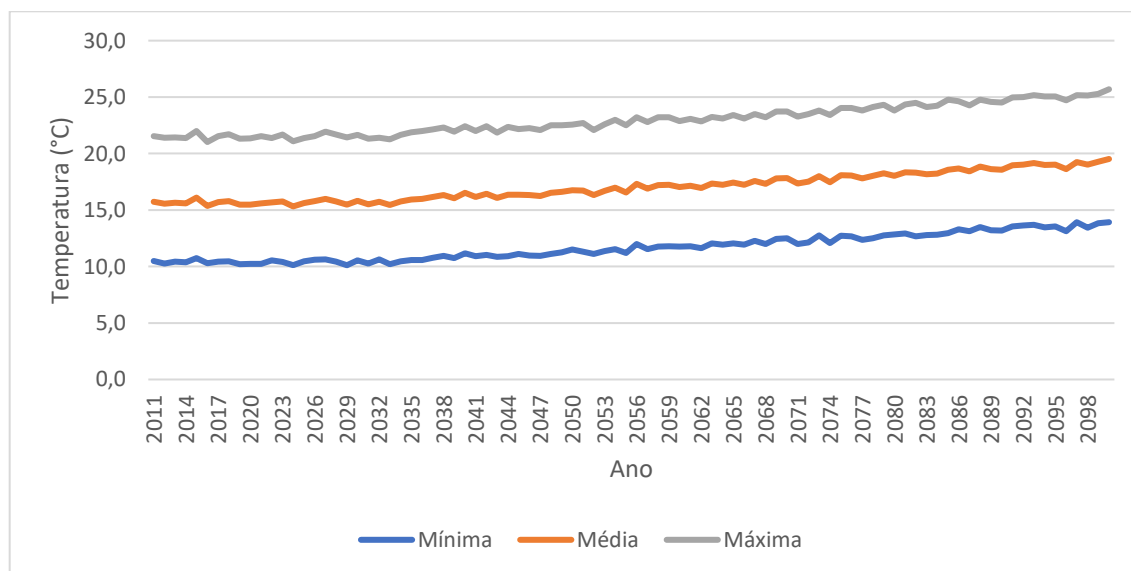


Figura 3-1 Gráfico de Temperaturas ao longo dos anos de 2011 a 2100 para o Cenário RCP 8.5

Na Figura 3-2 tem-se a variação da precipitação ao longo dos anos de 2011 até 2100, para ambos os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, com suas repetitivas linhas de tendência. Observa-se uma redução da precipitação com o passar dos anos para ambos os cenários.

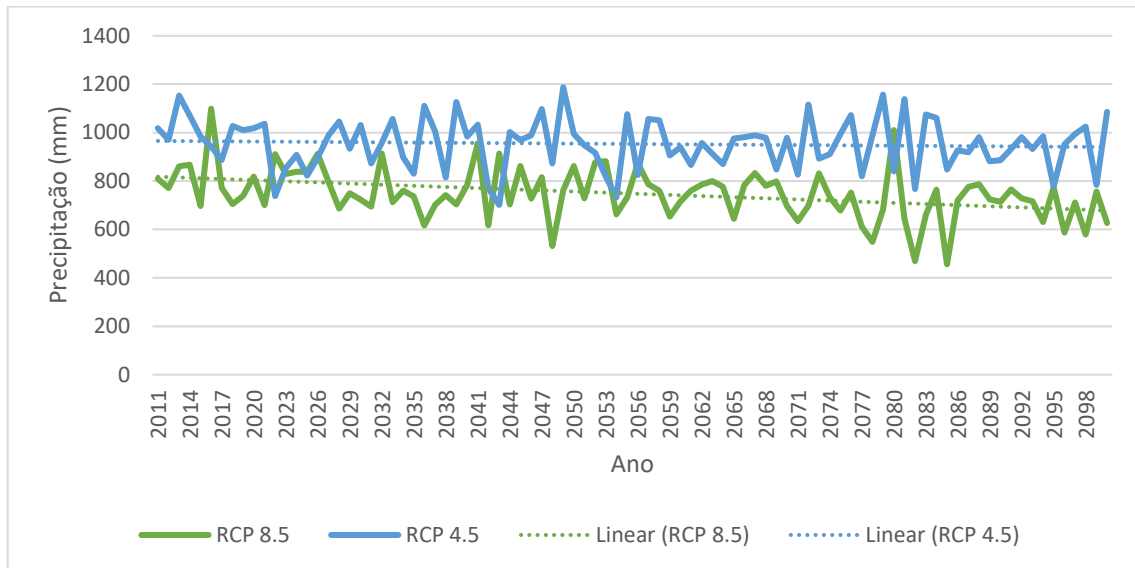


Figura 3-2 Gráfico da Precipitação ao longo dos anos de 2011 a 2100 para os Cenários RCP 4.5 e RCP 8.5

Com a Figura 3-3 pode ser verificado uma constância da velocidade do vento ao longo dos anos de 2011 até 2100 para ambos os cenários RCP 4.8 e RCP 8.5 com suas respectivas linhas de tendência. Nota-se uma diferença de cerca de 1 m/s entre os dois cenários.

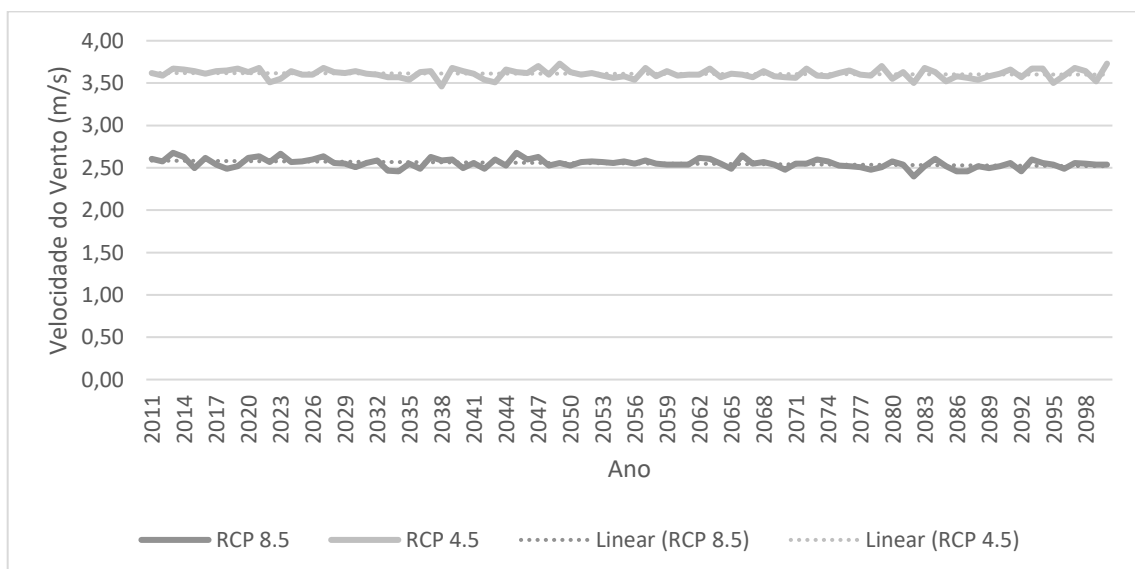


Figura 3-3 Gráfico da Velocidade do Vento ao longo dos anos de 2011 a 2100 para os Cenários RCP 4.5 e RCP 8.5

Já para a Figura 3-4 é possível observar um leve crescimento da radiação solar ao longo dos anos de 2011 até 2100, para ambos os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, com suas respectivas linhas de tendência. Tem-se uma diferença de cerca de 20 W/m² entre os dois cenários.

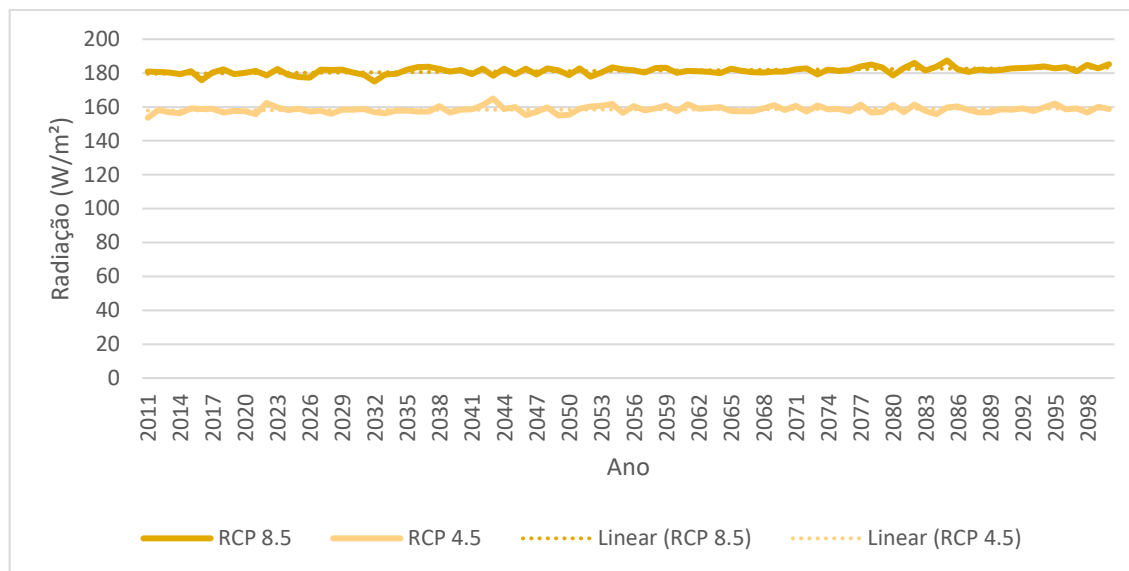


Figura 3-4 Gráfico da Radiação ao longo dos anos de 2011 a 2100 para os Cenários RCP 4.5 e RCP 8.5

Após o download dos dados, foi realizada uma análise entre os dois cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, onde foi possível definir que a diferença entre os dois era relativamente baixa quando comparado com a base de dados completa do estudo, tendo-se então optado por utilizar apenas o cenário RCP 8.5. As séries obtidas foram sujeitas a uma correção do desvio com os dados do E-OBS. A correção de desvio foi obtida pela seguinte equação:

Equação 4

$$RCP\ 8.5\ Corrigido = RCP\ 8.5 + (Média\ EOBS - Média\ RCP\ 8.5)$$

Onde “RCP 8.5 Corrigido” representa os valores que serão corrigidos do cenário RCP 8.5 respetivo de cada variável acima citada. O “RCP 8.5” é o valor do cenário previsto para cada variável. A “Média EOBS” é a média de valores para o Conjunto de dados em grade baseado do European Climate Assessment and Dataset para cada variável entre os anos 2008 e 2020 e a “Média RCP 8.5” é a média do cenário de cada variável para os anos de 2008 a 2020.

As Figuras seguintes demonstram a dispersão das variáveis da Precipitação, Velocidade do Vento, Radiação e Temperatura Média, para o pior cenário RCP 8.5, em todo o território de Portugal Continental e entre os anos de 2071 até 2100. É possível observar que existe uma

dispersão não uniforme ao longo de todo o país para todas as variáveis, o que poderá causar um certo impacto no estudo, já que foi necessário agregar todos os dados em uma única série que é a média para todo o território nacional. Ou seja, diferenças entre as regiões do norte e do sul do país foram associadas a um único valor médio. Para permitir uma maior precisão, o estudo devia ter acesso aos dados por regiões específicas, garantindo uma análise a um nível regional.

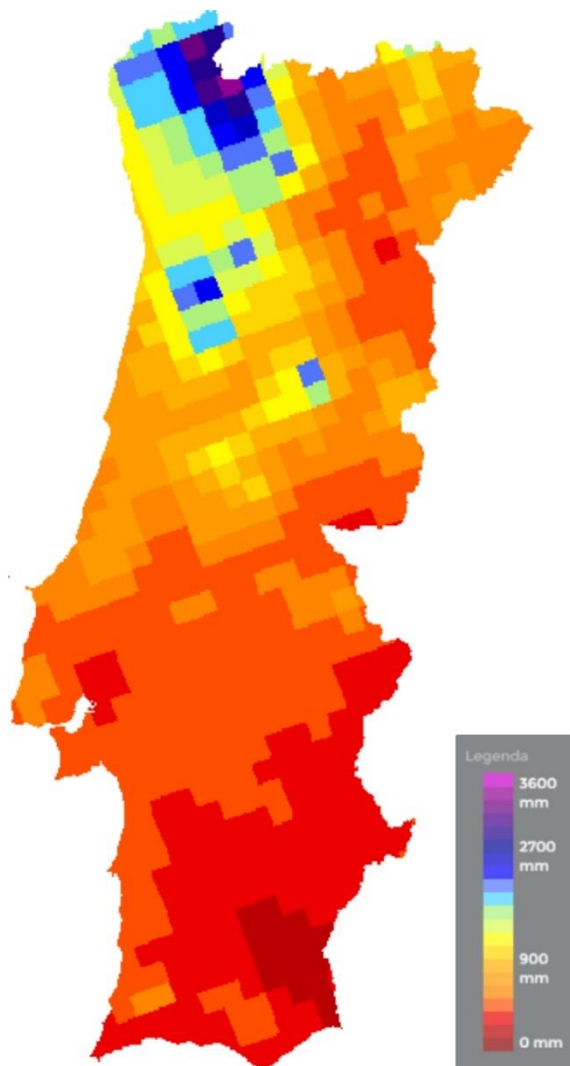


Figura 3-5 Mapa da Precipitação Média Anual de Portugal Continental para o cenário RCP8.5 no período 2071 até 2100. Fonte: Portal do Clima <http://portaldoclima.pt/>

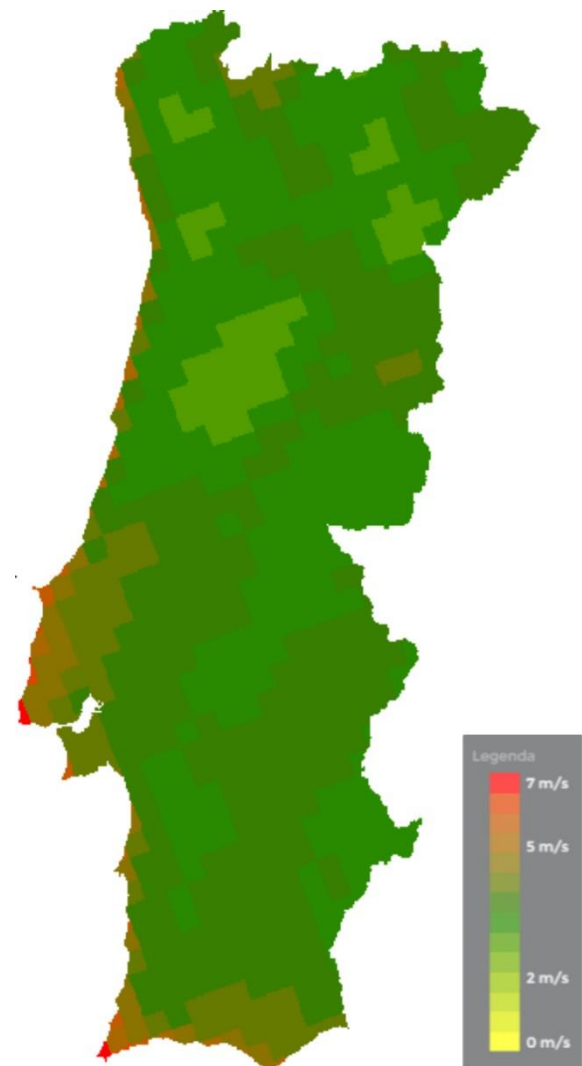


Figura 3-6 Mapa da Velocidade do Vento Média Anual de Portugal Continental para o cenário RCP8.5 no período 2071 até 2100. Fonte: Portal do Clima <http://portaldoclima.pt/>

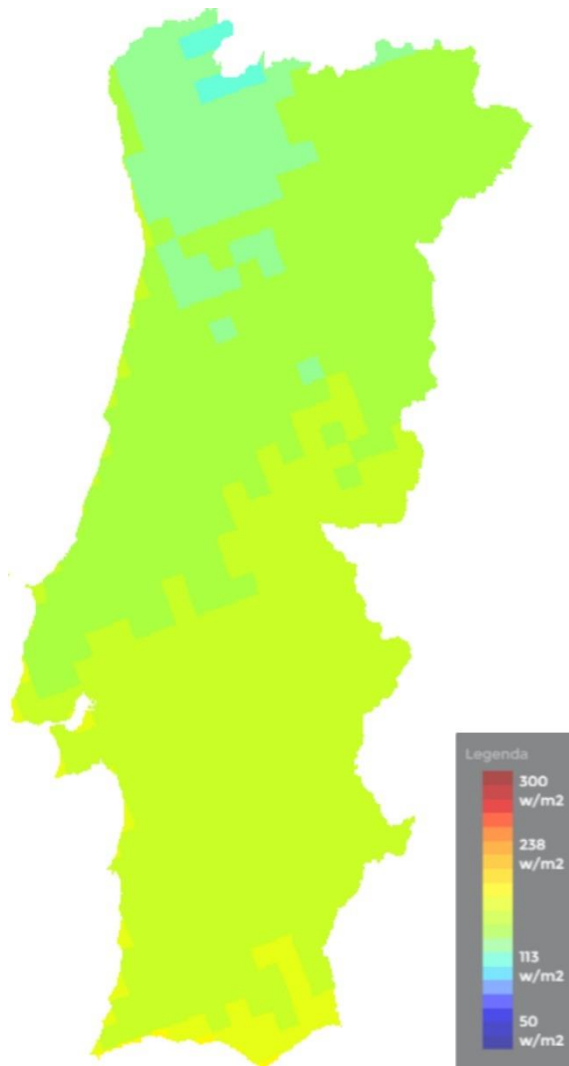


Figura 3-7 Mapa da Radiação Global Anual de Portugal Continental para o cenário RCP8.5 no período 2071 até 2100. Fonte: Portal do Clima <http://portaldoclima.pt/>

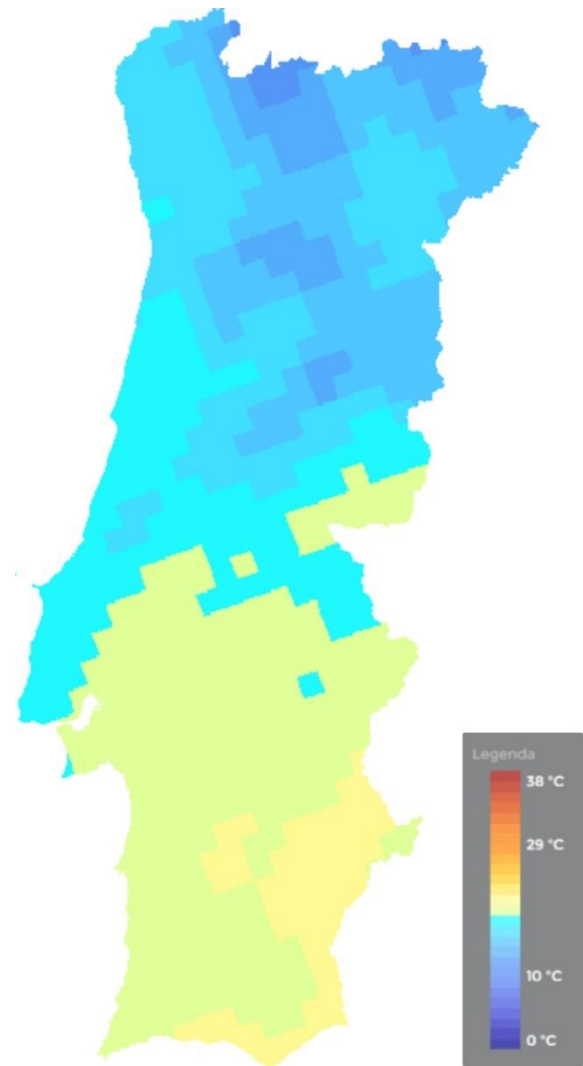


Figura 3-8 Mapa da Temperatura Média Anual de Portugal Continental para o cenário RCP8.5 no período 2071 até 2100. Fonte: Portal do Clima <http://portaldoclima.pt/>

3.2. Metodologia

A Figura 3-9 demonstra o fluxograma da metodologia utilizada onde por sua vez foram empregues o histórico de dados climáticos e de oferta de eletricidade. Foi elaborado um pré-processamento e normalização dos dados para, *a posteriori*, se realizar uma análise estatística de dados e proceder-se a uma modelação de dependência variável. Aplicando as alterações climáticas de cenário RCP 8.5, foi possível gerar as projeções da oferta de eletricidade para o futuro até o período de 2100.

