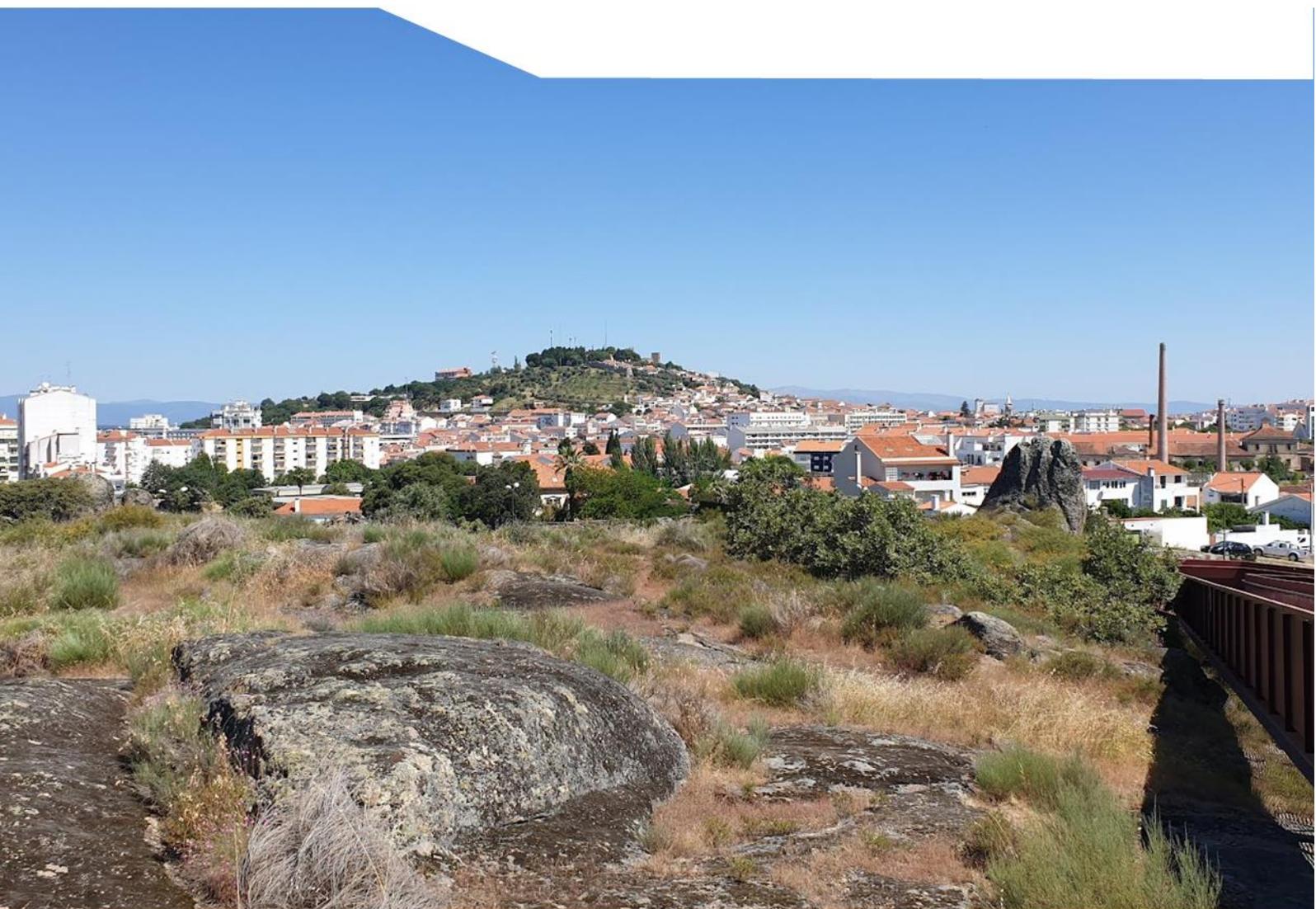


Plano Municipal de Ação Climática Município de Castelo Branco

Relatório da Fase 2 – Cenário Base de Adaptação Climática

Agosto 2024



Ficha Técnica

Estudo: Plano Municipal de Ação Climática - Castelo Branco

Documento: Plano Municipal de Ação Climática - Castelo Branco: Relatório da Fase 2 – Cenário Base de Adaptação Climática

Equipa Técnica

Coordenação Geral

Sérgio Barroso

Coordenação Executiva

Gonçalo Caetano

Especialistas

Inês Andrade

Liliana Calado

Luís Carvalho

Pedro Henriques

Sónia Vieira

Daniel Vilão - BestWeather

Francisco Rodrigues – BestWeather

Sérgio Den Boer - BestWeather

CEDRU

Centro de Estudos e Desenvolvimento Regional e Urbano, Lda

Rua Fernando Namora 46A

1600-454 Lisboa

(+351) 217 121 240

www.cedru.pt

BestWeather

Bestweather, Lda.