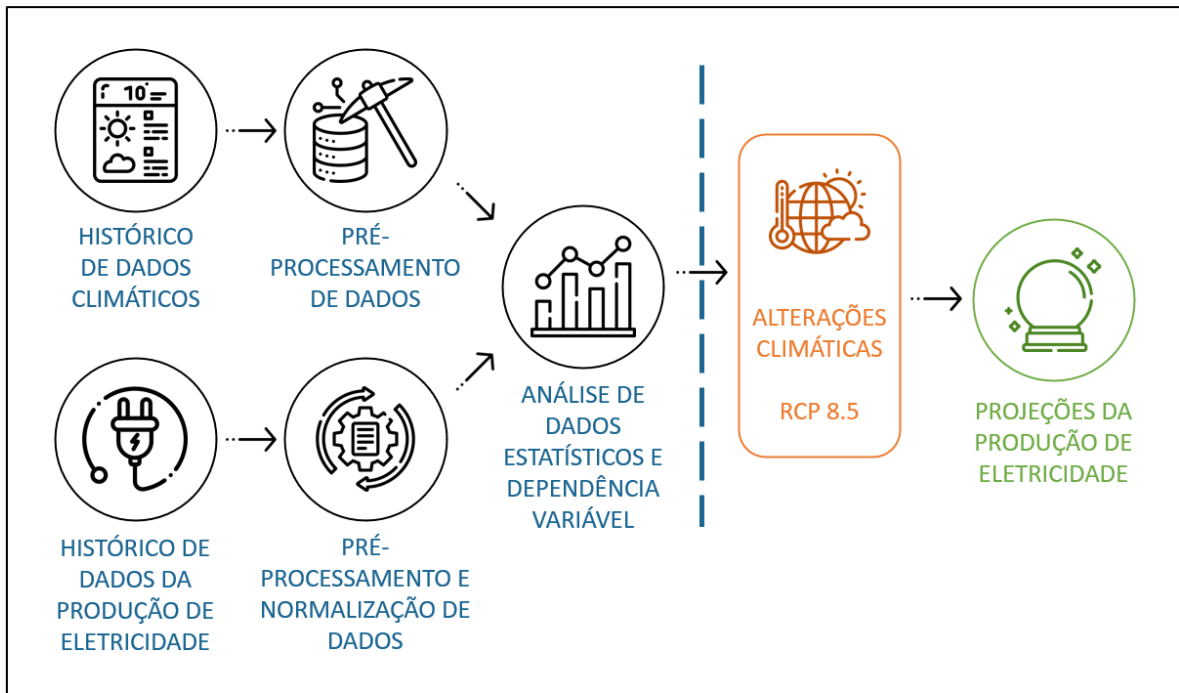


Figura 3-9 Fluxograma da metodologia utilizada.

- Coleta de Dados Climáticos:

Foram coletados dados climáticos de diversas fontes confiáveis, incluindo o IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), PORDATA Estatísticas sobre Portugal e Europa (<https://www.pordata.pt/>), Portal do Clima (<http://portaldoclima.pt/>) e Copernicus (<https://www.copernicus.eu/en>). Esses dados abrangeram o período de 2000 a 2100, com uma escala temporal mensal e anual. As variáveis climáticas incluídas foram: temperatura mínima (TN), temperatura média (TG), temperatura máxima (TX), precipitação (RR), velocidade do vento (FG), radiação (QQ) e humidade relativa (HU). Foram considerados dois cenários RCP: RCP 4.5 e RCP 8.5, tendo-se ainda garantido um pré-processamento dos dados para uniformizar as escalas temporais e corrigir o cenário RCP 8.5, quando necessário.

- Coleta de Dados da Oferta de Eletricidade:

Os dados da oferta de eletricidade foram obtidos a partir das bases de informações da DGEG (Direção-Geral de Energia e Geologia), PORDATA e REN (Redes Energéticas Nacionais). Inicialmente, esses dados estavam com escala temporal anual, mas posteriormente, foram encontrados dados com escala temporal diária, o que possibilitou a adaptação destes dados para uma escala temporal mensal, sendo possível utilizá-los *a posteriori* em definições sazonais, com a intenção de melhor definir a Oferta de acordo com os períodos de maior utilização de energia. Assim, foi necessário realizar um pré-processamento para uniformizar

a escala temporal e normalizar a oferta de eletricidade, levando em consideração a potência instalada, abrangendo o período de 2008 a 2020.

- **Análise Estatística:**

Após a obtenção dos dados climáticos e de oferta de eletricidade, realizou-se uma análise estatística para determinar a correlação entre essas duas bases de dados em todas as variáveis e escalas temporais consideradas, tais como diária, mensal, sazonal e anual. É importante salientar que para cada uma das variáveis foram encontradas vantagens e desvantagens ao se utilizarem determinadas escalas temporais. Isso permitiu identificar as dependências entre variáveis e a correlação entre o passado e o presente, fornecendo pistas de como as mudanças climáticas afetam a oferta de eletricidade.

- **Alterações Climáticas no Cenário RCP 8.5:**

Com base na análise estatística e na identificação das dependências variáveis, aplicaram-se as alterações climáticas previstas no cenário RCP 8.5 nos dados climáticos. Em seguida, realizou-se uma correlação entre os dados climáticos alterados e a oferta de eletricidade proveniente de fontes renováveis. Isso envolveu a criação de gráficos de regressão para avaliar a qualidade de correlação dos dados e comprovar a sua utilidade na projeção da oferta futura.

- **Projeções da Oferta de Eletricidade:**

Após a aplicação das alterações climáticas nos dados e a correlação com a oferta de eletricidade, foi possível realizar projeções da oferta de eletricidade para o período de 2041 a 2100. Essas projeções foram obtidas por meio de equações de segundo grau apuradas dos gráficos de regressão previamente desenvolvidos. Os detalhes desses gráficos serão discutidos posteriormente.

Esta metodologia permite uma análise abrangente das relações entre as alterações climáticas e a oferta de eletricidade, bem como a elaboração de projeções fundamentadas para orientar a tomada de decisões no setor energético num contexto de mudanças climáticas. Com uma base de dados um pouco escassa para algumas das variáveis observadas, não se obtiveram resultados ótimos, porém foi usado o que havia disponível à data de elaboração deste documento.

4. Apresentação e Discussão de Resultados

Neste capítulo tem-se a Apresentação e Discussão de Resultados divididas em tratamento dos dados de energia e do clima, análise entre os dados observados com o E-OBS, gráficos de regressão, séries futuras e projeções da oferta futura. Esta análise será para cada variável de estudo, Hídrica, Eólica e Solar. Essas três formas de energia renovável desempenham um papel crucial na diversificação da matriz energética e na redução da dependência de combustíveis fósseis. Por conta disso, é essencial a verificação da oferta futura destas energias para que seja possível melhorar sua eficiência.

4.1. Tratamento de Dados

Após a obtenção de todos os dados necessários para a realização deste estudo, foi verificada a necessidade de um processamento dos dados, pelo facto deste estudo generalizar os dados para todo o país, transformando a sua escala temporal de mensal para sazonal, onde os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro representam a estação do Inverno; os meses de Março, Abril e Maio representam a estação da Primavera; os meses de Junho, Julho e Agosto representam a estação do Verão; e os meses de Setembro, Outubro e Novembro representam a estação do Outono. Para além disso, uma correção para o pior cenário RCP 8.5 foi necessária para trazer esta componente para mais próxima ao modelo matemático E-OBS (como foi descrito na Seção 3.1.2, e como poderá ser verificada na seção seguinte, referente ao tratamento de dados do clima).

4.1.1. Tratamento de Dados do Clima

A Tabela 4-1 demonstra o processo de melhoria dos dados para o cenário RCP 8.5 corrigido, para o ano de 2020, das variáveis de TN, TG e TX. As variáveis E-OBS representam os valores observados para o mesmo período e os dados do Portal do Clima RCP 8.5 representam os valores previstos. Tem-se uma diferença entre estes dois dados, como por exemplo em janeiro e para a variável TN, que o E-OBS está em 6,8°C e o RCP 8.5 em 4,1°C, resultando numa diferença de 2,7°C. Após a correção deste desvio, obtém-se um RCP 8.5 Corrigido de 4,6°C, ou seja, garante-se uma redução deste desvio, deixando os dados mais próximos da realidade observada.

Tabela 4-1 Tabela de Correção para o Cenário RCP 8.5 do ano de 2020 para TN, TG e TX

Data	Mês	TN (°C) - Temperatura Mínima			TG (°C) - Temperatura Média			TX (°C) - Temperatura Máxima		
		E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido
jan/20	Jan	6,8	4,1	4,6	9,9	7,4	8,5	13,4	10,7	12,7
fev/20	Fev	6,2	4,9	5,0	9,7	8,5	9,3	13,2	12,1	13,7
mar/20	Mar	6,6	5,2	6,4	11,7	9,3	10,9	17,3	13,4	15,8
abr/20	Abr	10,1	7,6	9,5	14,8	12,2	14,4	20,2	16,7	19,7
mai/20	Mai	10,7	10,1	11,8	17,0	15,5	17,9	23,8	20,9	24,3
jun/20	Jun	13,7	12,6	13,9	19,7	18,9	20,5	26,3	25,2	27,5
jul/20	Jul	15,5	14,4	14,9	21,9	21,1	21,7	29,0	27,8	29,2
ago/20	Ago	15,4	15,8	15,6	21,8	22,8	23,0	29,2	29,9	31,2
set/20	Set	15,7	14,5	14,9	20,3	20,0	20,6	26,1	25,5	27,4
out/20	Out	13,7	10,8	12,6	18,5	15,4	17,6	24,2	20,1	23,4
nov/20	Nov	9,5	7,6	8,3	12,5	11,4	12,2	16,3	15,2	16,9
dez/20	Dez	4,3	5,4	4,9	8,2	8,9	9,1	13,0	12,5	13,9

Na Tabela 4-2 observa-se o mesmo desenvolvimento estatístico referido anteriormente, porém para o restante das variáveis RR, FG, QQ e HU. Tem-se um RCP 8.5 Corrigido mais próximo da realidade observada, reduzindo assim o desvio entre os dados apresentados, como pode ser analisado para o mês de janeiro para a variável FG. Porém, para outras variáveis como a RR e a QQ têm-se algumas inconsistências, pelo facto da precipitação (RR) não ocorrer de forma uniforme em todo o território nacional, nem ao longo dos meses.

Tabela 4-2 Tabela de Correção para o Cenário RCP 8.5 do ano de 2020 para RR, FG, QQ e HU

Data	Mês	RR (mm) - Precipitação			FG (m/s) - Velocidade do Vento			QQ (W/m²) - Radiação			HU (%) - Humidade Relativa		
		E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido
jan/20	Jan	185	173	130,7	2,75	3,74	2,8	66	63	76,6	87%	85%	85%
fev/20	Fev	188	168	132,0	2,61	4,09	3,0	92	92	115,6	86%	82%	78%
mar/20	Mar	55	108	118,6	2,87	3,73	3,0	163	134	151,7	74%	80%	77%
abr/20	Abr	73	88	80,7	2,51	3,80	2,8	197	179	203,0	79%	78%	76%
mai/20	Mai	41	45	47,2	2,82	3,71	2,6	266	230	257,3	65%	69%	65%
jun/20	Jun	30	7	4,7	2,44	3,79	2,6	269	267	287,9	66%	60%	61%
jul/20	Jul	24	11	10,0	2,24	4,13	2,8	277	265	292,1	65%	58%	62%
ago/20	Ago	8	3	-0,5	2,20	3,66	2,3	260	243	272,9	64%	54%	58%
set/20	Set	100	44	59,4	2,12	3,36	2,3	180	171	196,9	76%	67%	70%
out/20	Out	119	77	90,9	2,24	3,37	2,6	128	119	137,0	78%	76%	76%
nov/20	Nov	208	131	117,3	2,36	3,38	2,4	74	75	88,7	87%	82%	81%
dez/20	Dez	25	127	26,7	2,91	3,13	2,2	77	60	79,5	84%	84%	82%

A tabela completa com os dados de exemplo do cálculo acima para os meses do ano de 2020 encontra-se no [ANEXO J](#) deste documento.

As Figura 4-1e Figura 4-2 demonstram o exemplo da correção do desvio entre o E-OBS, o RCP 8.5 do Portal do Clima e o RCP 8.5 Corrigido ao longo do ano de 2020, para as variáveis TN e RR . É possível observar que existe uma mediana entre os dados do E-OBS e do Portal

do Clima, permitindo esta mediana que o cenário RCP 8.5 Corrigido se aproxime da realidade observada, tornando os dados assim mais fiéis para serem utilizados para o futuro.

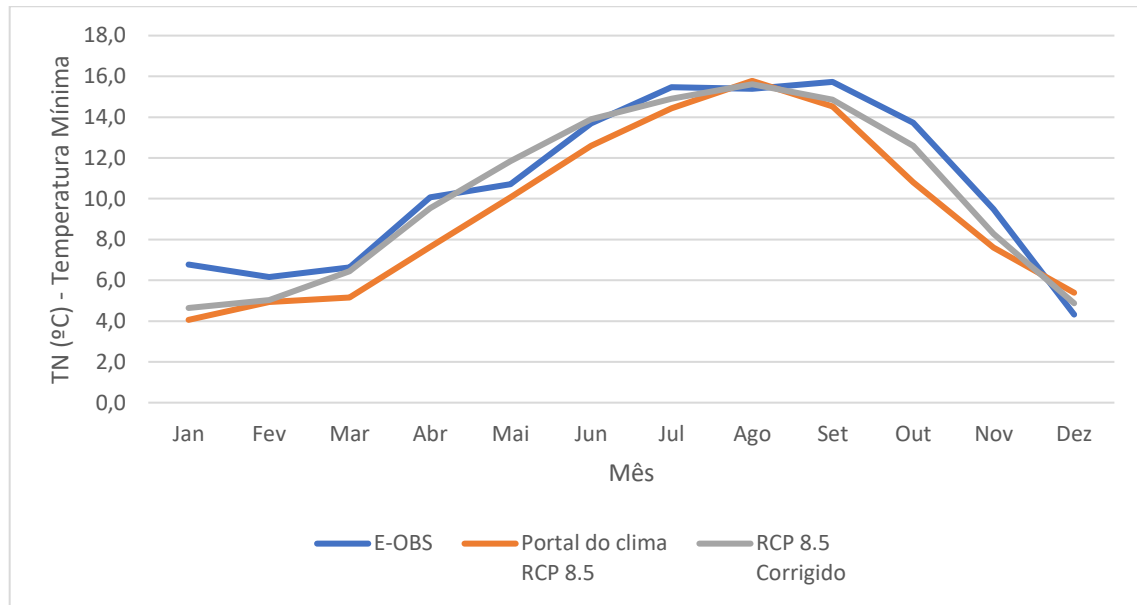


Figura 4-1 Gráfico da Correção do Desvio entre os dados E-OBS, RCP 8.5 Portal do Clima e RCP 8.5 Corrigido para a Variável TN (°C) Temperatura Mínima

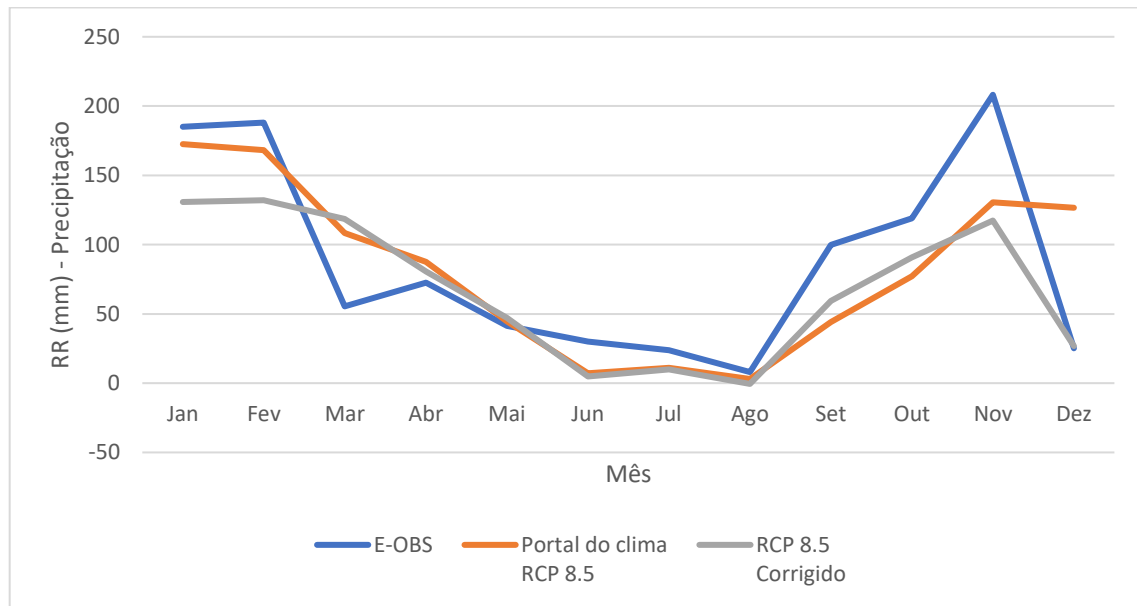


Figura 4-2 Gráfico da Correção do Desvio entre os dados E-OBS, RCP 8.5 Portal do Clima e RCP 8.5 Corrigido para a Variável RR (mm) Precipitação

Na Tabela 4-3 é possível observar que a escala temporal anual não é um claro indicativo da variação de cada uma das variáveis ao longo do ano. Como por exemplo a Temperatura

Média para os anos de 2008 a 2020 em escala anual tem um valor de 15,6°C para o cenário RCP 8.5 e, em comparação com os períodos sazonais, tem-se 9,2°C, 14,3°C, 22,1°C e 16,8°C para o Inverno, a Primavera, o Verão e o Outono respetivamente.

Tabela 4-3 Tabela de médias para as variáveis de Temperatura ao longo dos anos 2008 até 2100

2008-2020									
MÉDIAS	TN (°C) - Temperatura Mínima			TG (°C) - Temperatura Média			TX (°C) - Temperatura Máxima		
	Data	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS
ANUAL	10,0	10,3	10,4	15,7	15,6	15,6	21,4	21,4	21,5
INVERNO	5,1	5,0	5,2	9,6	9,1	9,2	14,2	13,5	13,6
PRIMAVERA	8,8	9,0	9,1	14,4	14,3	14,3	19,9	20,0	20,0
VERÃO	14,9	15,3	15,4	21,9	22,0	22,1	28,8	29,4	29,5
OUTONO	11,2	11,7	11,8	16,8	16,7	16,8	22,4	22,5	22,7
MENSAL	10,0	10,3	10,4	15,7	15,5	15,6	21,4	21,3	21,4

2041-2070									
MÉDIAS	TN (°C) - Temperatura Mínima			TG (°C) - Temperatura Média			TX (°C) - Temperatura Máxima		
	Data	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS
ANUAL	-	-	11,6	-	-	16,9	-	-	22,8
INVERNO	-	-	5,9	-	-	10,0	-	-	14,5
PRIMAVERA	-	-	9,9	-	-	15,3	-	-	21,0
VERÃO	-	-	17,0	-	-	23,9	-	-	31,3
OUTONO	-	-	13,2	-	-	18,2	-	-	24,1
MENSAL	-	-	11,5	-	-	16,9	-	-	22,7

2071-2100									
MÉDIAS	TN (°C) - Temperatura Mínima			TG (°C) - Temperatura Média			TX (°C) - Temperatura Máxima		
	Data	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS
ANUAL	-	-	13,0	-	-	18,5	-	-	24,5
INVERNO	-	-	7,1	-	-	11,2	-	-	15,8
PRIMAVERA	-	-	11,2	-	-	16,7	-	-	22,5
VERÃO	-	-	19,0	-	-	25,9	-	-	33,6
OUTONO	-	-	14,8	-	-	19,9	-	-	25,8
MENSAL	-	-	13,0	-	-	18,4	-	-	24,4

Na Tabela 4-4 têm-se as variáveis de Precipitação, Velocidade do Vento, Radiação e Humidade Relativa, subdivididas entre os anos de 2008 até 2020 que representam o período passado e entre os anos de 2041 até 2100 que representam o período futuro. Nota-se que a escala temporal anual também não é um claro indicativo da variação de cada uma das variáveis, ou seja, para a variável da precipitação na escala anual tem-se 814 mm para o cenário RCP 8.5 contra 281 mm para o inverno, 233 mm para a primavera, 38 mm para o verão e 261 mm para o outono. Tendo assim uma melhor visualização dos dados para cada período e variável.

Tabela 4-4 Tabela de médias para as variáveis de Precipitação, Velocidade do Vento, Radiação e Humidade Relativa ao longo dos anos 2008 até 2100

2008-2020												
MÉDIAS	RR (mm) - Precipitação			FG (m/s) - Velocidade do Vento			QQ (W/m ²) - Radiação			HU (%) - Humidade Relativa		
	Data	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS
ANUAL	810	767	814	-	2,59	2,58	-	182	180	-	72%	72%
INVERNO	299	253	281	-	2,78	2,76	-	91	90	-	82%	82%
PRIMAVERA	228	210	233	-	2,77	2,77	-	210	207	-	71%	72%
VERÃO	36	42	38	-	2,37	2,36	-	281	278	-	61%	61%
OUTONO	247	262	261	-	2,44	2,41	-	145	144	-	73%	73%
MENSAL	68	64	68	-	2,59	2,58	-	182	180	-	72%	72%

2041-2070												
MÉDIAS	RR (mm) - Precipitação			FG (m/s) - Velocidade do Vento			QQ (W/m ²) - Radiação			HU (%) - Humidade Relativa		
	Data	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS
ANUAL	-	-	769	-	-	2,56	-	-	181	-	-	71%
INVERNO	-	-	262	-	-	2,70	-	-	91	-	-	82%
PRIMAVERA	-	-	225	-	-	2,77	-	-	209	-	-	71%
VERÃO	-	-	28	-	-	2,36	-	-	279	-	-	59%
OUTONO	-	-	255	-	-	2,42	-	-	144	-	-	72%
MENSAL	-	-	64	-	-	2,56	-	-	181	-	-	71%

2071-2100												
MÉDIAS	RR (mm) - Precipitação			FG (m/s) - Velocidade do Vento			QQ (W/m ²) - Radiação			HU (%) - Humidade Relativa		
	Data	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS	RCP 8.5	Observado	E-OBS
ANUAL	-	-	692	-	-	2,53	-	-	183	-	-	70%
INVERNO	-	-	236	-	-	2,65	-	-	91	-	-	82%
PRIMAVERA	-	-	210	-	-	2,74	-	-	212	-	-	70%
VERÃO	-	-	19	-	-	2,37	-	-	282	-	-	57%
OUTONO	-	-	226	-	-	2,35	-	-	145	-	-	71%
MENSAL	-	-	58	-	-	2,53	-	-	182	-	-	70%

4.1.1. Tratamento de Dados de Energia

Um processamento de dados diferente foi realizado para a base de dados da Energia, onde se tem a Caracterização da Oferta de Eletricidade (GWh) sem escala normalizada e com escala normalizada, que leva em consideração a potencia instalada. Como já referido, consideraram-se as fontes de energia Hídrica, Solar e Eólica. Na Tabela 4-5 tem-se uma sùmula dos dados da Energia com suas respetivas variáveis e respetivos períodos.

Tabela 4-5 Tabela de médias para a Caracterização da Oferta de Eletricidade e Oferta Futura ao longo dos anos (entre 2008 e 2100)

2008-2020						
MÉDIAS	Caracterização da Produção de Eletricidade (escala não normalizada) [GWh]			Caracterização da Produção de Eletricidade (escala normalizada)		
	Hídrica	Solar	Eólica	Hídrica	Solar	Eólica
ANUAL	11905	687	10844	0,23	0,17	0,26
INVERNO	4045	96	3269	0,16	0,10	0,32
PRIMAVERA	3873	155	2751	0,15	0,16	0,26
VERÃO	1722	197	2027	0,07	0,21	0,19
OUTONO	2087	136	2578	0,08	0,15	0,25
MENSAL	977	49	885	0,12	0,15	0,26

4.2. Discussão de Resultados para Energia Hídrica

A seguir serão apresentadas as análises e discussões dos resultados para a energia renovável de fonte Hídrica, levando em consideração a variável de Precipitação.

4.2.1. Análise entre os Dados Observados e o E-OBS

Tem-se a seguir uma análise de regressão entre os dados do Histórico Observado e o Modelo Climático E-OBS, tendo esta análise sido realizada através de gráficos de dispersão com a intenção de validar o modelo climático E-OBS para ser utilizado em análises futuras .

Na Figura 4-3 é apresentada a dispersão entre os dados Histórico Observado (mm) e o Modelo Climático E-OBS da Precipitação Acumulada (mm) para o período de 2008 a 2020, com sua linha de tendência linear $Y=0,4329x+40,919$ e seu respetivo $R^2=0,176$. É possível observar que existe uma grande dispersão dos dados, havendo apenas uma maior concentração no 1º quadrante mais próximo entre a escala 0 e 100 (mm). Isto pode significar que o modelo climático está mais próximo do histórico observado para baixos níveis de precipitação. Porém, com maiores níveis de precipitação, existe uma grande diferença dos dados à medida que deixa de ser possível definir uma tendência linear.

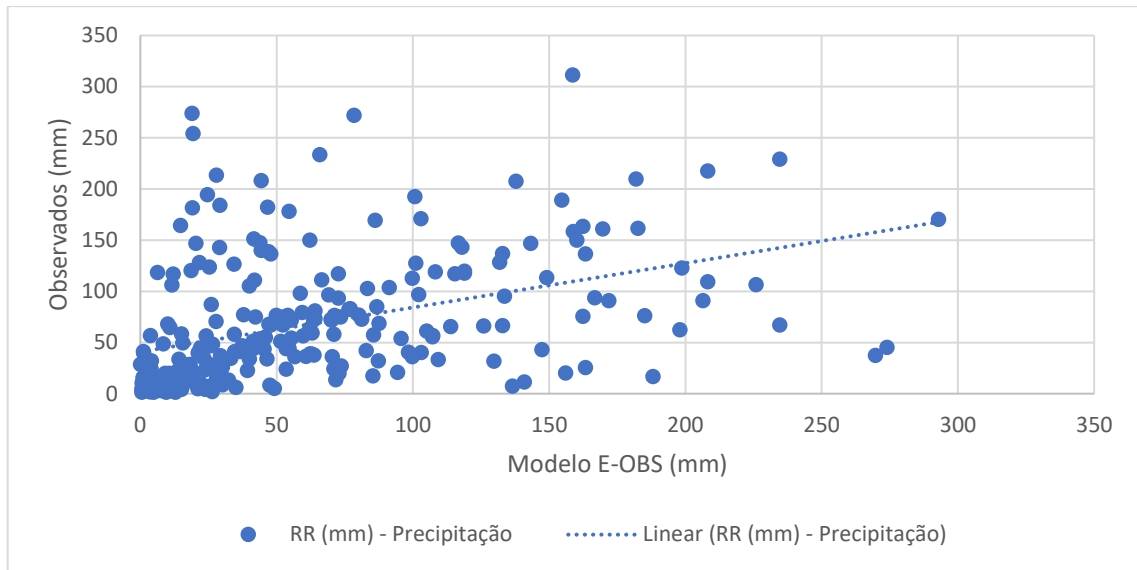


Figura 4-3 Gráfico de Dispersão entre o Observado (mm) e o E-OBS da precipitação acumulada (mm) entre os anos de 2008 a 2020 com resolução mensal e Linha de Tendência Linear

Para além de uma análise linear do gráfico de regressão, foi utilizada uma análise exponencial com a seguinte equação $Y=21,797e^{0,0096x}$ e seu respetivo $R^2=0,1006$. Como pode ser observado na Figura 4-4 este tipo de equação para análise piorou a tendência em relação ao dados, descartando assim a hipótese de sua utilização.

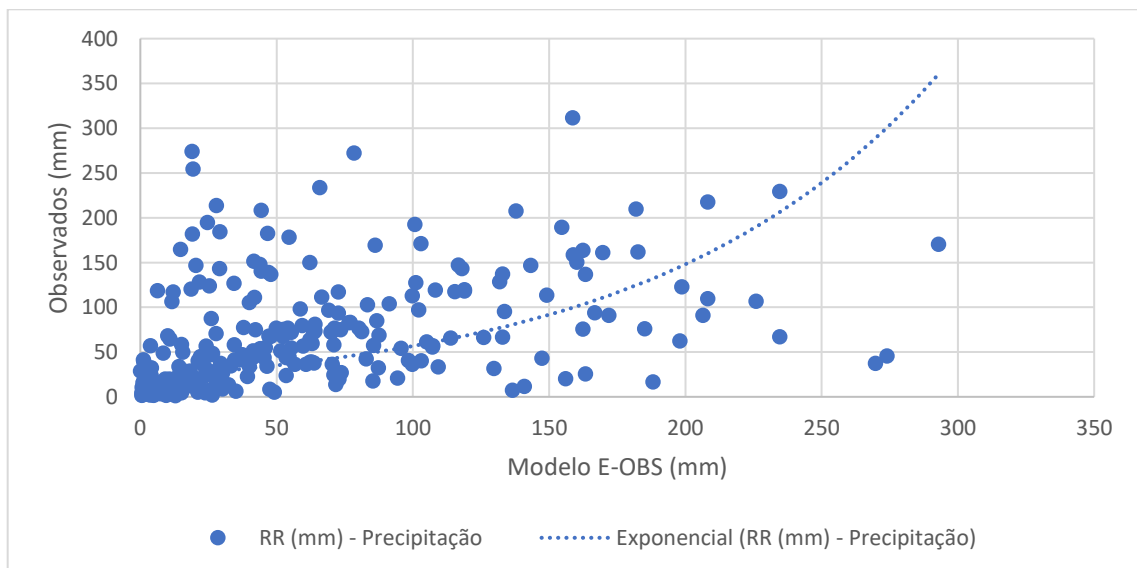


Figura 4-4 Gráfico de Dispersão entre o Observado (mm) e o E-OBS da precipitação acumulada (mm) entre os anos de 2008 a 2020 com resolução mensal e Linha de Tendência Exponencial

Outra análise realizada foi a utilização de uma linha de tendência polinomial até 3º grau com a equação $Y=9E-06x^3-0,0058x^2+1,2205x+23,944$ e seu respetivo $R^2=0,212$, como pode ser observado na Figura 4-5. Quando comparado com a equação da linha de tendência linear apresentada anteriormente, obtém-se um pequena melhoria na representação da dispersão de dados, ainda que ténue.

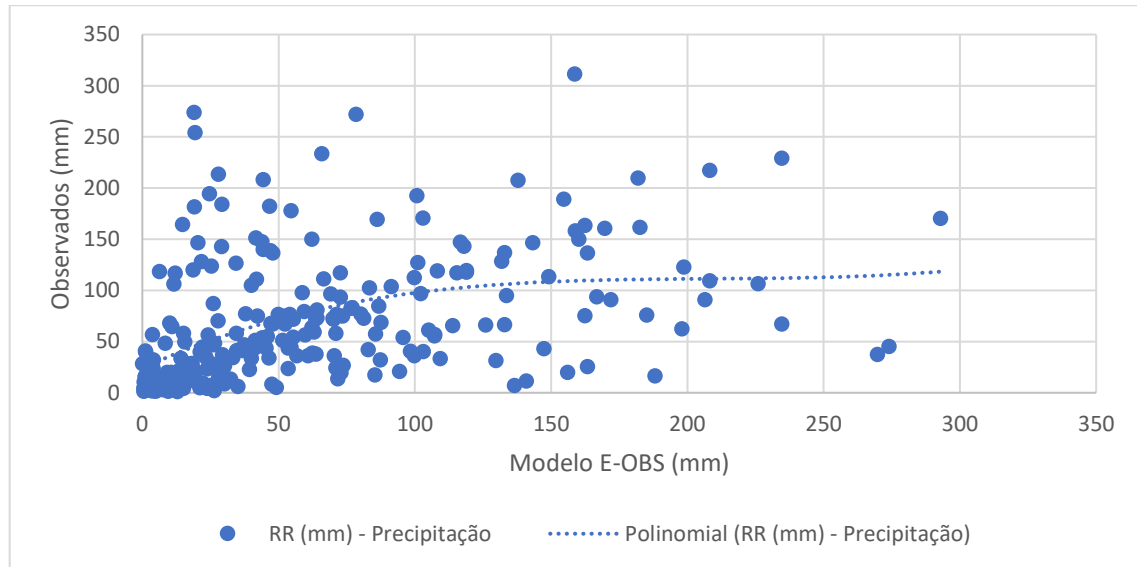


Figura 4-5 Gráfico de Dispersão entre o Observado (mm) e o E-OBS da precipitação acumulada (mm) entre os anos de 2008 a 2020 com resolução mensal e Linha de Tendência Polinomial de 3º grau

Comparando-se as três análises, verifica-se que a dispersão entre o Histórico Observado e o Modelo E-OBS para a precipitação acumulada não é das melhores relações, devido ao facto de não existir uma boa previsibilidade da precipitação em longos períodos. Com isso, no intuito de viabilizar este estudo, optou-se pela utilização da regressão com linha de tendência linear para basear a análise de dados futuros.

É importante ressaltar que o estudo também contemplou a análise entre os dados Observados e o E-OBS para as temperaturas mínima, média e máxima, além da precipitação para as escalas temporais anual, mensal e sazonal, como podem ser observados nos gráficos de dispersão nos [ANEXOS K e L](#).

4.2.2. Análise de Regressões entre E-OBS e Oferta de Energia

Após a verificação da regressão dos dados Observados com o E-OBS para a validação do estudo, foi necessária a análise da regressão entre a Oferta de Energia com os dados do E-OBS, sendo assim possível verificar a proximidade dos valores entre a oferta e a projeção para o período passado e desta forma encontrar uma correlação para aplicar ao futuro. Na Figura 4-6 é apresentada a dispersão entre a Oferta de Energia (em GWh) e o Modelo Climático (E-OBS) da precipitação acumulada (mm) para o período de 2008 a 2020 com resolução mensal. Calcularam-se diversas regressões, sendo elas com linhas de tendência exponencial, de potência e polinomial, assim como já abordado anteriormente. Porém, não se observou uma melhoria e, desta forma, optou-se pelo recurso a uma linha de tendência linear com a equação $Y=3,1449x+776,11$ e seu respectivo $R^2=0,0948$.

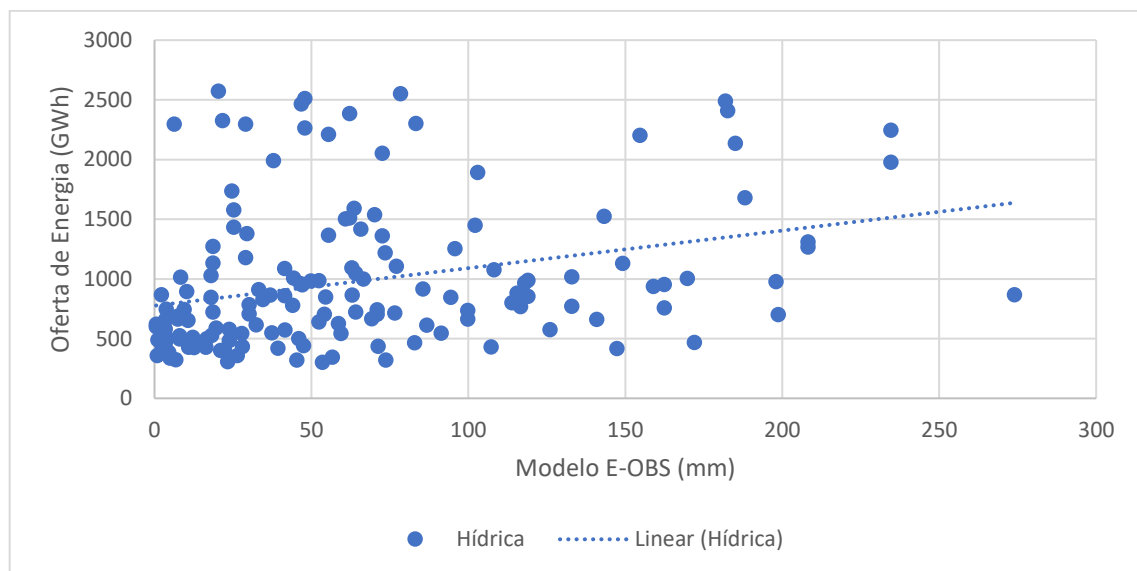


Figura 4-6 Gráfico de Dispersão entre a Oferta de Energia (GWh) e os dados do E-OBS da Precipitação Acumulada (mm) entre os anos de 2008 a 2020 em Escala Mensal

Os dados não possuem grande proximidade à linha de tendência, pois existem outras componentes, tal como a gestão de reserva hídrica através de centrais de ciclo reversível em períodos de seca, que influenciam na oferta de energia elétrica em relação a precipitação do modelo E-OBS em consideração.

Este estudo permitiu ainda a análise dos gráficos de dispersão para a energia hídrica recorrendo a resolução anual e sazonal, bem como adotando a utilização dos dados não normalizados e normalizados. Porém, aquele que se mostrou mais adequado para a utilização foi o apresentado acima. Os restantes dos gráficos encontram-se no [ANEXO M e N](#) deste documento.

4.2.3. Séries Futuras para Oferta de Energia

Utilizando a equação do gráfico da Figura 4-6 ($Y=3,1449x + 776,11$) e os dados do Modelo Climático para a precipitação acumulada futura (RCP 8.5), calcularam-se as séries futuras da oferta de energia hídrica, com resolução mensal, para o período de 2041 a 2070 que apresenta os seguintes resultados: uma oferta máxima de 1534 GWh, uma oferta mínima de 714 GWh e uma média de 978 GWh. Já para o período de 2071 a 2100 apresenta os seguintes resultados: uma oferta máxima de 1558 GWh, uma oferta mínima de 681 GWh e uma média de 958 GWh. Comparando-os com os dados de 2008 a 2020, neste período verificou-se uma oferta máxima de 2574 GWh, uma oferta mínima de 301 GWh e uma média de 977 GWh, como pode ser observado na Tabela 4-6.