(+351) 929 019 786

(+351) 934 519 698

<https://bestweather.org/>

Data: 26 de Agosto de 2024

Número de páginas: 40

Fotografias: Equipa técnica



CEDRU

Centro de Estudos e Desenvolvimento
Regional e Urbano

Plano Municipal de Ação Climática de Castelo Branco

Relatório da Fase 2 - Cenário Base de Adaptação Climática

Agosto 2024

Resumo

Este relatório foi elaborado pela equipa técnica do Centro de Estudos e Desenvolvimento Regional e Urbano (CEDRU), com assistência técnica da BestWeather, para a Câmara Municipal de Castelo Branco (CMCB) e constitui o cenário base de adaptação climática para o Plano Municipal de Ação Climática de Castelo Branco (PMAC-CB). Este relatório tem como finalidade principal caracterizar o clima atual, identificar as tendências recentes e cenarizar a evolução climática futura do concelho de Castelo Branco.

(página propositadamente deixada em branco)

Índice

1. INTRODUÇÃO	11
2. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA ATUAL	13
2.1. Enquadramento geral.....	13
2.2. Características termopluiométricas.....	13
2.3. Características hidrológicas.....	14
2.4. Características anemométricas	14
2.5. Análise morfoclimática e unidades de resposta climática homogénea (URCH).....	15
3. TENDÊNCIAS RECENTES	19
3.1. Tendências recentes dos elementos meteorológicos	19
3.1.1 Temperatura média anual.....	19
3.1.2 Dias de calor intenso (Tmax> 35°C)	19
3.1.3 Noites tropicais/quentes (Tmin >20°C).....	20
3.1.4 Dias de geada/noites frias (Tmin<0°C)	20
3.2. Tendências recentes dos elementos hidrológicos.....	21
3.2.1 Precipitação média anual.....	21
3.2.2 Balanço hídrico.....	22
3.2.3 Precipitação extrema	23
3.3. Síntese das tendências de evolução climáticas recentes	24
4. CENARIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO CLIMÁTICA.....	25
4.1 Cenários de evolução dos elementos meteorológicos	25
4.1.1 Temperatura média anual.....	25
4.1.2 Dias de calor intenso (Tmax >35°C)	25
4.1.3 Noites tropicais/quentes (Tmin >20°C).....	26
4.1.4 Dias de geada/noites frias (Tmin<0°C)	26
4.2 Cenários de evolução dos elementos hidrológicos	27
4.2.1 Precipitação média anual.....	27
4.2.2 Balanço hídrico.....	28
4.2.3 Precipitação extrema	29
5. CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA FUTURA.....	30
5.1. Características termopluiométricas futuras	31
5.2. Características hidrológicas futuras	32
5.3. Características anemométricas futuras	34
5.4. Resumo da variação dos parâmetros entre o clima futuro e o clima atual	35

6. BIBLIOGRAFIA.....	37
6.1. Hiperligações.....	38

Índice de figuras

Figura 1. Comportamento termopluviométrico de Castelo Branco para o período 1991-2020.....	13
Figura 2. Balanço hídrico diário de Castelo Branco para o período 1991-2020.....	14
Figura 3. Distribuição anual de ventos em Castelo Branco para o período 1991-2020	15
Figura 4. Carta de ocupação do solo Castelo Branco (2018).....	17
Figura 5. Carta de rugosidade topográfica de Castelo Branco	17
Figura 6. <i>Topographic position index</i> (TPI) de Castelo Branco	18
Figura 7. Carta topográfica (altimetria) de Castelo Branco.....	18
Figura 8. Evolução da temperatura média anual de Castelo Branco a 2m do solo no período 1979-2020 (ERA5) ...	19
Figura 9. Evolução do número médio de dias de calor intenso em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5)..	20
Figura 10. Evolução do número de noites tropicais em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5).....	20
Figura 11. Evolução do número médio de dias de geada em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5).....	21
Figura 12. Evolução da precipitação média anual em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5)	21
Figura 13. Evolução do balanço hídrico (dias secos) em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5).....	22
Figura 14. Evolução do balanço hídrico (dias muito secos) em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5)	23
Figura 15. Evolução do número de dias com precipitação extrema em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5).....	23
Figura 16. Cenarização da evolução da temperatura média anual em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)	25
Figura 17. Cenarização da evolução do número de dia muito quentes (temperatura máxima superior a 35°C) em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5).....	26
Figura 18. Cenarização da evolução do número anual de noites tropicais (com temperatura mínima acima dos 20°C) em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5).....	26
Figura 19. Cenarização do número de dias de geada ($T_{min} < 0^{\circ}C$) em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)..	27
Figura 20. Histórico e cenarização da evolução da precipitação média anual em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)	27
Figura 21. Cenarização da evolução do número de dias secos em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)	28
Figura 22. Cenarização da evolução do número de dias muito secos em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)	28
Figura 23. Cenarização da evolução do número de dias com precipitação extrema em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5).....	29
Figura 24. Cenarização termopluviométrica de Castelo Branco até 2100 (RCP4.5)	31
Figura 25. Cenarização termopluviométrica de Castelo Branco até 2100 (RCP8.5)	32