Tabela 4-6 Ofertas Máxima, Mínima e Média para a Energia Hídrica entre os períodos de 2008 a 2020, 2041 a 2070 e 2071 a 2100 em GWh

Ofertas de Energia Hídrica			
(GWh)	2008-2020	2041-2070	2071-2100
Máxima	2574	1534	1558
Mínima	301	714	681
Média	977	978	958

4.2.4. Projeções da Oferta Futura de Energia

Após o cálculo das séries futuras, fez-se uma divisão de elementos entre classes, para o período de 2008 a 2020, tendo-se calculado a média de oferta hídrica, seu respetivo desvio padrão e, para a classe 1 utilizou-se a média mais 25% do desvio padrão, resultando em um valor de 828 (GWh) e, para a classe 3 a média menos 25% do desvio padrão que resultou em um valor de 1127 (GWh). A classe 2 é caracterizada pela faixa entre a classe 1 e a classe 3, ou seja, entre os valores 828 (GWh) e 1127 (GWh), como pode ser observado na Tabela 4-7.

Tabela 4-7 Divisão de Classes da Oferta de Energia Hídrica (GWh) para o Período de 2008 a 2020 com as suas Respetivas Percentagens

2008-2020	(GWh)		Percentagem
	Classe 1	<828	52%
Classe 2	828-1127	21%	
Classe 3	>1127	27%	

Após a definição das classes para o período de 2008 a 2020, foram utilizadas as mesmas classes para avaliar o período futuro, apurando-se assim a percentagem de elementos distribuídos em cada classe. Como pode ser observado na Tabela 4-8, e para o período futuro de 2041 a 2070, tem-se uma redução até 11% na classe 3, o que representa a máxima oferta de energia hídrica.

Tabela 4-8 Divisão de Classes da Oferta de Energia Hídrica (GWh) para o Período Futuro de 2041 a 2070 com as suas Respetivas Percentagens

2041-2070	(GWh)		Percentagem
	Classe 1	<828	21%
	Classe 2	828-1127	61%
	Classe 3	>1127	18%

Em comparação, tem-se na Tabela 4-9 o período futuro de 2071 a 2100 onde pode ser observada uma redução até 12% na máxima oferta de energia hídrica. Para além disto, nota-se um aumento na percentagem da classe 2, o que representa a oferta média de energia hídrica, podendo esta situação decorrer do facto dos dados não terem grande correlação (por a energia hídrica depender de outras componentes que não apenas a precipitação) e por isso o modelo estatístico convergir para uma média.

Tabela 4-9 Divisão de Classes da Oferta de Energia Hídrica (GWh) para o Período Futuro de 2071 a 2100 com as suas Respetivas Percentagens

2071-2100	(GWh)		Percentagem
	Classe 1	<828	25%
	Classe 2	828-1127	60%
	Classe 3	>1127	15%

É possível observar uma grande concentração de dados entre as classes 1 e 3, o que seria por definição os elementos situados na classe 2. Há uma pequena concentração de elementos pertencentes à classe 3 e pertencentes à classe 1, verificando-se a redução da oferta futura de energia hídrica em seu máximo potencial.

4.3. Discussão de Resultados para Energia Eólica

A seguir serão apresentadas as análises e discussões dos resultados para a energia renovável de fonte Eólica, levando em consideração a variável de Velocidade do Vento.

4.3.1. Análise entre os Dados Observados e o E-OBS

Para esta variável não foi possível obter dados observados no passado, com a intenção de validar o modelo matemático a ser utilizado na análise de regressões, para definir as séries futuras e assim a projeção da oferta. Neste caso, partiu-se do princípio de que a validação dos dados para a variável da precipitação na energia hídrica permitiria a utilização dos dados E-OBS em análises futuras para a variável como a Velocidade do Vento.

4.3.2. Análise de Regressões entre E-OBS e Oferta de Energia

Seguindo a mesma metodologia empregue na variável anterior, tem-se um gráfico de dispersão entre a Oferta de Energia e o Modelo E-OBS para a Velocidade do Vento adotando uma resolução mensal. A sua linha de tendência é linear e possui a seguinte equação $Y=366,18x-63,135$ e seu respectivo $R^2=0,1196$, como pode ser observado na Figura 4-7.

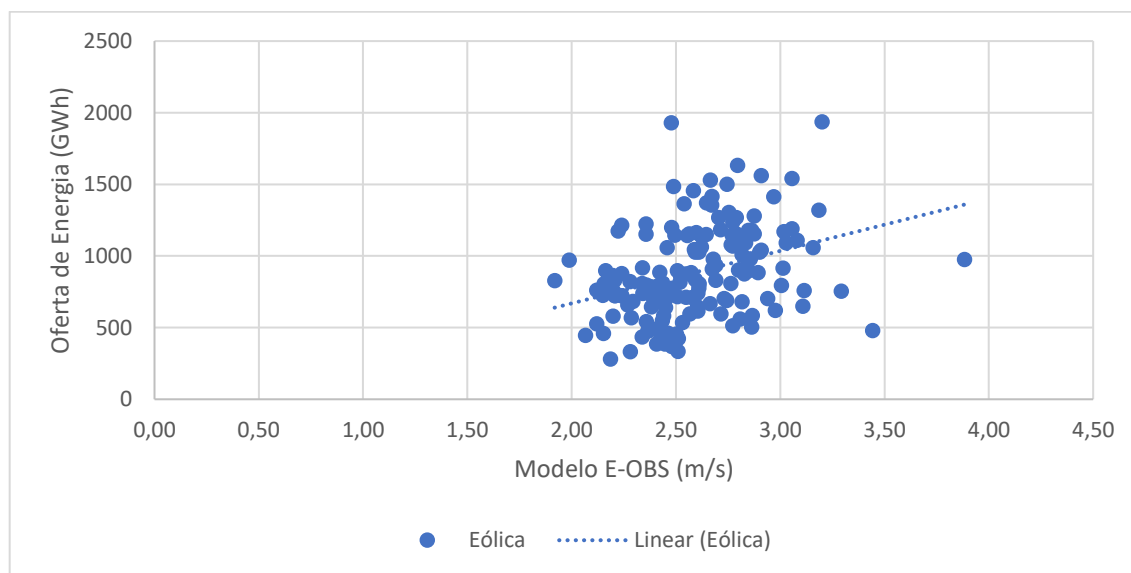


Figura 4-7 Gráfico de Dispersão entre a Oferta de Energia (GWh) e os dados do E-OBS da Velocidade do Vento (m/s) entre os anos de 2008 a 2020 em Escala Mensal

Nota-se pouca proximidade dos dados em relação à linha de tendência, existindo uma concentração maior entre 2 e 3,5 m/s (e 0 a 1500 GWh), evidenciando a existência de outras

componentes que influenciam a velocidade do vento e a oferta de energia eólica, tal como a dispersão do vento em relação à altura de medição e a sua variação de acordo com cada região de estudo, bem como a resolução temporal que deveria ser mais detalhada.

Assim, como na variável anterior, este estudo também realizou a análise dos gráficos de dispersão em diferentes escalas temporais e com os dados normalizados e não normalizados para a Energia Eólica, onde o gráfico que se mostrou mais adequado para a utilização foi o apresentado na Figura 4-7. Os restantes dos gráficos encontram-se no [ANEXO O e P](#) deste documento.

4.3.3. Séries Futuras para Oferta de Energia

Após a definição do melhor gráfico a ser utilizado, com a equação $Y=366,18x-63,135$ referente à Figura 4-7 e os dados do Modelo Climático RCP 8.5 para a velocidade média do vento, obtém-se a série de dados futuros para a oferta de energia eólica. Para o período de 2041 a 2070 apresenta os seguintes resultados: uma oferta máxima de 1254 (GWh), uma oferta mínima de 700 (GWh) e uma média de 875 (GWh) e para o período de 2071 a 2100 apresenta os seguintes resultados: uma oferta máxima de 1229 (GWh), uma oferta mínima de 677 (GWh) e uma média de 862 (GWh). Comparando com os dados do período de 2008 a 2020, neste período verificou-se uma oferta máxima de 1938 (GWh), uma oferta mínima de 283 (GWh) e uma média de 885 (GWh), como pode ser observado na Tabela 4-10.

Tabela 4-10 Ofertas Máxima, Mínima e Média para a Energia Eólica entre os períodos de 2008 a 2020, 2041 a 2070 e 2071 a 2100 em GWh

Ofertas de Energia Eólica			
(GWh)	2008-2020	2041-2070	2071-2100
Máxima	1938	1254	1229
Mínima	283	700	677
Média	885	875	862

4.3.4. Projeções da Oferta Futura de Energia

Foi realizada uma divisão de elementos em classes, semelhante o que se tem à variável anterior, porém adequando os valores a velocidade do vento, resultando num valor de 806 (GWh) para a classe 1, outro de 965 (GWh) para a classe 3, caracterizando assim a classe 2 que se encontra entre as outras duas classes, como pode ser observado na Tabela 4-11.

Tabela 4-11 Divisão de Classes da Oferta de Energia Eólica (GWh) para o Período de 2008 a 2020 com as suas Respetivas Percentagens

2008-2020	(GWh)		Percentagem
	Classe 1	<806	46%
	Classe 2	806-965	17%
	Classe 3	>965	37%

Com a definição das classes para o período passado entre 2008 e 2020, aplicam-se estes valores para os períodos futuros, com a intenção de se definir a percentagem de elementos em cada classe, podendo assim avaliar sua diminuição, estabilidade ou aumento. Assim, como demonstra a Tabela 4-12, tem-se uma redução de 18% na classe 3, o que representa a oferta máxima de energia eólica para este período.

Tabela 4-12 Divisão de Classes da Oferta de Energia Eólica (GWh) para o Período Futuro de 2041 a 2070 com as suas Respetivas Percentagens

2041-2070	(GWh)		Percentagem
	Classe 1	<806	26%
	Classe 2	806-965	55%
	Classe 3	>965	19%

Com a aplicação da mesma metodologia empregue nas tabelas anteriores, tem-se a Tabela 4-13 representando uma escala temporal entre 2071 e 2100. É possível observar uma redução ainda mais notória na classe 3, até 24% na oferta máxima de energia eólica, bem como um aumento de 6% na classe 1, a qual representa a menor oferta de energia eólica para este período.

Tabela 4-13 Divisão de Classes da Oferta de Energia Eólica (GWh) para o Período Futuro de 2071 a 2100 com as suas Respetivas Percentagens

2071-2100	(GWh)		Percentagem
	Classe 1	<806	32%
	Classe 2	806-965	55%
	Classe 3	>965	13%

Desta forma, tem-se uma grande concentração de elementos na classe 2, já que o método empregue neste estudo para o cálculo das classes, obriga de certa forma a reunir mais dados concentrados entre o mínimo e o máximo. Além disso, esta situação decorre pelo facto de os dados não terem grande correlação, por a energia eléctrica de origem eólica depender de outras variáveis que não apenas da velocidade do vento.

4.4. Discussão de Resultados para Energia Solar

A seguir serão apresentadas as análises e discussões dos resultados para a energia renovável de fonte Solar, levando em consideração a variável de Radiação solar.

4.4.1. Análise entre os Dados Observados e o E-OBS

Neste caso da variável de radiação para a energia solar, também ocorre a mesma falta de informação observada do passado a fim de validar os dados do E-OBS. Sendo assim, e ao invés do que foi feito para a variável da precipitação na energia hídrica, ter-sê-a que aceitar que os dados E-OBS serão válidos para análises futuras da variável Radiação.

4.4.2. Análise de Regressões entre E-OBS e Oferta de Energia

No gráfico da Figura 4-8 é possível observar uma dispersão de dados entre os eixos da Oferta de Energia e o Modelo E-OBS para a variável da radiação, sendo esta dispersão caracterizada por uma linha de tendência linear de equação $Y=0,1393x-23,308$ e seu respetivo $R^2=0,1039$. Tem-se uma baixa concentração dos dados em proximidade com a tendência, podendo dever-se ao facto da radiação que atinge os painéis solares ser influenciada não somente pelas sombras, mas ser também afetada pela alta temperatura dos módulos que compromete a eficiência dos mesmos.

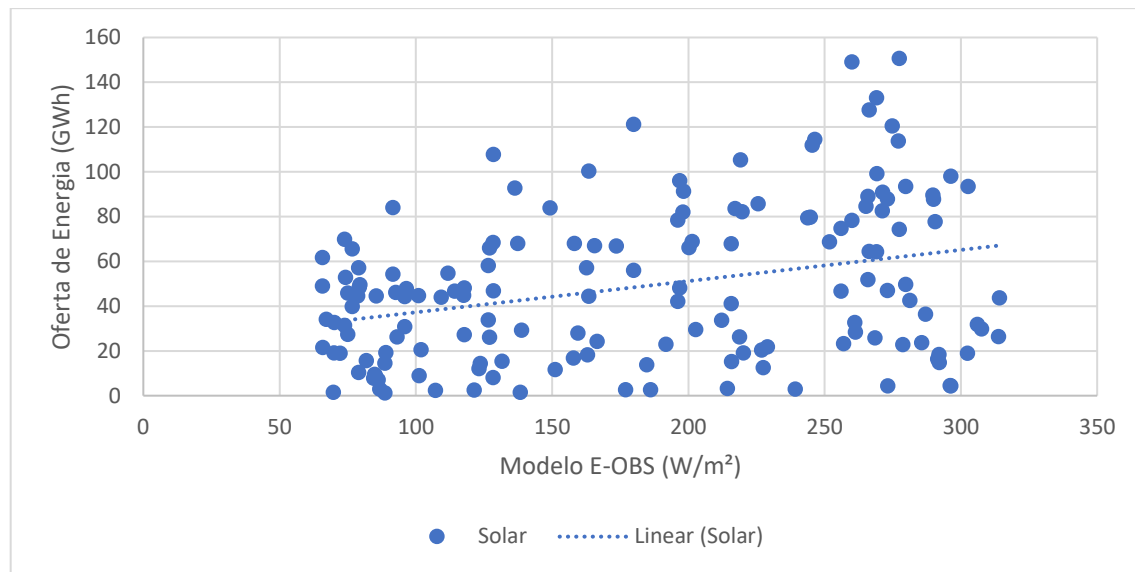


Figura 4-8 Gráfico de Dispersão entre a Oferta de Energia (GWh) e os dados do E-OBS da Radiação (W/m²) entre os anos de 2008 a 2020 em Escala Mensal

Para esta variável, e seguindo uma análise semelhante aos casos anteriores, contendo diversos gráficos de dispersão com resoluções anual, mensal e sazonal, utilizando os dados normalizados e não normalizados, o gráfico que melhor se aplica é associado à resolução mensal e não normalizado, conforme se evidenciou na Figura 4-8. Os gráficos que contêm outras informações, que poderão vir a ser relevantes para um outro estudo, encontram-se no [ANEXO Q e R](#) deste documento.

4.4.3. Séries Futuras para Oferta de Energia

Com o gráfico da Figura 4-8 é possível utilizar a equação $Y=0,1393x-23,308$ aplicados aos dados do cenário RCP 8.5 para a radiação solar e, desta forma, caracterizar as séries futuras para a oferta de energia solar. Para o período de 2041 a 2070 apresentam--se os seguintes resultados: uma oferta máxima de 65 (GWh), uma oferta mínima de 33 (GWh) e uma média de 48 (GWh) e para o período de 2071 a 2100 que apresenta os seguintes resultados: uma oferta máxima de 65 (GWh), uma oferta mínima de 32 (GWh) e uma média de 49 (GWh). Comparando com os dados de 2008 a 2020, neste período verificou-se uma oferta máxima de 151 (GWh), uma oferta mínima de 1 (GWh) e uma média de 49 (GWh), assim como pode ser observado na Tabela 4-14.

Tabela 4-14 Ofertas Máxima, Mínima e Média para a Energia Solar entre os períodos de 2008 a 2020, 2041 a 2070 e 2071 a 2100 em GWh

Ofertas de Energia Solar			
(GWh)	2008-2020	2041-2070	2071-2100
Máxima	151	65	65
Mínima	1	33	32
Média	49	48	49

4.4.4. Projeções da Oferta Futura de Energia

A divisão em classes realizada anteriormente também é válida para esta variável, onde foram definidas as classes para o período passado através da média da oferta de energia solar, o seu respetivo desvio padrão e para cada classe uma percentagem de referência, obtendo-se assim o valor limiar de 40 (GWh) para a classe 1, outro de 57 (GWh) para a classe 3 e a classe 2 entre as outras classes. A distribuição resultante pode ser observada na Tabela 4-15.

Tabela 4-15 Divisão de Classes da Oferta de Energia Solar (GWh) para o Período de 2008 a 2020 com as suas Respetivas Percentagens

2008-2020	(GWh)		Percentagem
	Classe 1	<40	45%
Classe 2	40-57	19%	
Classe 3	>57	37%	

Na Tabela 4-16 a seguir, após a definição das classes, foram empregues os valores futuros para o período de 2041 até 2070, obtendo-se assim as percentagens para cada classe. Tal distribuição pode significar uma redução até 4% na oferta máxima de energia solar que se encontra na classe 3.

Tabela 4-16 Divisão de Classes da Oferta de Energia Solar (GWh) para o Período Futuro de 2041 a 2070 com as suas Respetivas Percentagens

2041-2070	(GWh)		Percentagem
	Classe 1	<40	30%
	Classe 2	40-57	37%
	Classe 3	>57	33%

Já em comparação para o período futuro de 2071 a 2100, tem-se a mesma redução até 4% empregue na classe 3, e para além disso, nota-se um aumento na percentagem da classe 2, o que pode estar condicionado pelo tipo de método empregue no cálculo das classes. Além disso, existem outras componentes que influenciam a oferta de energia solar, e que não são contabilizados nestes cálculos, como já citado anteriormente.

Tabela 4-17 Divisão de Classes da Oferta de Energia Solar (GWh) para o Período Futuro de 2071 a 2100 com as suas Respetivas Percentagens

2071-2100	(GWh)		Percentagem
	Classe 1	<40	31%
	Classe 2	40-57	36%
	Classe 3	>57	33%

É possível observar uma melhor distribuição de dados entre as classes 1, 2 e 3, o que seria por definição uma oferta mais equilibrada entre a classe com valores máximos, a classe com valores intermédios e a classe com valores mínimos. Apesar da sua diminuição ao longo dos anos, seria possível prever quais os investimentos mais adequados para esse tipo de fonte de energia e assim melhorar a sua eficiência no futuro.

4.5. Comparação com Estudo de Investigação

Após a obtenção dos resultados deste estudo, é de extrema importância sua comparação com os resultados do estudo de investigação realizado anteriormente. O estudo de investigação obteve uma redução na oferta de energia hídrica de cerca de 15% o que, comparado com este estudo que evidencia uma redução de 12%, permite constatar uma determinada semelhança nos resultados entre os estudos. Já para a energia eólica, o estudo de investigação obteve uma redução de mais de 10%. No presente estudo atingiu-se um resultado de redução de 24% da oferta de energia eólica, podendo esta discrepância estar relacionada aos cenários e enquadramentos associados aos diferentes estudos. Uma outra comparação que pode ser feita é associada à energia solar, em que o estudo de investigação obteve um resultado de aumento até 20% na oferta de energia solar, porém este estudo prevê que existirá uma redução de 4% na oferta de energia solar. Esta diferença entre os estudos pode resultar de outras condicionantes que afetam a oferta de energia solar e que não foram levadas em consideração. Por exemplo para o caso de Portugal que tem níveis de radiação solar acima da média de muitos Países Europeus, é esperado que o aumento das temperaturas médias do ar possam condicionar a eficiência dos sistemas fotovoltaicos instalados.