Figura 26. Histórico e cenarização da evolução do balanço hídrico anual em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)	33
Figura 27. Balanço hídrico diário de Castelo Branco para o período 2071-2100 (RCP4.5)	33
Figura 28. Balanço hídrico diário de Castelo Branco para o período 2071-2100 (RCP8.5)	33
Figura 29. Distribuição anual de ventos em Castelo Branco para o período 1979-2015 (histórico cmip6).....	34
Figura 30. Distribuição anual de ventos em Castelo Branco para o período 2071-2100 (RCP4.5).....	34
Figura 31. Distribuição anual de ventos em Castelo Branco para o período 2071-2100 (RCP8.5).....	34
Figura 32. Variação registada e projetada dos parâmetros climáticos no concelho.....	36

Acrónimos

AC	Alterações Climáticas
CMCB	Câmara Municipal de Castelo Branco
CMIP6	<i>Coupled Model Intercomparison Project</i>
CEDRU	Centro de Estudos e Desenvolvimento Regional e Urbano
COS	Classes de Ocupação do Solo
DGT	Direção Geral do Território
ECMWF	<i>European Centre for Medium-Range Weather Forecasts</i>
EMAAC	Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas
ERA5	Quinta geração de reanálise ECMWF
GEE	Gases com Efeito de Estufa
ICU	Ilha de Calor Urbano
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i>
PMAC-CB	Plano Municipal de Ação Climática de Castelo Branco
ONU	Organização das Nações Unidas
RNC 2050	Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050
TPI	<i>Topographic Position Index</i>
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas
URCH	Unidades de Resposta Climática Homogénea

(página propositadamente deixada em branco)

1. Introdução

O presente documento corresponde ao **Relatório da Fase 2 do Plano Municipal de Ação Climática de Castelo Branco (PMAC-CB) tendo como conteúdo o Cenário Base de Adaptação Climática**. Foi elaborado pelo Centro de Estudos e Desenvolvimento Regional e Urbano (CEDRU), com apoio da BestWeather, para a Câmara Municipal de Castelo Branco (CMCB).

Ao longo da última década, a ocorrência cada vez mais regular e intensa de eventos climáticos extremos, com significativos impactes, aumentou a visibilidade das alterações climáticas e permitiu uma maior compreensão sobre as suas múltiplas implicações sobre os sistemas ambientais, sociais, económicos. Esta realidade tem sido acompanhada, ao nível global, europeu, nacional, regional e até local, não só pelo aprofundamento da investigação científica, liderada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), criado em 1988 no âmbito das Nações Unidas (ONU), como pelo reforço dos instrumentos de política climática, que vão da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (UNFCCC), aos planos locais.

A abordagem política tem-se centrado, a um tempo, na diminuição dos fatores de forçamento das alterações climáticas, ou seja, na redução das emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE), a um segundo tempo, na preparação dos territórios, comunidades e atividades para mitigar os impactes, que são diversos e sectorialmente transversais. A publicação da Lei n.º 98/2021, de 31 de dezembro, nomeada por Lei de Bases do Clima, enquadra-se nesta trajetória, impondo a obrigatoriedade de os municípios disporem de um plano municipal de ação climática, que contemple estas duas dimensões da política climática.

É neste âmbito que o Município de Castelo Branco, após ter elaborado em 2016 a Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas (EMAAC), no quadro do projeto ClimAdapT.Local, decidiu dotar-se de um Plano Municipal de Ação Climática que visa, por um lado, atualizar e aprofundar a política local de adaptação às alterações climáticas e, por outro lado, definir uma estratégia de mitigação das emissões alinhada com o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050).

A elaboração do PMAC-CB tem, por isso, como objetivos principais:

- estabelecer a política local de descarbonização – focada na redução das emissões de GEE, no aumento da utilização de energias renováveis e no crescimento de sumidouros, ou seja, áreas naturais de retenção de carbono, de que são exemplo os oceanos ou as florestas –, contribuindo para minimizar o efeito de estufa e reduzir o aquecimento global do planeta;
- atualizar a política local de adaptação – centrada na redução da vulnerabilidade da sociedade e do território aos efeitos negativos das alterações climáticas, reduzindo desde logo a exposição de pessoas e atividades aos riscos climáticos.

A metodologia de elaboração do PMAC-CB está estruturada em 6 fases e 25 etapas. O presente documento diz respeito à segunda fase dos trabalhos, tendo como enfoque caracterizar o clima atual, identificar as tendências recentes e cenarizar a evolução climática do concelho de Castelo Branco até 2100.

- Assim este documento apresenta como conteúdos:
- a caracterização climática atual, na qual se identifica as principais características do clima de Castelo Branco;
- as tendências que têm vindo a condicionar o clima no concelho ao longo das últimas décadas;
- a cenarização da evolução climática neste território até 2100;

- a caracterização do clima no futuro, onde são identificadas as características termopluviométricas, hidrológicas e anemotérmicas, com vista a reforçar o alinhamento estratégico do plano e sensibilizar a comunidade em geral para os exigentes desafios que Castelo Branco irá enfrentar.