5. Conclusão e Perspetivas de Trabalho Futuro

5.1. Conclusão

Levando em consideração as limitações deste estudo, e no que concerne à resolução dos dados, não foi possível obter parâmetros com grande detalhe, tendo sido feito um trabalho a nível nacional em Portugal Continental, não tendo sido possível uma análise por região, como seria desejável.

Pôde ser verificado que existe uma influência das alterações climáticas na oferta de energia de origem renovável. Estão a ser estudadas as energias renováveis provenientes da precipitação, radiação solar e da velocidade do vento, tendo-se verificado no cenário considerado que há uma tendência de diminuição da oferta de energia para as três componentes ao longo dos anos e até 2100. Para o período de 2071 a 2100 verifica-se uma diminuição até 12% na oferta máxima de oferta de energia hídrica, bem como uma diminuição até 24% na oferta máxima de oferta de energia eólica e também uma diminuição até 4% na oferta máxima de oferta de energia solar.

Existem formas mais aprofundadas de se realizar o estudo do passado, do presente e do futuro das alterações climáticas e sua influência na matriz energética das fontes renováveis, porém não se têm dados detalhados da oferta de energia e do histórico observado das variáveis ao nível diário. Ou seja, mesmo utilizando as resoluções temporais e espaciais que estavam à disposição em Portugal Continental, este estudo trouxe uma conclusão inicial bastante relevante. Um investimento maior na integração de fontes de energia renováveis pode ser emblemático, sendo, porém, crucial a elaboração de planos de contingência para possíveis crises no futuro. Este olhar crítico é essencial para mitigar os impactos que são sentidos em muitos outros setores.

Por fim, incorporar a previsibilidade de eventos climáticos futuros no planeamento das ações tomadas hoje com vista à otimização dos processos de captação é um grande desafio, mas bastante necessário de ser implementado. Sem políticas mais ambiciosas e criteriosas para a implantação de fontes renováveis nos sistemas de abastecimento elétrico, é gerada uma falsa percepção e poderá vir a mascarar-se o potencial dos recursos renováveis. Em virtude disso, as análises das projeções climáticas mostram-se uma ferramenta para prover respostas cada vez mais próximas à realidade.

5.2.Perspetivas de Trabalho Futuro

Ao longo deste estudo foram encontradas diversas limitações que impossibilitaram o aprofundamento da análise da oferta e da procura de energia bem como as alterações climáticas entre o passado e o futuro. Com a intenção de avançar para um melhor desenvolvimento deste estudo, propõem-se as seguintes perspetivas de trabalho futuro.

Limitações dos Dados

Limitações de dados climáticos como o observado no passado para as variáveis da Velocidade do Vento, Radiação e Humidade Relativa, são um obstáculo na análise do passado, a fim de entender o comportamento para o futuro. A dispersão das estações meteorológicas ao longo do território nacional, pode também causar uma baixa exatidão na medição das variáveis climáticas. A viabilização do estudo por região será primordial, garantindo melhores correlações entre as variáveis climáticas e de energia, permitindo uma melhor análise do impacto das alterações climáticas nos dados de oferta de energia.

Análise Multivariada

A análise multivariada das variáveis de radiação solar e temperatura será essencial para melhor entender a geração de energia solar. Esta análise ajudará a identificar padrões sazonais e diurnos na oferta de energia, permitindo otimizar o design de sistemas fotovoltaicos e a seleção criteriosa de locais ideais para parques solares. Além disso, é fundamental considerar o ponto crítico de temperatura média do ar de 25°C, que é o limiar para o qual os painéis solares atingem o rendimento máximo.

Análise da Procura de Energia

Um trabalho futuro poderá incidir na avaliação dos impactos das alterações climáticas em diferentes setores de atividade, sendo esperado que a procura de energia em edifícios residenciais e não residenciais tenda ser muito influenciada por estes fenómenos. As necessidades de climatização de espaços interiores, que serão garantidos por meio de sistemas elétricos, serão inevitavelmente sensíveis ao fenómeno das alterações climáticas.

Além desses próximos passos, é importante promover uma abordagem integrada e colaborativa, envolvendo governos, indústrias, instituições de pesquisa e a sociedade em geral. Essa cooperação permitirá o avanço no estudo e na implementação das energias renováveis, considerando as alterações climáticas e visando um futuro mais sustentável e resiliente em termos energéticos.

6. Bibliografia

- [1] “Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA),” 2023. [Online]. Available: <https://www.unep.org/>.
- [2] “Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO),” 2023. [Online]. Available: <https://www.unido.org/>.
- [3] “IPCC,” 12 11 2022. [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/>.
- [4] “DGEG,” 17 05 2023. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/>.
- [5] G. Parvin e P. Ashofteh, “Performance Indexes Analysis of the Reservoir-Hydropower,” 5 Setembro 2022.
- [6] M. T. Tolmasquim, “Energia Renovável hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica,” 2016.
- [7] F. V. e. R. G. M. Riccardo Bonanno, “Climate change impacts on wind power generation for the Italian peninsula.,” 11 2022.
- [8] “Portal Solar,” 2023. [Online]. Available: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html>.
- [9] Y. Noorollahi, A. Golshanfard, S. Ansaripour, A. Khaledi e M. Shadi, “Solar energy for sustainable heating and cooling energy system,” 11 2020.
- [10] A. L. C. T. C. J. L. a. E. A. Rodric M. Nonki, “Impact of climate change on hydropower potential of the,” 11 2021.
- [11] L. Raymond, D. Gotham, W. McClain, S. Mukherjee, R. Nateghi, P. V. Preckel, P. Schubert, S. Singh e E. Wachs, “Projected climate change impacts on Indiana’s Energy,” 01 2019.
- [12] “CUPERNICUS,” 05 05 2023. [Online]. Available: <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/wind-solar-energy-resources>.
- [13] D. d. S. J. J Nuno Fidalgo, “Impact of Climate Changes on the Portuguese Energy Generation Mix,” 2022.
- [14] “EMBER,” 05 05 2023. [Online]. Available: <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2023/>.

- [15] “Relatório Energia em Portugal (REN),” 2023. [Online]. Available: www.ren.pt.
- [16] “Agência para a Energia (ADENE),” 2023. [Online]. Available: www.adene.pt.
- [17] “Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE),” 2023. [Online]. Available: www.erse.pt.
- [18] M. L. S. F. Sousa, “A problemática da estratégia no sector das Energias renováveis em Portugal,” 2011.
- [19] A. Claro, J. A. Santos e D. Carvalho, “Assessing the Future wind Energy Potential in Portugal Using,” 5 Janeiro 2023.
- [20] M. T. Tolmasquim, “Energia Renovável hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica,” 2016.
- [21] J. P. Ramião, C. C. Santos, R. Pinto e C. Pascoal, “Hydropower Contribution to the Renewable Energy Transition Under Climate Change,” 6 Dezembro 2022.
- [22] M. Prado, “Expresso,” 18 Fevereiro 2023. [Online]. Available: https://expresso.pt/economia/economia_energia/2023-01-19-Producao-hidroeletrica-em-Portugal-alcancou-novo-maximo-historico-a-4-de-janeiro-92952dc5.
- [23] E. A. d. O. Serão, “Climate and land use change: future impacts on hydropower and revenue for the amazon”.
- [24] “Agência Internacional de Energia (IEA),” [Online]. Available: <https://www.iea.org/topics/solar-energy>.
- [25] “European Small Hydropower Association (ESHA),” [Online]. Available: <https://www.esha.be/>.
- [26] “European Renewable Energy Council (EREC),” [Online]. Available: <http://www.erec.org/>.
- [27] “IBERDROLA,” 17 05 2023. [Online]. Available: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/energia-eolica>.
- [28] “European Commission Energy,” [Online]. Available: https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/solar_en.
- [29] “Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA),” [Online]. Available: <https://www.irena.org/>.
- [30] “Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project,” [Online]. Available: <https://www.isimip.org/>. [Acedido em 2023].

- [31] D. E. H. J. G. S. G. Y. S. R. S. d. S. G. I. M. H. a. D. P. v. V. Victhalia Zapata, “Climate change impacts on the energy system: a model comparison,” 02 2022.
- [32] “Portal do Clima,” 15 Janeiro 2023. [Online]. Available: <http://portaldoclima.pt/pt/>.
- [33] D. Jones, “Ember,” 5 Maio 2023. [Online]. Available: <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2023/>.
- [34] V. B. D. B. S. B. J. E. W. H. Y. J. H. M. D. L. M. J. S. D. S. a. M. J. S. Thomas Wilbanks, “Effects of Climate Change on Energy Production and Use in the United State”.
- [35] “EPE,” 10 11 2016. [Online]. Available: <https://www.epe.gov.br/pt>.
- [36] “PPE,” 15 11 2022. [Online]. Available: <http://www.ppe.ufrj.br/index.php/pt/>.
- [37] “APREN,” 15 11 2022. [Online]. Available: <https://www.apren.pt/pt/publicacoes/apren/estudo-marktest-and-apren-notoriedade-e-imagem-das-energias-renovaveis>.
- [38] “IPMA,” 15 11 2022. [Online]. Available: <https://www.ipma.pt/pt/index.html>.
- [39] “PORTAL DO CLIMA,” 15 11 2022. [Online]. Available: <http://portaldoclima.pt/pt/>.
- [40] “PORDATA,” 15 11 2022. [Online]. Available: <https://www.pordata.pt/>.
- [41] E. E. Rego, “Usinas hidrelétricas reversíveis (UHR): Desafios para inserção em mercados de energia elétrica.”.
- [42] E. E. Rego, “Repotenciação e Modernização de Usinas Hidrelétricas. Ganhos de eficiência, energia e capacidade.”.
- [43] M. A. C. d. Silva, “Factores de Sustentabilidade em Energias Renováveis.”.
- [44] “APREN,” 21 11 2022. [Online]. Available: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>.
- [45] “CUPERNICUS,” 15 11 2022. [Online]. Available: https://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access_eobs_chunks.php.
- [46] “Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030),” 2023. [Online]. Available: www.pnec2030.gov.pt.

Anexos

Anexo A - Tabela da Oferta de Energia em Portugal Continental ao longo dos anos 2000 a 2020

[GWh]	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Hídrica	11 715	14 375	8 257	16 054	10 147	5 118	11 467	10 449	7 296	9 014	16 547	12 114	6 660	14 868	16 412	9 800	16 916	7 632	13 628	10 243	13 633
Eólica	238	347	442	565	866	1 773	2 925	4 037	5 757	7 577	9 182	9 162	10 260	12 015	12 111	11 608	12 474	12 248	12 617	13 667	12 299
Solar	-	-	-	-	-	3	5	24	38	160	225	280	393	479	627	799	871	993	1 006	1 342	1 716
Geotérmica	10	14	18	24	34	71	85	201	192	184	197	210	146	197	205	204	172	217	230	215	217
- Gás Natural	12 737	11 601	14 577	11 446	17 370	20 990	18 136	19 326	22 916	21 282	20 242	19 422	10 884	3 243	3 266	10 466	14 316	25 215	2 025	21 995	22 823
- Carvão	37 280	34 278	38 644	37 335	37 528	38 601	38 103	31 477	28 427	32 951	18 575	25 589	33 623	30 632	31 008	37 742	32 936	37 635	31 215	14 394	6 466
- Biomassa	2 026	2 030	2 298	2 423	2 487	2 814	2 796	3 069	3 075	3 969	5 312	5 789	5 994	4 945	5 149	5 639	5 460	5 341	5 513	6 229	7 441
Importações (elétrico)	4 698	3 741	5 329	5 898	8 612	9 626	8 624	9 641	10 744	7 598	5 814	6 742	10 766	8 100	7 247	8 077	4 616	5 506	5 668	8 099	7 553
Exportações (elétrico)	3 767	3 502	3 430	3 104	2 131	2 802	3 183	2 153	1 313	2 822	3 191	3 929	2 871	5 324	6 344	5 811	9 701	8 190	8 325	4 700	6 097
Consumo de Energia Primária (elétrico)	12 894	14 975	10 616	19 437	17 531	13 789	19 923	22 199	22 714	21 711	28 773	24 579	25 354	30 335	30 258	24 676	25 348	18 405	24 824	28 866	29 320
Importações (global)	281 986	277 842	285 698	287 858	293 304	319 330	305 516	285 343	279 335	268 135	254 745	258 831	262 750	273 013	257 269	307 472	296 741	322 199	293 693	282 181	240 817
Exportações (global)	21 114	19 813	27 827	23 237	25 892	30 996	43 510	31 845	31 619	30 464	38 524	41 228	50 431	75 859	67 726	91 291	93 914	94 596	76 199	67 632	72 553
Consumo de Energia Primária (global)	294 473	293 540	306 211	299 265	307 505	314 964	301 991	292 091	281 568	278 035	268 625	257 088	249 789	249 546	250 179	263 185	259 331	268 834	261 346	261 276	241 755
Transportes Marítimos Internacionais	5 861	4 083	4 385	4 963	5 881	4 844	5 473	5 341	5 694	5 145	5 334	6 490	7 020	7 473	7 071	7 365	8 573	9 019	9 386	11 058	7 948
Aviação Internacional	3 829	3 864	3 548	3 902	4 457	4 785	4 982	9 816	10 168	9 520	10 336	10 561	10 734	10 854	11 649	12 192	13 068	14 889	15 858	16 955	6 082
Dependência Energética (MIX ENERGÉTICO GLOBAL)	86%	86%	82%	86%	84%	89%	84%	83%	83%	81%	76%	79%	79%	74%	70%	76%	72%	78%	76%	74%	66%
Dependência Energética (MIX ELÉTRICO)	7%	2%	18%	14%	37%	49%	27%	34%	42%	22%	9%	11%	31%	9%	3%	9%	-20%	-15%	-11%	12%	5%

Anexo B - Tabela de Procura de Energia Elétrica por Setor de Atividade em Portugal Continental

Setor [MWh]	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Residencial	10 056 100	10 624 534	11 381 969	11 835 460	12 432 290	13 242 096	13 406 262	13 863 081	13 461 302	14 187 895	14 521 779
Serviços	11 865 000	12 623 718	13 065 944	13 903 513	14 489 954	15 084 253	16 039 310	16 375 163	16 594 640	16 817 186	17 208 419
Indústria	14 294 162	14 360 211	14 598 425	14 905 815	15 102 338	14 817 643	15 354 068	16 065 395	15 581 500	14 231 709	15 477 791
Agricultura e Pescas	715 100	779 730	847 349	889 347	981 238	989 000	964 836	1 022 174	1 014 163	986 407	1 025 163

Setor [MWh]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Residencial	13 755 000	12 898 000	12 311 860	12 804 302	12 756 314	12 972 686	12 604 407	13 351 291	13 223 360	13 701 802
Serviços	16 888 000	16 394 442	16 258 570	15 742 174	15 997 872	16 300 256	16 207 302	16 454 035	16 306 965	14 894 186
Indústria	15 233 174	14 536 686	14 386 500	14 534 581	14 840 244	14 881 814	15 370 372	15 689 047	15 820 140	15 289 779
Agricultura e Pescas	981 163	1 004 291	925 267	828 488	910 860	889 081	1 048 291	1 109 291	1 091 326	1 070 209

Anexo C - Tabela da Potência Instalada nas Centrais Produtoras de Energia Elétrica

Unidade: MW	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total	16 477	18 109	19 631	20 630	20 425	19 625	*19 679	20 184	21 305	21 616	*21 824	*22 264	22 455
* Não Renovável	8 018	9 005	9 948	10 006	9 372	8 312	8 001	7 909	7 888	7 852	7 830	7 859	7 851
Carvão	1 871	1 871	1 871	1 871	1 871	1 871	1 871	1 871	1 871	1 871	1 871	1 871	1 871
Gás natural	2 854	3 804	4 714	4 758	4 957	4 986	5 023	4 964	5 001	4 984	4 991	*5 023	5 021
<i>Cogeração</i>	478	640	700	742	949	975	961	905	942	928	935	966	965
Outros ⁽¹⁾	3 293	3 330	3 363	3 377	2 544	1 455	*1 107	1 074	1 016	997	*968	*965	959
<i>Cogeração</i>	659	625	580	593	519	494	375	339	271	263	234	234	234
* Renovável	8 459	9 104	9 683	10 624	11 053	11 313	11 678	12 275	13 417	13 764	13 994	*14 405	14 605
Hídrica	4 857	4 882	4 896	5 332	5 537	5 535	5 570	6 031	6 812	7 086	7 098	7 129	7 129
Hídrica < 10 MW	324	349	363	357	383	370	380	389	390	394	394	395	395
Hídrica >= 10 MW	4 533	4 533	4 533	4 975	5 154	5 165	5 190	5 642	6 422	6 692	6 704	6 734	6 734
<i>da qual em bombagem</i>	1 040	1 040	1 040	1 040	1 271	1 271	1 310	1 687	2 467	2 737	2 737	2 737	2 737
Eólica	3 058	3 564	3 914	4 378	4 529	4 731	4 953	5 034	5 313	5 313	5 379	*5 459	5 502
Fotovoltaica	62	110	134	174	244	299	419	454	520	585	673	*907	1 076
Biomassa ⁽²⁾	437	495	679	661	651	651	625	641	653	653	718	782	771
<i>Cogeração</i>	323	323	476	459	441	441	416	428	434	434	484	467	456
Biogás	16	24	31	50	62	67	81	85	89	92	92	94	93
<i>Cogeração</i>	3	6	6	7	6	6	7	8	8	8	8	*9	9
Geotermia	29	29	29	29	29	29	29	29	29	34	34	34	34
Ondas	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0

Anexo D - Tabela do Histórico de Dados Observados para TN e TG

TEMPERATURA MÍNIMA [°C]													
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
2000	2,36	6,70	7,41	8,15	12,08	14,76	15,48	15,73	13,90	10,39	7,64	8,04	10,22
2001	6,44	5,98	9,40	8,44	10,82	14,24	15,37	16,06	14,34	12,64	5,50	3,35	10,22
2002	5,43	5,58	7,62	8,16	9,66	13,68	15,41	14,80	14,25	12,47	8,30	6,05	10,12
2003	4,16	4,55	8,05	8,62	11,39	14,99	15,04	17,96	15,29	10,88	8,45	5,46	10,40
2004	6,20	5,58	6,00	7,64	10,78	16,36	16,09	15,96	14,45	11,74	6,52	4,40	10,14
2005	2,15	1,37	6,37	8,78	11,41	15,89	16,30	16,74	13,74	12,35	6,62	4,41	9,68
2006	3,14	3,61	7,64	9,83	11,66	15,04	17,17	16,71	15,24	13,95	11,14	4,63	10,81
2007	4,55	6,85	6,28	8,63	11,12	13,16	14,77	14,99	14,67	10,91	5,70	4,20	9,65
2008	5,98	7,12	6,52	9,21	10,63	13,64	14,67	14,70	13,52	10,26	4,70	4,39	9,61
2009	4,60	4,30	7,25	6,60	10,63	14,90	14,38	15,80	14,02	12,88	9,50	5,58	10,04
2010	5,50	5,03	6,58	9,58	10,34	13,90	16,66	17,04	14,25	10,15	7,00	5,18	10,10
2011	5,41	4,77	6,72	11,12	13,13	13,12	14,60	15,56	14,13	11,86	8,08	4,60	10,26
2012	2,98	0,86	6,39	7,56	11,78	14,03	14,39	14,98	14,76	11,06	7,35	6,07	9,35
2013	5,69	4,04	7,53	8,03	8,84	12,66	16,21	15,84	14,91	12,87	6,89	4,68	9,85
2014	7,59	6,46	7,21	10,28	10,60	13,16	15,02	14,75	15,20	13,62	9,45	3,65	10,58
2015	2,87	4,31	6,13	9,26	11,88	14,70	15,93	15,41	12,73	12,54	8,26	7,40	10,12
2016	7,07	5,95	5,26	8,23	10,72	13,85	16,46	16,16	14,07	11,91	7,23	5,55	10,21
2017	2,98	6,32	6,83	8,91	11,99	15,10	15,26	15,19	12,42	12,03	6,86	4,23	9,84
2018	4,30	3,15	6,18	7,97	10,25	13,88	15,05	16,60	15,79	10,67	7,91	5,96	9,81
2019	3,31	4,46	6,12	7,64	11,12	11,66	15,38	15,36	13,90	11,08	8,53	6,76	9,61
2020	5,26	6,96	6,94	9,26	12,60	12,88	16,83	15,53	14,44	9,88	9,47	5,85	10,49