As análises e os dados apresentados estão suportados em modelos numéricos que são ferramentas de avaliação, análise, previsão e diagnóstico das condições atmosféricas alimentados por uma rede global de monitorização da atmosfera.

Neste trabalho recorreu-se a dois modelos atmosféricos. Um modelo de reanálise, o sistema ERA5, que é um *ensemble* de simulações do estado da atmosfera no passado, e que permitiu ter uma noção das características do clima/meteorologia ocorridos desde o final do século XX até ao início do século XXI, e, o modelo CMIP6, que suporta a projeção climática e que é assente num *ensemble* de simulações que decorrem desde um período de verificação histórica no final do século XX até 2100. As diferentes simulações procuram dar resposta a diferentes cenários de emissões de gases com efeito de estufa, e aos seus efeitos no clima ao longo do século XXI.

Para o exercício de cenarização, foram considerados dois cenários contrastados emissões globais de gases com efeito de estufa:

- o cenário SSP2-4.5, que representa uma evolução em linha com a evolução da descarbonização observada no início do século XXI, representando um caminho “business as usual”, com medidas de recuperação ambiental que são, apesar de tudo, insuficientes face ao grau de impacto das atividades humanas verificado no ambiente e na atmosfera;
- o cenário SSP5-8.5, que representa uma situação de aumento do consumo de combustíveis fósseis até à sua depleção, sem medidas de mitigação dos impactos ambientais e no clima, sendo a possibilidade de evolução mais grave e extrema que é utilizada nestes exercícios.

Para ambos os cenários foi realizado um cálculo que distingue a evolução média e a evolução do comportamento “máximo potencial” para cada variável. O comportamento médio analisa a média do ensemble do CMIP6 para cada cenário RCP enquanto o comportamento “máximo potencial” analisa os máximos do ensemble, dando uma ideia da janela temporal máxima em que pode ocorrer um determinado fenómeno. Assim o valor médio da simulação é uma aproximação à resposta para a questão: “em que altura do ano é normal ou expectável que ocorra o fenómeno?” enquanto o valor máximo teórico responde à questão “qual o período máximo do ano em que é fisicamente possível ocorrer o fenómeno?”.

2. Caracterização climática atual

2.1. Enquadramento geral

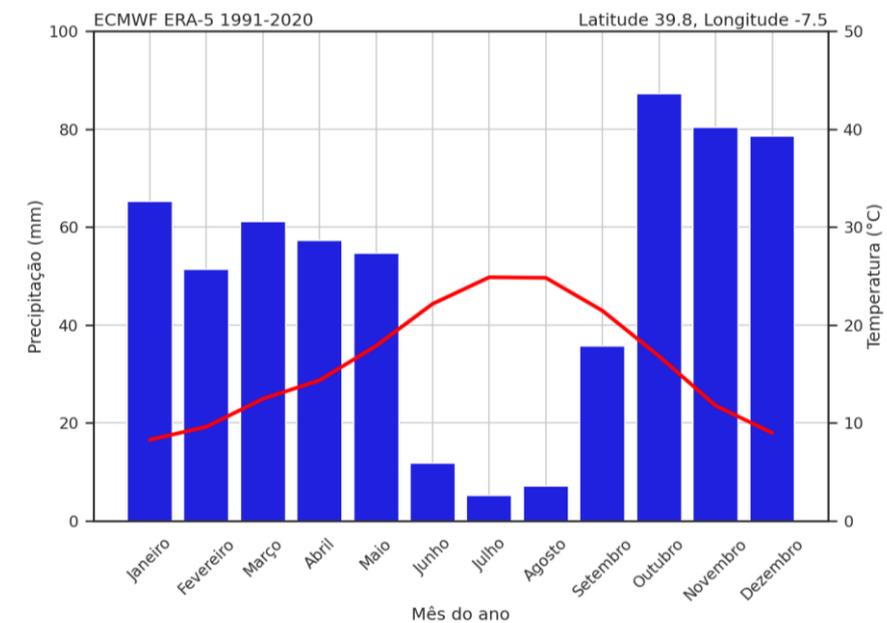
O concelho de Castelo Branco localiza-se no interior centro de Portugal continental, a sotavento do eixo montanhoso Sintra-Montejuento-Estrela, inserido na bacia do Tejo. A uma latitude próxima dos 40°N, o concelho está inserido nas latitudes médias, numa zona caracterizada pela predominância da circulação da frente polar entre novembro e abril, e da circulação associada ao jato subtropical e ao cinturão de altas subtropicais entre maio e outubro.

A posição interior e a sotavento confere ao clima da região onde o concelho se insere características mais secas e com maiores amplitudes térmicas anuais do que nas áreas mais próximas do oceano a oeste, com invernos mais frescos e verões particularmente quentes, em especial nos vales a menor altitude.

2.2. Características termopluiométricas

O clima da região para a série 1991-2020, extraído do modelo de reanálise ERA5, demonstra as clássicas características mediterrâneas, com a estação mais quente do ano a coincidir com a estação seca e a estação mais fresca do ano a coincidir com a estação chuvosa. O período mais quente, entre junho e setembro, observa temperaturas médias superiores a 20°C, enquanto os meses mais frios, entre dezembro e fevereiro, observam valores médios na ordem dos 10°C. Os meses mais chuvosos concentram-se entre outubro e dezembro, com precipitação média mensal superior a 70mm (Figura 1).

Figura 1. Comportamento termopluiométrico de Castelo Branco para o período 1991-2020



Fonte: BestWeather com dados Copernicus/ECMWF, (2023)

Este comportamento térmico e pluviométrico, característico dos climas mediterrâneos e subtropicais do sul da Europa, prende-se com as características da circulação atmosférica sobre a região. Na estação seca a circulação das

altas pressões e do jato subtropical tendem a promover massas de ar mais quentes e secas enquanto que na estação chuvosa a influência de perturbações da frente polar tendem a promover condições de maior instabilidade, com ocorrência de precipitação que tende a ser mais intensa logo após o término da estação seca, entre outubro e dezembro, dada a coincidência da chegada das primeiras perturbações polares com a presença de águas oceânicas mais quentes a montante, sobre o Atlântico, que atuam no sentido de alimentar essas perturbações com mais humidade e calor latente.

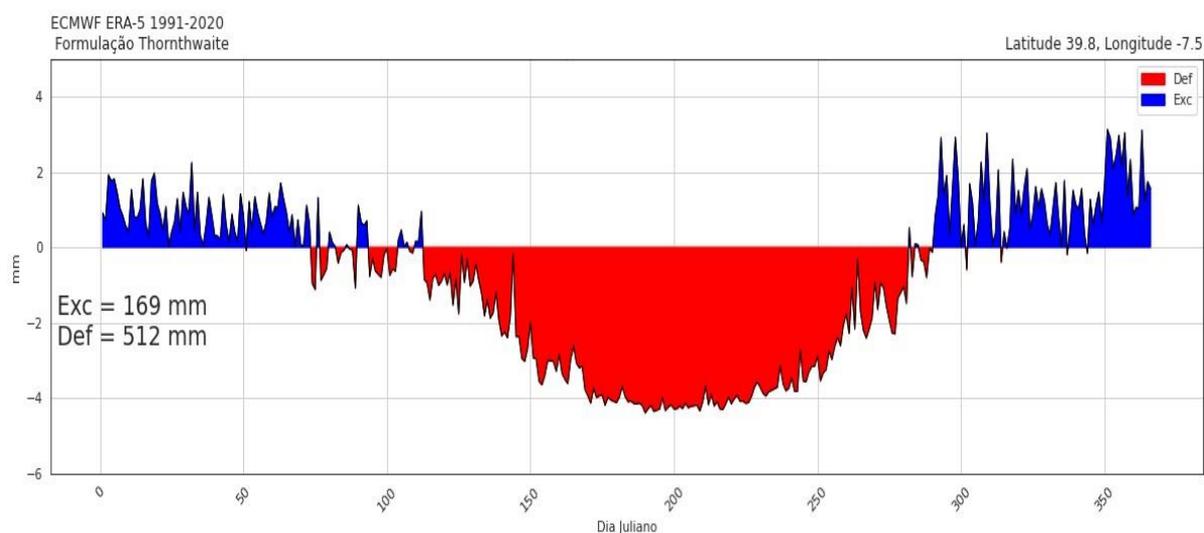
2.3. Características hidrológicas

O balanço hídrico diário do concelho de Castelo Branco, ao longo do ano, calculado pela subtração dos valores médios diários da evaporação potencial de *Thornthwaite* à precipitação média diária, para o período de 1991-2020, demonstra uma acentuada estação seca durante o período estival, resultado da fraca precipitação e das altas temperaturas e insolação. Na estação chuvosa, o aumento da precipitação em conjunto com a menor insolação e temperaturas mais baixas, compõem uma fase do ano com balanços hídricos positivos, aspeto extremamente importante para a recarga dos solos e dos recursos hídricos.

O balanço médio anual é negativo, o que significa que em termos potenciais existe mais perda de água do que aquela que é reposta. Trata-se, portanto, de um clima com algumas características de aridez, que são compensadas pela retenção de água nos solos durante a estação chuvosa (Figura 2).

Dado o facto de o clima local apresentar já características áridas, está suscetível de forma mais vincada a processos de desertificação caso ocorram agravamentos do défice hídrico em função das alterações climáticas.