TEMPERATURA MÉDIA [°C]													
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
2000	8,36	11,35	13,09	11,66	16,80	21,27	22,00	22,60	20,68	15,73	12,84	11,09	15,62
2001	9,54	10,68	12,90	13,75	16,04	20,97	21,64	23,70	20,46	16,66	10,52	7,56	15,37
2002	9,48	10,54	12,52	13,82	15,16	20,27	22,38	21,76	19,33	16,76	12,04	10,11	15,35
2003	8,59	8,69	12,88	13,50	17,91	21,74	21,75	25,09	21,80	15,29	12,16	9,20	15,72
2004	10,24	10,28	11,18	13,63	16,30	23,25	23,30	22,34	21,21	16,58	11,51	8,90	15,73
2005	7,69	7,50	11,92	14,38	17,53	22,80	23,23	24,23	20,66	17,38	11,06	8,95	15,61
2006	7,65	8,71	11,89	14,96	18,11	21,06	23,82	23,43	21,16	18,11	14,65	9,01	16,05
2007	8,90	10,74	11,62	14,10	16,55	18,78	21,58	21,77	21,07	16,75	11,92	8,97	15,23
2008	10,34	11,82	11,56	14,33	15,05	20,27	21,20	21,39	19,52	15,83	9,95	8,45	14,98
2009	8,00	9,65	13,58	12,10	17,08	20,96	21,28	23,10	20,96	18,43	13,20	9,44	15,65
2010	8,80	8,88	11,02	15,04	15,99	20,05	24,20	24,42	20,87	15,63	11,21	8,93	15,42
2011	9,13	10,00	11,45	17,10	19,00	20,02	21,55	22,23	20,82	18,91	12,34	9,27	15,99
2012	8,49	7,59	13,11	11,96	17,51	20,32	21,56	22,01	21,39	16,20	11,52	10,00	15,14
2013	9,56	8,85	11,16	13,45	14,89	19,26	23,41	23,39	21,74	17,59	11,75	9,65	15,39
2014	10,77	10,24	12,43	15,13	16,98	19,48	21,54	21,53	20,73	18,94	13,21	8,58	15,80
2015	8,25	8,73	12,18	15,08	18,67	21,85	23,14	22,34	19,31	17,05	13,42	11,80	15,99
2016	10,79	10,11	10,47	13,05	15,79	20,57	24,32	24,20	21,52	17,61	12,11	10,41	15,91
2017	8,26	11,05	12,36	16,09	18,48	22,34	22,74	23,02	19,95	19,57	12,84	9,29	16,33
2018	9,04	8,55	10,29	13,22	16,07	19,53	21,15	24,50	23,00	16,64	11,87	10,59	15,37
2019	8,63	10,63	12,79	13,00	18,11	18,20	22,19	22,53	20,95	16,75	12,12	10,99	15,57
2020	9,59	12,43	12,32	13,91	19,00	19,41	25,09	22,77	21,34	15,36	13,68	9,75	16,22

Anexo E - Tabela do Histórico de Dados Observados para TX e RR

TEMPERATURA MÁXIMA [°C]													
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
2000	14,36	16,00	18,77	15,18	21,51	27,79	28,52	29,47	27,45	21,08	18,04	14,14	21,03
2001	12,64	15,37	16,40	19,05	21,26	27,70	27,92	31,34	26,58	20,68	15,54	11,77	20,52
2002	13,53	15,50	17,42	19,49	20,66	26,85	29,34	28,72	24,41	21,05	15,79	14,16	20,58
2003	13,03	12,83	17,70	18,38	24,42	28,49	28,47	32,23	28,30	19,69	15,88	12,94	21,03
2004	14,28	14,97	16,36	19,63	21,83	30,14	30,52	28,72	27,97	21,42	16,50	13,40	21,31
2005	13,22	13,63	17,47	19,97	23,65	29,72	30,17	31,73	27,58	22,41	15,50	13,49	21,55
2006	12,16	13,82	16,14	20,10	24,55	27,08	30,46	30,14	27,07	22,26	18,16	13,39	21,28
2007	13,24	14,62	16,96	19,56	21,97	24,40	28,38	28,54	27,47	22,59	18,13	13,74	20,80
2008	14,70	16,51	16,60	19,45	19,46	26,90	27,74	28,09	25,53	21,40	15,20	12,50	20,34
2009	11,40	15,00	19,91	17,60	23,53	27,01	28,18	30,40	27,90	23,99	16,90	13,30	21,26
2010	12,10	12,73	15,46	20,49	21,64	26,20	31,75	31,80	27,49	21,10	15,42	12,67	20,74
2011	12,84	15,24	16,17	23,08	24,86	26,93	28,50	28,91	27,51	25,96	16,61	13,93	21,71
2012	14,01	14,32	19,83	16,36	23,24	26,60	28,73	29,04	28,03	21,33	15,70	13,92	20,93
2013	13,43	13,66	14,79	18,88	20,94	25,86	30,60	30,95	28,58	22,30	16,62	14,62	20,94
2014	13,94	14,02	17,65	19,98	23,36	25,79	28,05	28,31	26,27	24,26	16,98	13,51	21,01
2015	13,62	13,15	18,24	20,90	25,46	29,00	30,35	29,27	25,89	21,57	18,58	16,21	21,85
2016	14,50	14,27	15,69	17,88	20,85	27,29	32,19	32,23	28,96	23,31	16,99	15,26	21,62
2017	13,54	15,79	17,89	23,27	24,96	29,57	30,22	30,86	27,49	27,11	18,81	14,34	22,82
2018	13,79	13,96	14,39	18,47	21,89	25,17	27,25	32,41	30,21	22,61	15,83	15,21	20,93
2019	13,96	16,79	19,46	18,35	25,10	24,73	29,00	29,70	28,00	22,42	15,71	15,22	21,54
2020	13,91	17,89	17,71	18,56	25,40	25,94	33,34	30,00	28,23	20,84	17,88	13,66	21,95

PRECIPITAÇÃO ACUMULADA [mm]													
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	SOMA
2000	31,60	21,90	28,50	208,10	127,30	5,10	58,20	40,00	28,20	61,10	170,30	311,50	1091,80
2001	254,20	106,10	273,80	25,50	72,70	6,60	19,30	11,40	44,70	147,60	20,00	37,30	1019,20
2002	90,90	40,60	106,40	49,60	38,80	16,70	5,90	9,00	105,10	128,30	181,60	184,20	957,10
2003	169,30	87,20	68,70	111,00	7,30	19,10	12,80	19,80	13,70	192,50	136,50	93,70	931,60
2004	72,40	51,10	48,40	40,20	36,20	4,20	1,40	41,00	17,40	164,40	21,00	44,20	541,90
2005	7,20	19,70	56,40	32,10	32,10	6,80	8,90	2,70	15,30	150,10	95,10	76,70	503,10
2006	43,79	67,78	126,62	58,00	6,08	39,50	10,40	22,70	68,00	207,50	213,38	74,90	938,65
2007	24,10	116,90	33,80	46,80	56,50	56,80	13,20	15,60	33,60	33,20	55,60	37,70	523,80
2008	96,60	64,50	36,10	138,70	76,40	13,10	5,60	9,40	42,10	43,10	34,63	82,50	642,73
2009	140,10	72,00	20,90	46,80	28,60	43,20	15,40	4,90	8,30	91,00	122,80	233,40	827,40
2010	146,70	170,80	128,10	77,10	36,30	33,90	1,30	1,24	10,60	151,30	111,30	194,50	1063,14
2011	102,60	96,90	71,80	74,80	67,20	6,00	2,90	15,40	28,60	84,80	158,30	41,20	750,50
2012	20,40	2,20	20,80	76,60	73,20	14,00	4,50	14,40	43,70	103,70	143,00	119,00	635,50
2013	146,70	63,70	229,10	67,20	29,60	15,70	7,00	1,50	58,00	163,40	20,80	136,80	939,50
2014	161,60	209,70	54,30	93,40	43,90	26,10	23,30	7,90	112,60	119,50	217,40	28,50	1098,20
2015	83,00	37,20	17,60	59,40	41,10	20,50	3,50	6,80	54,80	147,10	53,60	75,00	599,60
2016	189,00	150,00	67,00	136,50	142,90	12,20	3,10	4,50	24,30	75,40	120,12	66,58	991,60
2017	62,40	113,50	80,90	11,50	66,20	9,60	5,30	8,20	2,00	26,90	56,90	97,90	541,30
2018	76,50	65,60	272,10	118,50	38,50	48,50	7,80	1,80	8,10	70,40	178,00	54,00	939,80
2019	57,30	34,40	45,30	117,20	13,30	23,80	5,90	16,20	19,80	79,30	160,80	182,30	755,60
2020	76,00	16,60	71,90	117,10	51,20	8,60	4,20	13,90	36,20	117,90	109,40	123,80	746,80

Anexo F - Tabela de Dados do E-OBS para TN e TG em Escala Mensal entre 2000 e 2020

TN - Daily Minimum Temperature [°C]

MÊS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	MÉDIA MENSAL
Janeiro	4,82	2,06	6,79	5,73	6,34	4,71	6,09	2,42	4,43	3,66	4,52	6,28	3,73	5,64	6,84	2,60	5,61	7,15	2,75	4,99	6,77	4,95
Fevereiro	7,21	6,79	6,21	5,41	7,16	4,78	5,65	1,81	3,25	3,38	6,32	5,34	2,04	4,42	6,07	4,41	4,50	5,85	6,57	3,56	6,16	5,09
Março	8,90	7,52	9,20	7,51	8,04	8,28	5,67	6,29	6,85	7,09	6,38	7,50	7,58	7,29	6,62	6,35	7,29	5,23	7,06	6,38	6,62	7,12
Abril	11,14	7,69	8,66	7,72	7,64	8,90	7,83	8,95	8,97	9,70	8,61	12,22	8,21	7,96	10,07	9,75	7,96	8,04	9,40	8,40	10,07	8,95
Mai	11,22	11,94	10,50	9,64	11,25	11,22	10,41	11,40	11,90	11,27	10,47	14,14	12,93	8,81	10,71	12,07	8,81	10,71	12,12	10,50	10,71	11,08
Junho	12,64	14,84	13,90	13,30	13,44	15,11	16,35	15,85	13,95	14,73	12,71	14,56	15,26	12,99	13,69	14,87	12,99	13,84	15,81	14,04	13,69	14,22
Julho	15,94	15,33	14,88	14,83	15,80	15,02	16,45	16,37	16,55	16,45	14,03	15,79	15,97	16,61	15,47	16,44	16,61	16,62	15,54	15,48	15,47	15,79
Agosto	16,05	15,83	16,08	14,85	17,54	18,86	16,48	16,74	15,68	15,93	15,05	16,71	16,60	16,02	15,39	15,64	16,02	16,41	15,62	16,75	15,39	16,17
Setembro	15,40	13,93	14,39	14,01	14,99	15,98	14,44	14,07	14,33	14,64	14,19	15,21	16,10	14,95	15,73	12,87	14,95	14,23	12,87	16,00	15,73	14,72
Outubro	13,35	10,63	12,69	12,71	10,45	11,93	12,08	12,32	11,67	12,72	10,82	12,41	11,99	12,51	13,72	12,63	12,51	12,16	12,47	11,31	13,72	12,23
Novembro	9,65	7,63	5,78	8,72	7,65	9,31	6,27	7,25	5,48	10,50	5,92	8,64	8,14	6,56	9,48	8,72	6,56	7,54	7,24	8,42	9,48	7,85
Dezembro	6,87	8,13	2,56	7,93	3,10	5,79	4,56	4,07	5,49	4,03	4,25	5,37	6,52	4,36	4,32	7,61	4,36	5,94	4,62	6,61	4,32	5,28

TG - Daily Mean Temperature [°C]

MÊS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	MÉDIA MENSAL
Janeiro	8,24	6,47	9,74	9,30	9,85	8,74	9,64	7,00	8,49	7,42	8,47	9,26	8,52	9,14	9,97	7,12	9,07	10,50	7,52	9,05	9,93	8,74
Fevereiro	11,69	11,81	10,54	10,54	11,79	9,01	9,99	7,72	9,34	8,23	10,08	10,32	8,47	8,63	9,63	8,60	8,73	9,91	10,95	8,59	9,68	9,73
Março	15,90	13,36	12,42	12,50	14,02	13,01	10,75	11,49	11,89	11,29	11,73	12,06	13,99	10,65	11,72	12,00	10,65	10,08	12,16	10,04	11,72	12,07
Abril	16,76	11,47	14,12	13,85	11,93	13,78	13,41	14,20	14,59	14,80	13,91	17,79	12,27	13,16	14,85	15,04	13,16	12,70	16,29	13,15	14,85	14,10
Mai	16,22	16,88	16,29	15,29	16,46	17,86	15,78	17,32	17,11	17,90	16,15	19,79	18,58	14,97	17,01	18,86	14,97	15,60	18,32	16,03	17,01	16,88
Junho	17,80	21,70	21,31	20,19	19,89	21,73	22,71	22,42	20,73	20,68	18,29	21,03	20,71	19,63	19,70	21,89	19,63	20,59	22,68	19,26	19,70	20,59
Julho	22,23	22,11	21,51	22,21	23,17	21,51	23,30	22,94	23,88	23,49	21,04	22,11	22,52	23,52	21,89	23,51	23,52	24,51	22,88	21,10	21,89	22,61
Agosto	22,47	23,04	22,84	21,94	24,87	25,20	22,26	23,62	22,41	22,98	21,92	22,78	22,85	23,66	21,79	22,21	23,66	24,20	23,22	24,54	21,79	23,06
Setembro	21,87	20,99	20,66	19,36	20,39	21,76	20,82	20,37	19,94	21,12	20,79	21,44	21,78	21,41	20,29	19,05	21,41	21,36	19,98	22,86	20,29	20,85
Outubro	18,24	16,01	16,94	16,76	16,12	15,81	16,79	16,98	16,35	17,12	16,68	18,84	16,38	16,90	18,49	16,61	16,90	17,17	19,35	16,74	18,49	17,13
Novembro	12,84	11,16	10,68	12,30	12,42	12,54	10,85	11,30	10,32	14,06	11,68	12,39	11,75	10,70	12,51	12,84	10,70	11,55	12,45	11,58	12,51	11,86
Dezembro	10,13	10,93	6,54	11,06	7,92	9,14	8,79	8,31	9,18	8,51	8,37	9,28	10,02	8,61	8,25	11,15	8,61	9,77	8,90	10,20	8,25	9,14

Anexo G - Tabela de Dados do E-OBS para TX e RR em Escala Mensal entre 2000 e 2020

TX - Daily Maximum Temperature [°C]

MÊS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	MÉDIA MENSAL
Janeiro	11,79	11,15	12,87	13,29	13,36	13,05	13,33	11,71	12,77	11,40	12,59	12,58	13,26	13,20	13,40	12,60	13,01	14,33	13,16	13,52	13,38	12,85
Fevereiro	16,22	16,78	15,08	15,70	16,47	13,08	14,46	13,09	14,67	13,12	13,73	15,50	14,81	13,10	13,20	12,72	13,26	13,88	15,45	13,95	13,22	14,36
Março	22,94	19,16	15,89	17,66	20,06	17,94	15,73	16,41	17,14	15,45	17,11	16,78	20,35	14,62	17,34	18,34	14,62	15,62	17,71	14,06	17,34	17,25
Abril	22,58	15,18	19,72	19,91	16,37	18,60	19,28	19,51	20,06	20,00	19,53	23,63	16,37	18,72	20,21	20,84	18,72	17,81	23,50	18,59	20,21	19,49
Mai	21,13	21,80	22,13	20,98	21,65	24,57	21,53	23,57	22,55	24,88	22,32	25,75	24,24	21,21	23,78	25,96	21,21	20,94	24,77	22,15	23,78	22,90
Junho	23,04	28,63	28,71	27,16	26,61	29,11	29,96	29,88	27,79	27,65	24,50	27,72	26,37	26,63	26,25	29,55	26,63	27,67	30,32	25,45	26,25	27,42
Julho	28,78	28,91	28,37	29,85	30,67	28,42	30,78	30,33	30,85	31,51	28,97	28,80	29,45	31,34	29,03	31,60	31,34	32,85	30,99	27,79	29,03	29,98
Agosto	28,81	30,25	29,64	29,26	32,33	32,72	28,45	31,77	28,73	31,25	29,95	29,19	29,54	31,90	29,24	29,81	31,90	32,94	31,70	33,16	29,24	30,56
Setembro	28,16	28,03	27,18	24,74	25,64	28,24	27,36	27,63	24,78	28,63	28,60	28,15	27,70	28,73	26,14	26,31	28,73	29,45	28,13	31,11	26,14	27,60
Outubro	23,01	21,26	21,45	21,09	21,62	19,87	21,95	22,50	20,07	21,98	23,12	25,63	21,15	22,00	24,17	21,35	22,00	23,32	27,31	23,11	24,17	22,48
Novembro	16,06	14,77	15,61	16,08	17,07	15,97	15,05	15,37	15,08	17,97	17,98	16,22	15,37	15,71	16,33	18,36	15,71	16,59	18,76	15,69	16,33	16,29
Dezembro	13,31	13,79	10,91	14,37	12,64	12,45	12,15	12,69	12,90	12,78	12,86	13,29	13,45	13,24	12,97	15,81	13,24	14,46	13,70	14,58	12,97	13,27

RR - Daily Precipitation Sum [mm]