Figura 2. Balanço hídrico diário de Castelo Branco para o período 1991-2020

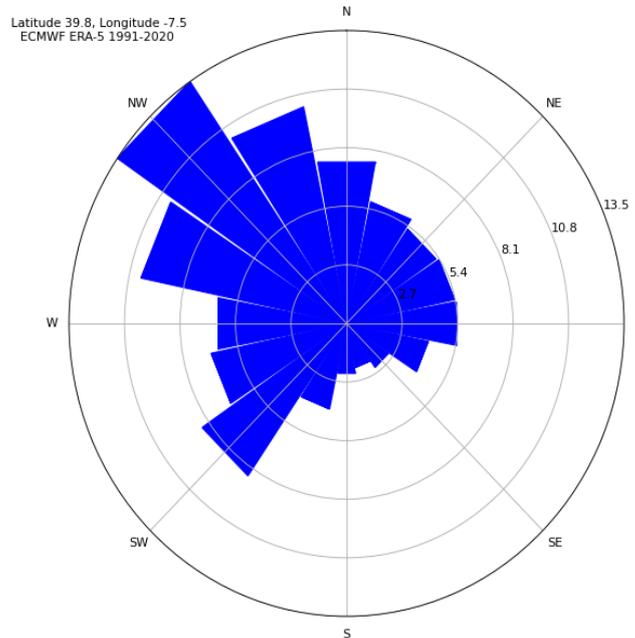


2.4. Características anemométricas

As características do vento, ao nível da frequência dos rumos, para o período climático atual, definido pela normal climatológica de 1991-2020, aponta para uma maior frequência de fluxo de noroeste, associado à posição média do anticiclone subtropical do Atlântico norte, ou anticiclone dos Açores (Figura 3).

Existem dois máximos de frequência secundários, um do quadrante norte/nordeste, associado a períodos em que o anticiclone dos Açores se estende para norte da Península Ibérica ou aquando da influência de altas pressões sobre o continente europeu no Inverno, e outro máximo de oeste-sudoeste que está associado essencialmente à passagem de perturbações ciclónicas da frente polar durante a estação chuvosa.

Figura 3. Distribuição anual de ventos em Castelo Branco para o período 1991-2020



Fonte: BestWeather com dados Copernicus/ECMWF, (2023)

2.5. Análise morfoclimática e unidades de resposta climática homogénea (URCH)

A identificação das e unidades de resposta climática homogénea (URCH) do concelho de Castelo Branco tiveram por base quatro cartas para diagnóstico das características físicas e microclimáticas deste território, designadamente:

- a carta de ocupação dos solos, COSSim, com a análise de nível 1, onde se agregam as categorias 2-3-4, criando as seguintes categorias: artificializado/urbano; florestal/agrícola; - - sem vegetação e corpos de água;
- a carta de rugosidade topográfica;
- a topographic position index (TPI);
- a carta topográfica.

Da análise cruzada desta cartografia destacam-se 5 regiões/unidades com características homogéneas, assinaladas na Figura 7:

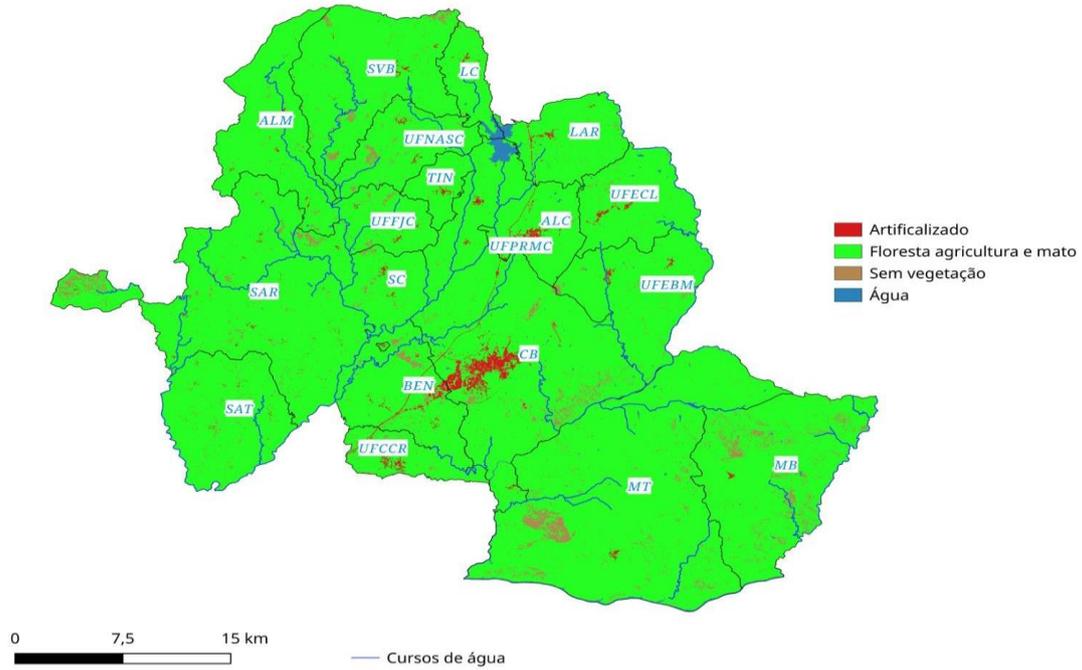
- a primeira é definida pela bacia do rio Ocreza e a freguesia de Santo André das Tojeiras, constituindo áreas com rugosidade topográfica elevada dados os cursos sinuosos do rio e afluentes, que recortam um território com altitude entre 300-450m e cujos leitos se encontram a altitudes inferiores a 200m. Esta área do território apresenta condições para a ocorrência de extremos térmicos significativos, com inversões térmicas noturnas que acentuam a frequência de noites frias e geadas no Inverno, e temperaturas muito elevadas no Verão, que acentuam o risco de dias muito quentes, especialmente nos vales encaixados, com

valores superiores a 35°C. Esta região apresenta também um maior risco de ocorrência de nevoeiros radiativos no inverno, especialmente nos vales encaixados, com acumulação de poluentes. O relevo mais sinuoso acentua o risco de movimentos de vertente em anos chuvosos.

- a segunda é definida pela bacia do rio Pônsul, na qual o referido rio e respetivos afluentes criam um vale mais aberto, com altitudes entre os 100 e os 200m, rodeado de áreas mais elevadas, com altitudes entre 300-450m. Este vale mais aberto apresenta menores rugosidades topográficas. É na porção norte desta unidade que se encontra a localidade de Idanha-a-Nova. Esta área, apesar de mais exposta, partilha com a unidade 1 o facto de se encontrar a baixa altitude, numa faixa dominada por vales e depressões, que, tal como na unidade 1, acentuam o risco de extremos térmicos e de ocorrência de nevoeiros no inverno, com acumulação de poluentes. Dadas as características aplanadas desta bacia, temos uma vulnerabilidade maior a cheias e inundações.
- a terceira unidade que se destaca é a margem norte do Tejo, recortada por alguns dos seus afluentes. Esta região apresenta uma elevada rugosidade topográfica, com uma série de encostas e vales orientados a sul, e altitudes que vão desde menos de 100m no Tejo até mais de 400m nas protuberâncias orográficas mais elevadas. Nesta região encontra-se a área do Concelho mais propício a calor extremo durante o verão, com áreas a uma altitude na ordem dos 100m e exposição acentuada ao quadrante sul. No entanto, no Inverno, esta região também é favorável à ocorrência de noites frias e nevoeiros. Esta região é também a mais seca do concelho, em especial nas suas áreas de menor altitude. Realçar ainda que a topografia mais sinuosa coloca uma vulnerabilidade acrescida a movimentos de vertente durante períodos mais chuvosos.
- a quarta região sublinhada é representada por uma planície a altitudes de 300-450m, com baixa rugosidade, onde se insere a cidade de Castelo Branco assim como as localidades de Alcains e Soalheira. Nesta região temos características microclimáticas intermédias entre as áreas de baixa altitude das unidades 1, 2 e 3 e as áreas de maior altitude da unidade 5. Existem ainda condições relativamente favoráveis a nevoeiros no Inverno, assim como noites frias, mas não tão acentuadas como nas áreas a menor altitude. No Verão existem igualmente condições para a ocorrência de dias quentes, mas menos extremos do que nos pontos localizados a menor altitude. É nesta região que se concentram a maioria das áreas de maior desenvolvimento urbano, com artificialização de solos e maior efeito ilha de calor urbano (ICU), destacando-se a cidade de Castelo Branco e os seus arredores. Pode considerar-se que o efeito ilha calor urbano em Castelo Branco (ICU) poderá ser ligeiramente mitigado pela maior altitude, fenómeno que se deverá manifestar especialmente nos valores diurnos de temperatura. Por outro lado, uma menor propensão a arrefecimento noturno poderá ter um impacto no sentido de maior frequência de noites quentes. Esta área, mais aplanada, poderá também ter um maior risco de inundações em períodos mais chuvosos.
- a quinta unidade é definida pelas vertentes sudeste do eixo montanhoso entre a Serra de Alvelos, Serra do Muradal e Serra da Gardunha, com altitudes entre 600 e 1200m e elevada rugosidade topográfica. Nesta unidade encontramos os pontos mais elevados, frescos e húmidos do concelho, nas áreas em torno dos cumes montanhosos. As encostas, orientadas a sudeste, apresentam um grau de aridez crescente e temperaturas estivais elevadas. Se, por um lado, os cumes apresentam maior nebulosidade e potencial para nevoeiros, as encostas estão numa posição a sotavento e a uma altitude onde o potencial para formação de nevoeiros é menor e há menor exposição a inversões térmicas no Inverno. Temos nesta região características térmicas menos extremas, com menor amplitude térmica diária e anual do que nas outras áreas do concelho. A maior rugosidade do terreno confere a esta unidade uma maior propensão a movimentos de vertente em anos mais chuvosos.