MÊS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	MÉDIA MENSAL
Janeiro	129,7	19,2	206,4	86,2	70,0	136,6	53,5	3,9	69,1	44,3	20,3	83,3	16,6	143,2	182,6	77,0	154,6	197,9	54,1	85,5	185,0	96,1
Fevereiro	13,5	11,5	98,3	26,0	51,4	72,9	47,1	12,0	10,8	63,5	102,9	102,1	0,9	62,1	181,8	29,4	62,1	149,1	113,8	33,1	188,0	68,2
Março	0,0	18,9	225,8	87,5	26,4	59,7	34,3	40,0	56,7	94,4	21,6	70,1	16,3	234,5	55,4	18,5	234,5	64,0	78,3	273,9	55,4	84,1
Abril	44,3	163,2	15,6	41,8	103,1	87,3	34,4	25,8	47,0	37,4	37,8	73,4	71,2	47,8	72,6	63,0	47,8	140,9	6,2	115,4	72,6	64,2
Mai	101,0	81,2	62,3	25,4	70,3	4,0	35,0	24,1	49,8	3,6	60,8	52,3	64,1	29,0	41,4	36,8	29,0	125,9	62,8	32,4	41,4	49,2
Junho	49,2	3,0	4,1	12,6	15,0	10,9	1,1	3,6	2,2	39,3	46,4	3,4	15,1	18,0	30,1	19,6	18,0	13,7	8,3	53,4	30,1	18,9
Julho	15,1	15,0	11,2	4,2	4,8	10,5	0,7	5,1	2,5	4,5	9,4	2,5	5,0	7,4	23,8	3,5	7,4	2,1	10,2	12,8	23,8	8,6
Agosto	21,2	4,8	3,6	9,0	1,1	11,9	39,3	1,0	22,3	21,0	12,9	28,0	6,8	0,5	8,0	12,6	0,5	3,4	3,5	1,0	8,0	10,5
Setembro	16,6	21,9	39,9	71,7	85,3	1,9	10,0	14,1	82,8	47,4	12,1	18,2	45,3	70,9	99,8	45,9	70,9	26,3	3,7	10,6	99,8	42,6
Outubro	105,0	43,8	131,8	100,7	14,7	160,1	137,8	109,2	147,3	171,9	41,6	86,7	91,3	162,3	118,9	116,6	162,3	73,6	27,8	59,4	118,9	103,9
Novembro	292,8	156,0	19,0	163,3	29,3	133,6	27,9	107,1	23,2	198,7	66,5	158,9	117,9	18,6	208,2	44,0	18,6	107,2	54,5	169,7	208,2	110,6
Dezembro	158,6	269,7	29,2	166,7	54,6	80,2	42,2	63,7	76,5	65,7	24,6	34,5	108,2	132,9	25,3	52,4	132,9	58,6	95,7	46,7	25,3	83,0

Anexo H - Tabela de Dados do E-OBS para FG e QQ em Escala Mensal entre 2000 e 2020

FG - Daily Mean Wind Speed [m/s]

MÊS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	MÉDIA MENSAL
Janeiro	1,9	2,9	2,4	2,7	2,8	2,6	2,7	3,2	2,4	2,3	3,9	2,3	3,1	2,7	2,8	3,2	2,7	2,6	2,7	3,0	2,8	2,7
Fevereiro	3,3	3,0	3,0	3,4	2,9	2,4	3,2	2,7	3,4	2,5	2,9	2,8	2,8	2,6	2,6	2,5	2,7	3,2	2,8	2,7	2,6	2,9
Março	3,0	3,5	3,0	3,3	3,5	2,5	3,0	3,1	3,0	2,7	3,0	2,8	3,0	3,1	2,9	3,0	3,1	2,7	3,2	2,8	2,9	3,0
Abril	3,6	2,7	2,6	2,5	3,0	3,1	2,6	2,7	2,8	2,5	2,6	2,7	2,8	2,6	2,5	3,1	2,6	2,7	3,0	2,9	2,5	2,8
Maiο	2,9	2,4	2,8	2,5	2,6	2,6	2,8	2,6	2,5	2,8	2,9	2,5	2,6	2,7	2,8	2,5	2,7	2,5	2,6	2,6	2,8	2,6
Junho	2,4	2,5	2,7	2,5	2,3	2,3	2,6	2,6	2,3	2,4	2,4	2,7	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,7	2,4	2,4	2,5
Julho	2,2	2,7	2,3	2,5	2,6	2,4	2,5	2,4	2,5	2,3	2,9	2,6	2,4	2,4	2,2	2,5	2,4	2,4	2,6	2,5	2,2	2,4
Agosto	2,0	2,1	2,0	2,1	2,3	2,3	2,4	2,4	2,1	2,4	2,4	2,2	2,3	2,2	2,2	2,1	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
Setembro	2,2	2,1	2,3	2,1	2,6	2,2	2,3	2,0	2,2	2,3	2,4	2,2	2,2	2,4	2,1	2,6	2,4	1,9	2,5	2,2	2,1	2,3
Outubro	2,8	2,6	2,1	2,9	3,3	2,6	2,6	2,4	2,9	2,4	2,2	2,4	2,4	2,5	2,2	2,2	2,5	2,6	2,8	2,6	2,2	2,5
Novembro	2,6	2,8	2,9	2,7	2,4	2,4	3,0	2,3	2,4	2,9	2,8	2,0	2,5	2,8	2,4	2,6	2,8	2,8	2,5	2,5	2,4	2,6
Dezembro	2,6	2,4	2,8	2,4	2,4	2,8	2,5	2,9	3,3	2,6	2,6	2,9	2,6	2,8	2,9	2,5	2,8	2,6	3,1	2,7	2,9	2,7

QQ - Daily Mean Global Radiation [W/m²]

MÊS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	MÉDIA MENSAL
Janeiro	75,5	99,7	65,2	76,5	76,6	88,6	76,7	99,1	88,5	86,7	84,5	78,9	101,9	72,2	65,7	85,4	70,0	65,6	92,6	79,0	65,6	80,7
Fevereiro	122,2	134,5	128,4	128,9	129,0	109,8	118,5	140,6	138,3	128,3	101,2	131,5	159,4	117,7	93,0	114,2	117,5	100,9	111,7	128,3	91,5	121,2
Março	214,0	187,5	131,4	164,3	189,8	154,1	170,1	165,7	176,9	151,1	184,7	162,9	202,6	127,0	163,4	173,6	127,0	165,5	162,6	136,3	163,4	165,4
Abril	215,7	170,9	239,2	226,1	200,8	200,3	231,5	219,4	214,3	227,4	220,1	228,9	191,8	215,7	196,7	200,2	215,7	198,0	251,7	198,2	196,7	212,4
Maiο	237,8	237,2	255,6	253,7	236,9	288,0	244,8	265,5	239,2	291,4	256,9	268,4	261,0	256,0	266,3	265,2	256,0	217,1	243,7	246,3	266,3	254,9
Junho	255,7	300,6	306,8	271,8	287,7	276,4	306,0	286,6	296,2	292,0	278,6	307,5	287,0	273,0	269,0	271,2	273,0	289,9	290,5	245,4	269,0	282,6
Julho	273,4	290,5	281,3	295,2	293,4	293,9	306,6	310,7	296,0	302,4	313,7	306,0	314,1	279,7	277,3	289,7	279,7	302,5	296,3	276,9	277,3	293,2
Agosto	254,7	281,9	264,2	273,4	268,9	267,6	262,0	285,4	273,1	291,9	285,5	261,2	281,2	265,9	260,0	244,7	265,9	271,2	269,2	274,8	260,0	269,6
Setembro	204,0	212,5	212,7	186,4	181,4	216,9	217,2	226,8	186,1	215,8	226,8	218,7	212,1	196,0	179,9	201,4	196,0	219,7	225,5	219,1	179,9	206,4
Outubro	137,0	144,0	122,2	122,9	147,8	124,0	130,1	137,0	121,4	123,6	157,7	166,5	138,8	126,5	128,4	117,8	126,5	137,3	158,1	149,1	128,4	135,5
Novembro	73,9	79,8	109,9	79,5	101,1	87,4	105,4	89,8	107,1	84,8	123,1	88,6	88,9	95,9	73,7	96,4	95,9	91,5	109,2	79,5	73,7	92,1
Dezembro	63,4	54,5	78,7	64,0	78,9	67,1	78,3	84,4	69,6	86,1	85,0	81,8	69,9	75,0	76,6	67,0	75,0	78,6	79,2	74,1	76,6	74,5

Anexo I - Tabela de Dados do E-OBS para HU em Escala Mensal entre 2000 e 2020

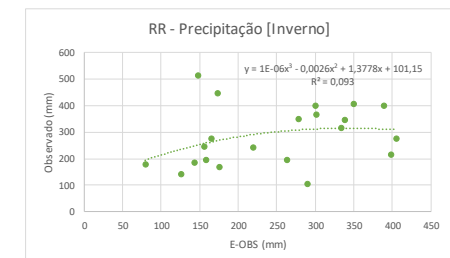
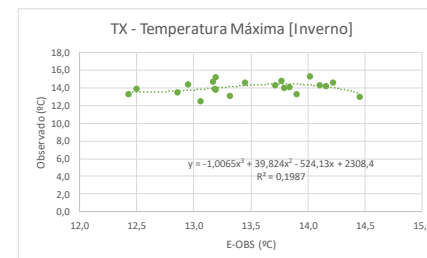
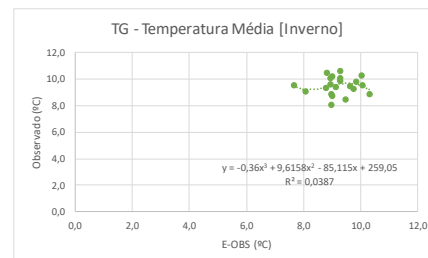
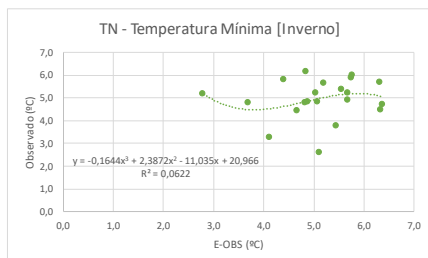
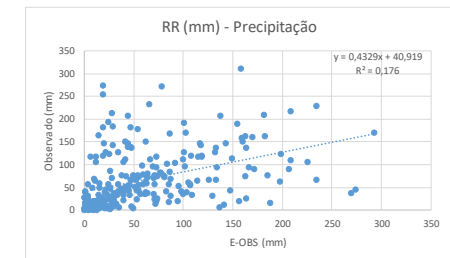
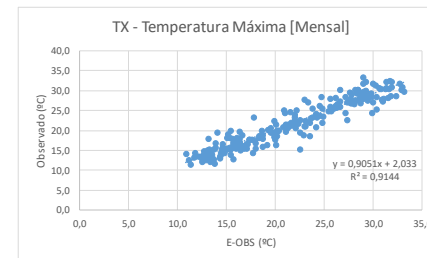
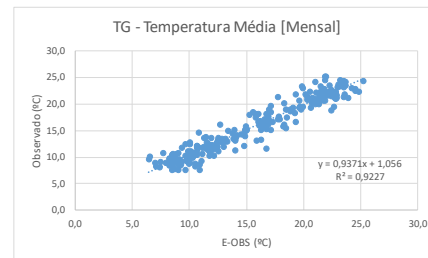
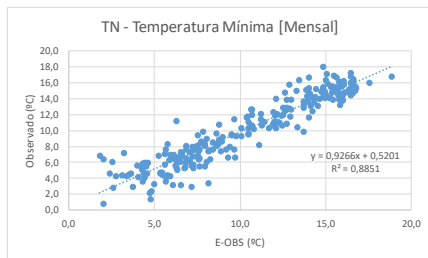
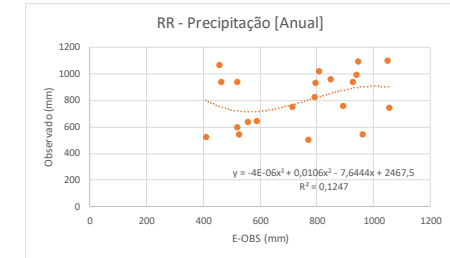
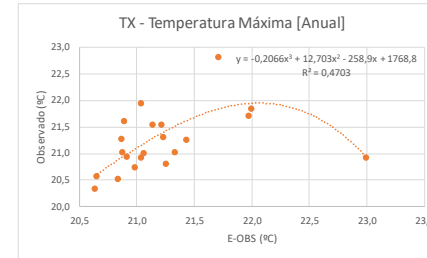
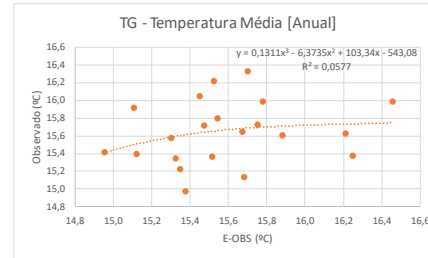
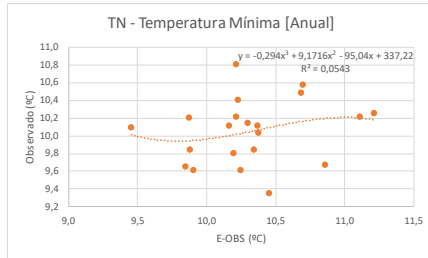
HU - Daily Averaged Relative Humidity [%]

MÊS	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	MÉDIA MENSAL
Janeiro	86%	81%	87%	85%	84%	81%	87%	80%	82%	85%	86%	82%	81%	88%	87%	84%	88%	88%	79%	85%	87%	84%
Fevereiro	81%	79%	79%	78%	78%	82%	81%	67%	72%	79%	84%	78%	61%	80%	86%	78%	80%	83%	79%	72%	86%	78%
Março	60%	68%	84%	74%	66%	76%	74%	68%	73%	79%	69%	74%	59%	82%	74%	70%	82%	79%	75%	83%	74%	74%
Abril	67%	81%	68%	68%	76%	74%	69%	69%	67%	72%	72%	67%	73%	72%	79%	71%	72%	78%	60%	78%	79%	72%
Mai	70%	77%	68%	67%	73%	59%	68%	63%	69%	60%	67%	66%	63%	68%	65%	61%	68%	75%	67%	71%	65%	67%
Junho	67%	58%	56%	62%	61%	59%	57%	55%	60%	60%	66%	58%	60%	61%	66%	59%	61%	66%	60%	73%	66%	61%
Julho	61%	61%	61%	56%	57%	60%	53%	55%	59%	56%	58%	58%	56%	60%	65%	61%	60%	56%	58%	71%	65%	59%
Agosto	63%	57%	64%	60%	57%	58%	62%	55%	64%	57%	58%	61%	58%	56%	64%	62%	56%	55%	55%	56%	64%	59%
Setembro	67%	64%	66%	73%	73%	61%	63%	61%	74%	64%	63%	65%	61%	62%	76%	67%	62%	61%	61%	61%	76%	66%
Outubro	76%	75%	80%	80%	74%	79%	76%	72%	79%	80%	72%	62%	74%	79%	78%	80%	79%	74%	58%	69%	78%	75%
Novembro	85%	85%	77%	86%	79%	83%	80%	81%	78%	86%	69%	81%	80%	77%	87%	84%	77%	81%	71%	87%	87%	81%
Dezembro	86%	86%	80%	87%	81%	86%	83%	82%	86%	82%	84%	82%	85%	80%	84%	85%	80%	84%	81%	88%	84%	84%

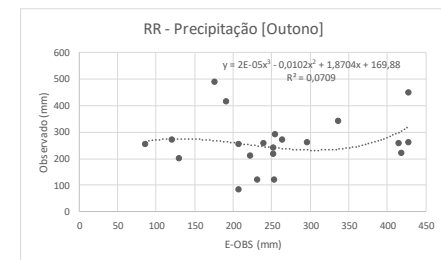
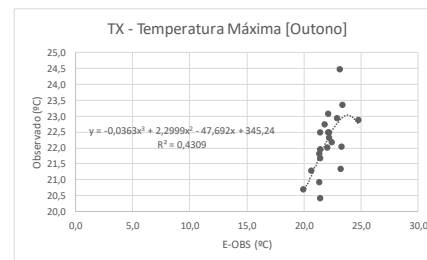
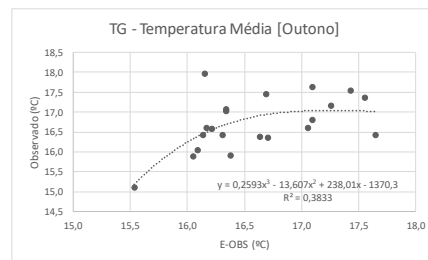
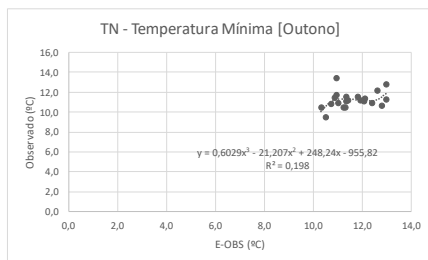
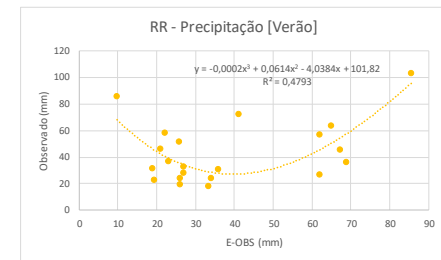
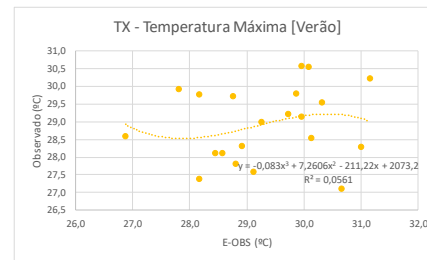
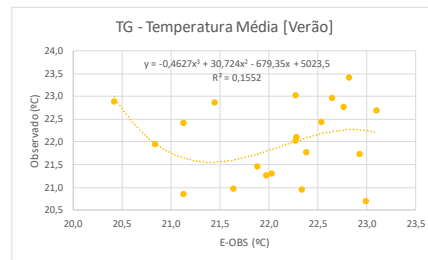
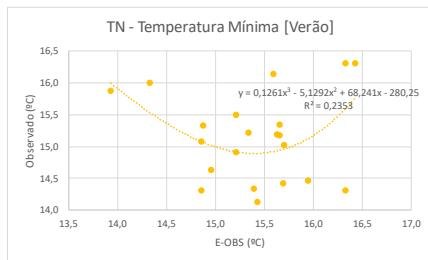
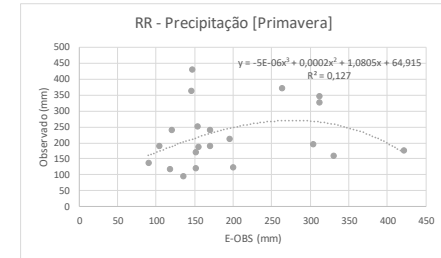
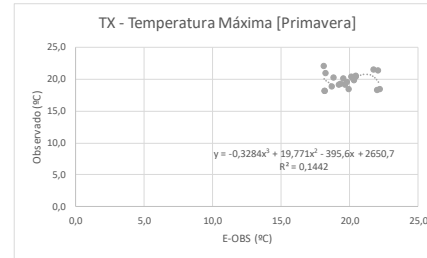
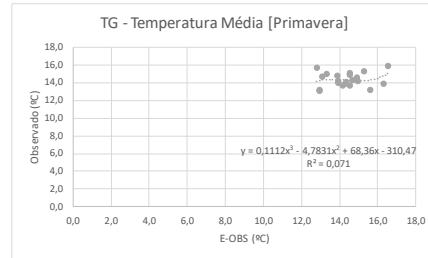
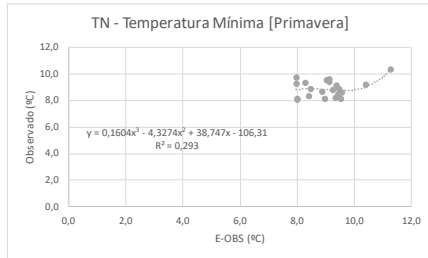
Anexo J - Tabela do Cálculo de Normalização do Cenário RCP 8.5 para cada uma das variáveis

Data	Mês	TN (°C) - Temperatura Mínima			TG (°C) - Temperatura Média			TX (°C) - Temperatura Máxima			RR (mm) - Precipitação			FG (m/s) - Velocidade do Vento			QQ (W/m²) - Radiação			HU (%) - Humidade Relativa		
		E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido	E-OBS	Portal do clima RCP 8.5	RCP 8.5 Corrigido
jan/20	Jan	6,8	4,1	4,6	9,9	7,4	8,5	13,4	10,7	12,7	185	173	130,7	2,75	3,74	2,8	66	63	76,6	87%	85%	85%
fev/20	Fev	6,2	4,9	5,0	9,7	8,5	9,3	13,2	12,1	13,7	188	168	132,0	2,61	4,09	3,0	92	92	115,6	86%	82%	78%
mar/20	Mar	6,6	5,2	6,4	11,7	9,3	10,9	17,3	13,4	15,8	55	108	118,6	2,87	3,73	3,0	163	134	151,7	74%	80%	77%
abr/20	Abr	10,1	7,6	9,5	14,8	12,2	14,4	20,2	16,7	19,7	73	88	80,7	2,51	3,80	2,8	197	179	203,0	79%	78%	76%
mai/20	Mai	10,7	10,1	11,8	17,0	15,5	17,9	23,8	20,9	24,3	41	45	47,2	2,82	3,71	2,6	266	230	257,3	65%	69%	65%
jun/20	Jun	13,7	12,6	13,9	19,7	18,9	20,5	26,3	25,2	27,5	30	7	4,7	2,44	3,79	2,6	269	267	287,9	66%	60%	61%
jul/20	Jul	15,5	14,4	14,9	21,9	21,1	21,7	29,0	27,8	29,2	24	11	10,0	2,24	4,13	2,8	277	265	292,1	65%	58%	62%
ago/20	Ago	15,4	15,8	15,6	21,8	22,8	23,0	29,2	29,9	31,2	8	3	-0,5	2,20	3,66	2,3	260	243	272,9	64%	54%	58%
set/20	Set	15,7	14,5	14,9	20,3	20,0	20,6	26,1	25,5	27,4	100	44	59,4	2,12	3,36	2,3	180	171	196,9	76%	67%	70%
out/20	Out	13,7	10,8	12,6	18,5	15,4	17,6	24,2	20,1	23,4	119	77	90,9	2,24	3,37	2,6	128	119	137,0	78%	76%	76%
nov/20	Nov	9,5	7,6	8,3	12,5	11,4	12,2	16,3	15,2	16,9	208	131	117,3	2,36	3,38	2,4	74	75	88,7	87%	82%	81%
dez/20	Dez	4,3	5,4	4,9	8,2	8,9	9,1	13,0	12,5	13,9	25	127	26,7	2,91	3,13	2,2	77	60	79,5	84%	84%	82%
Media Jan		5,2	4,7		9,0	7,9		13,2	11,2		118,0	159,8		2,8	3,8		77,7	64,3		85%	85%	
Media Fev		4,9	4,8		9,4	8,5		13,9	12,3		92,2	128,4		2,7	3,8		116,6	92,9		78%	83%	
Media Mar		6,8	5,5		11,5	9,9		16,7	14,3		110,1	99,8		2,9	3,7		158,4	140,6		75%	78%	
Media Abr		9,2	7,3		14,3	12,1		19,9	16,9		71,1	78,0		2,7	3,7		209,4	184,9		73%	75%	
Media Mai		11,2	9,4		17,1	14,7		23,4	20,0		51,5	48,8		2,6	3,7		254,6	227,1		67%	70%	
Media Jun		14,2	12,9		20,5	18,9		27,3	25,0		21,0	23,4		2,5	3,7		277,6	256,4		63%	62%	
Media Jul		16,0	15,5		22,7	22,2		30,2	28,9		9,8	10,9		2,4	3,8		289,9	263,2		61%	57%	
Media Ago		16,1	16,2		23,1	22,9		30,9	29,6		7,2	10,8		2,2	3,6		265,4	235,4		59%	56%	
Media Set		14,9	14,5		21,0	20,3		28,1	26,1		49,1	34,0		2,3	3,3		204,8	179,4		65%	62%	
Media Out		12,5	10,8		17,6	15,4		23,4	20,1		101,8	88,1		2,5	3,2		137,7	119,2		73%	73%	
Media Nov		8,1	7,4		11,9	11,1		16,5	14,9		110,6	123,7		2,5	3,5		89,3	75,7		81%	82%	
Media Dez		5,4	5,9		9,3	9,1		13,8	12,3		71,2	171,2		2,8	3,7		75,4	55,6		83%	85%	
Desvio Jan			0,6			1,1			2,0			-41,8			-1,0			13,4			0%	
Desvio Fev			0,1			0,8			1,7			-36,2			-1,1			23,7			-4%	
Desvio Mar			1,3			1,6			2,4			10,3			-0,8			17,9			-3%	
Desvio Abr			1,9			2,2			3,0			-6,9			-1,0			24,5			-2%	
Desvio Mai			1,8			2,4			3,4			2,7			-1,1			27,5			-3%	
Desvio Jun			1,3			1,6			2,3			-2,5			-1,2			21,1			1%	
Desvio Jul			0,5			0,5			1,3			-1,1			-1,4			26,7			4%	
Desvio Ago			-0,2			0,1			1,2			-3,6			-1,4			30,0			3%	
Desvio Set			0,3			0,6			1,9			15,2			-1,0			25,4			3%	
Desvio Out			1,8			2,2			3,3			13,7			-0,8			18,5			0%	
Desvio Nov			0,7			0,8			1,7			-13,2			-0,9			13,6			0%	
Desvio Dez			-0,5			0,2			1,5			-100,0			-0,9			19,8			-2%	

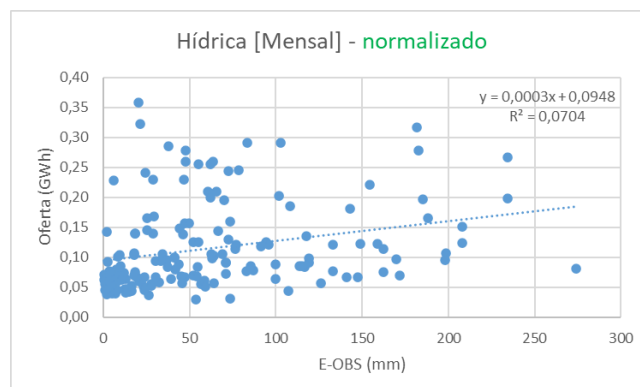
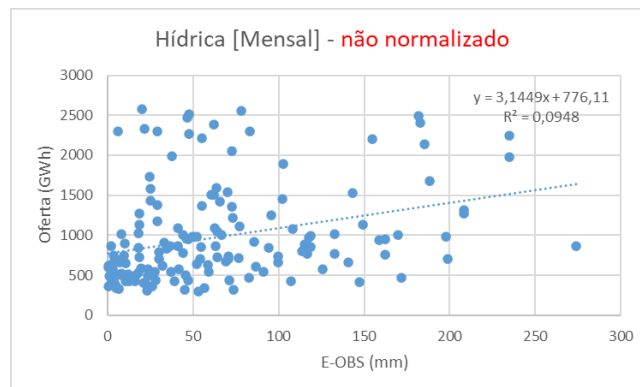
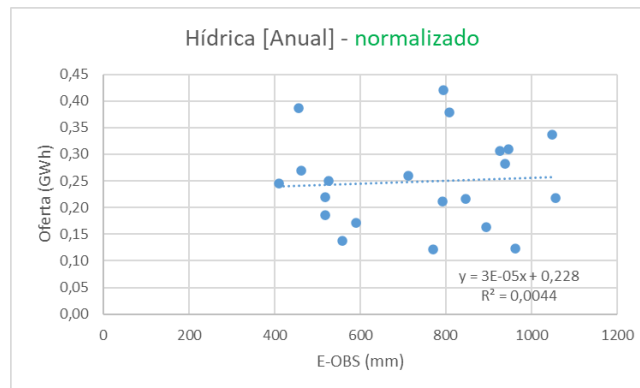
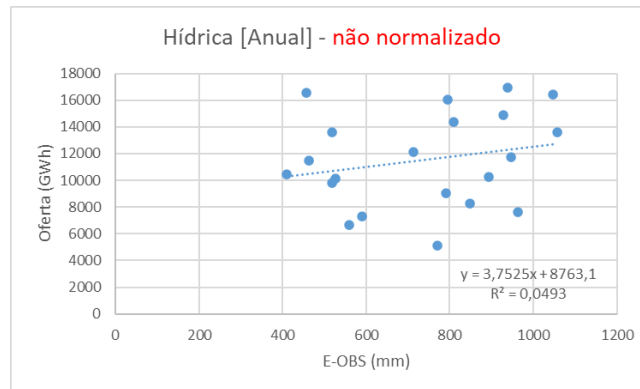
Anexo K - Gráficos de Regressão em Diferentes Escalas Temporais para as Variáveis TN, TG, TX e RR



Anexo L - Gráficos de Regressão em Diferentes Escalas Temporais para as Variáveis TN, TG, TX e RR



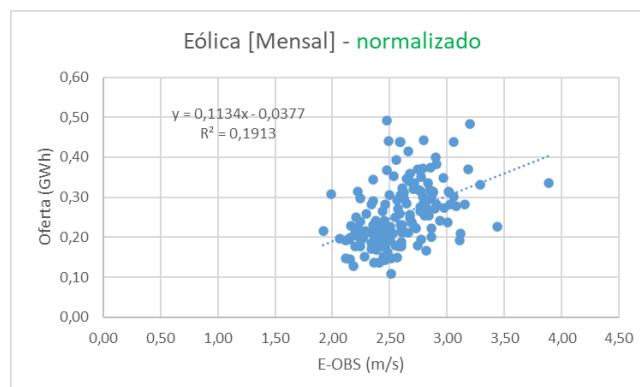
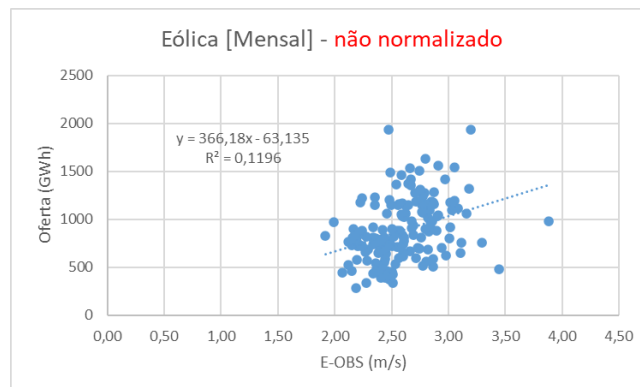
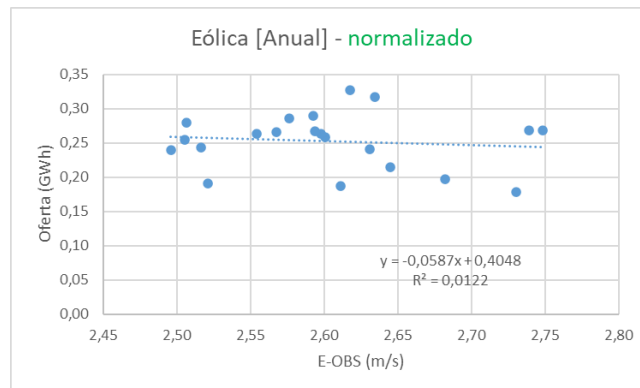
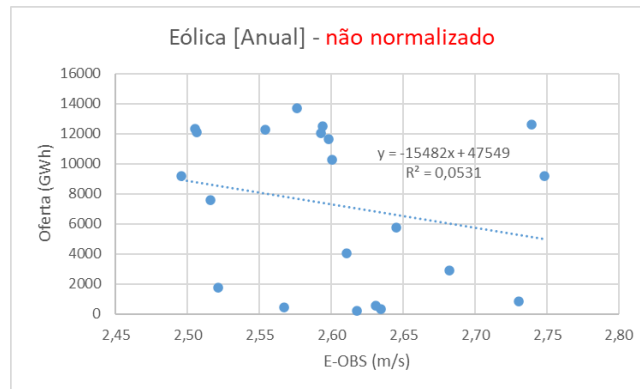
Anexo M - Gráficos de Dispersão em Escalas Anual e Mensal não Normalizado e Normalizado para a Energia Hídrica



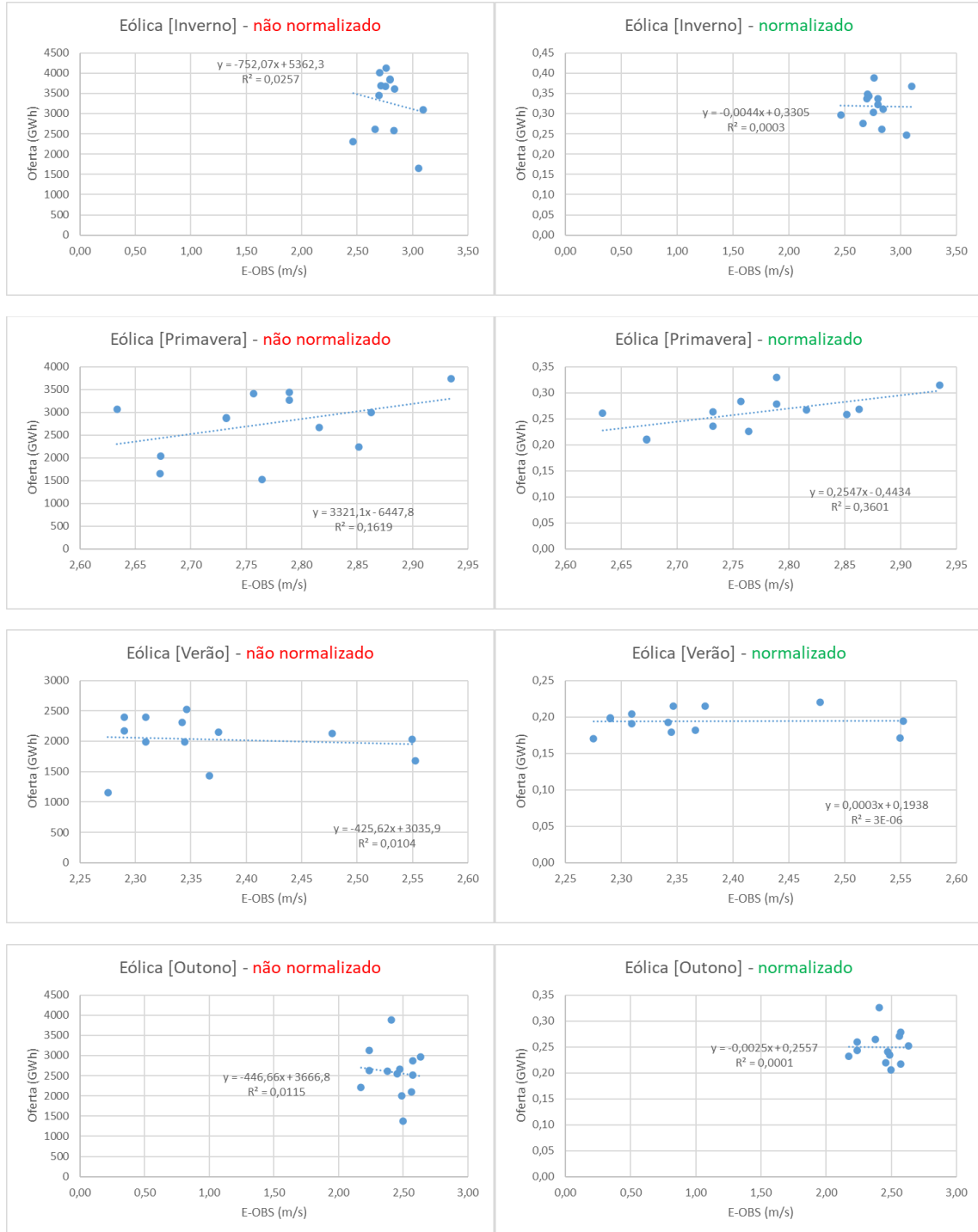
Anexo N - Gráficos de Dispersão em Escala Sazonal não Normalizado e Normalizado para a Energia Hídrica



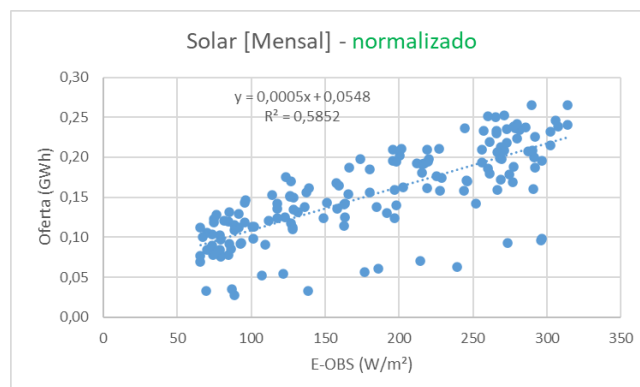
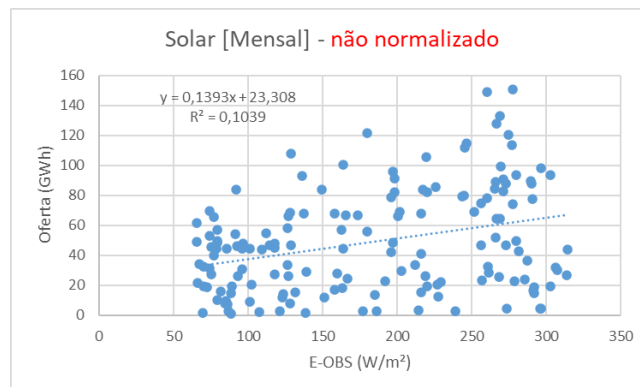
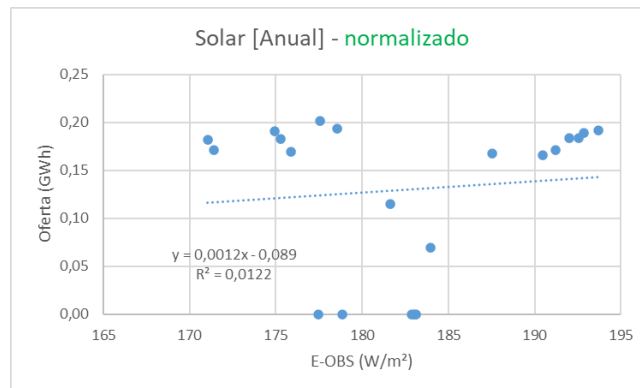
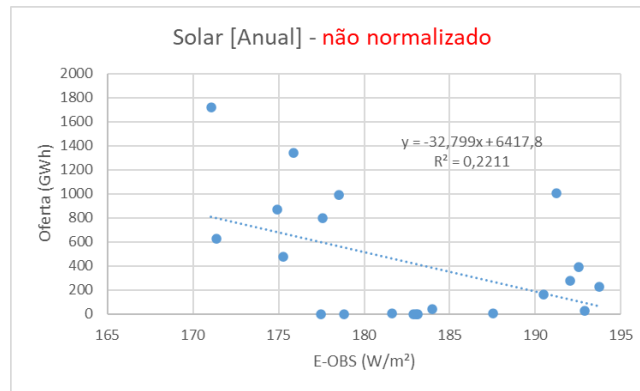
Anexo O - Gráficos de Dispersão em Escalas Anual e Mensal não Normalizado e Normalizado para a Energia Eólica



Anexo P - Gráficos de Dispersão em Escala Sazonal não Normalizado e Normalizado para a Energia Eólica



Anexo Q - Gráficos de Dispersão em Escalas Anual e Mensal não Normalizado e Normalizado para a Energia Solar



Anexo R - Gráficos de Dispersão em Escala Sazonal não Normalizado e Normalizado para a Energia Solar