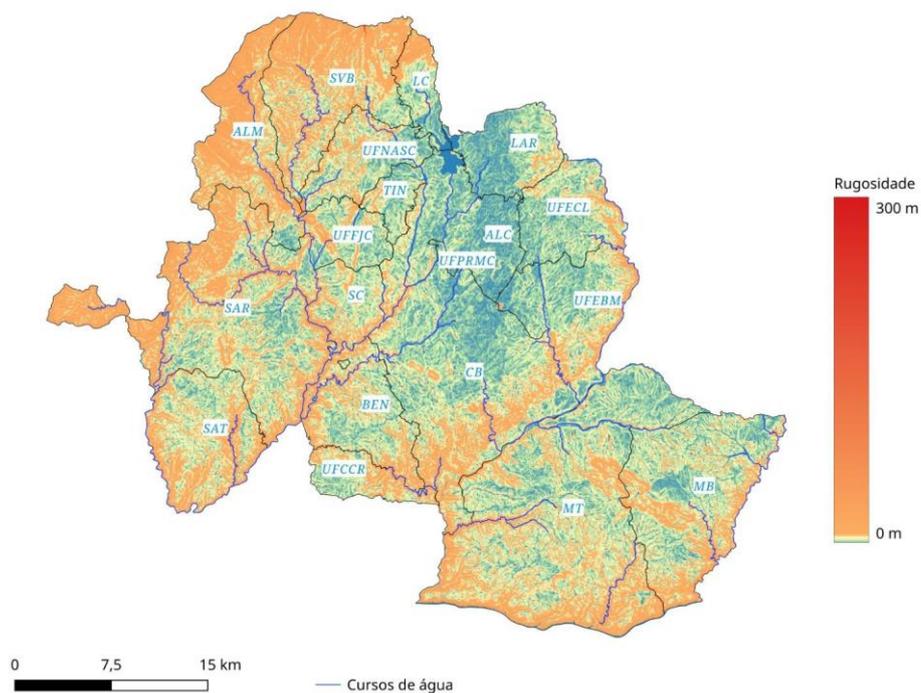
Podiam ter sido inseridas as encostas na margem norte do rio Pônsul como uma unidade distinta, caracterizada por maior rugosidade e uma exposição a sudeste, no entanto, na análise produzida concluiu-se que esta faixa de colinas e encostas, a esta escala de análise, pode ser tida como uma faixa de transição entre as características de planalto da unidade 4 e as características de área depressionária/bacia da unidade 2.

Figura 4. Carta de ocupação do solo Castelo Branco (2018)



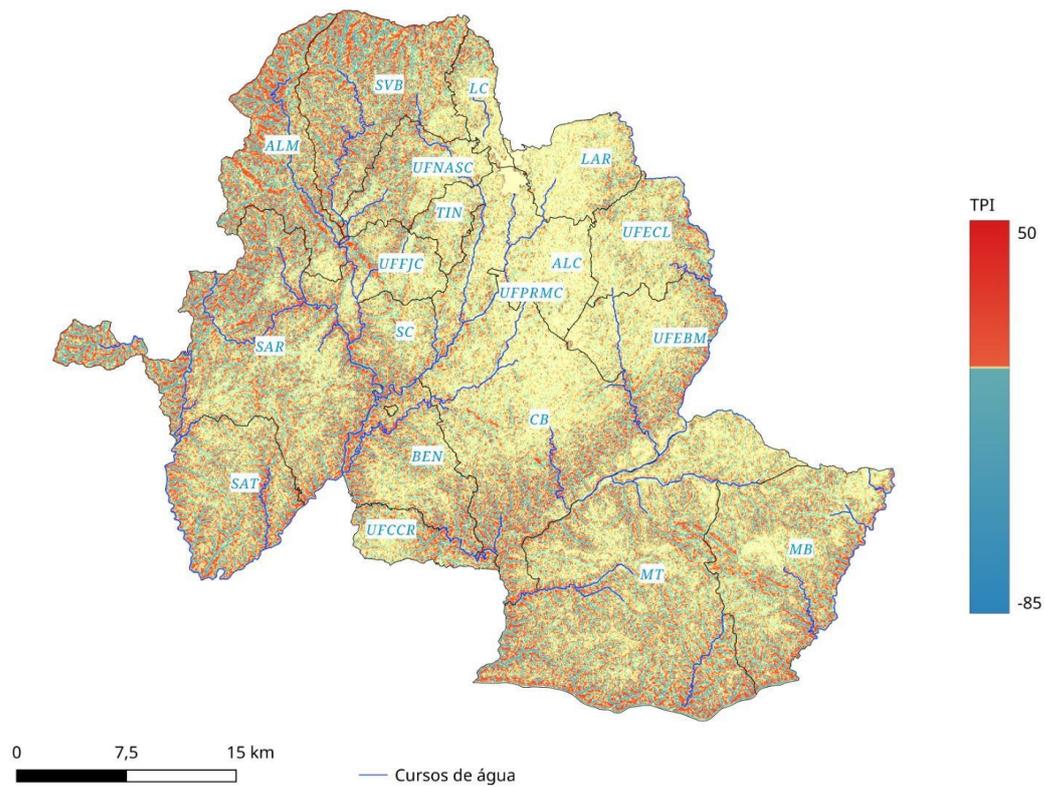
Fonte: BestWeather, com dados da DGT, (2023)

Figura 5. Carta de rugosidade topográfica de Castelo Branco



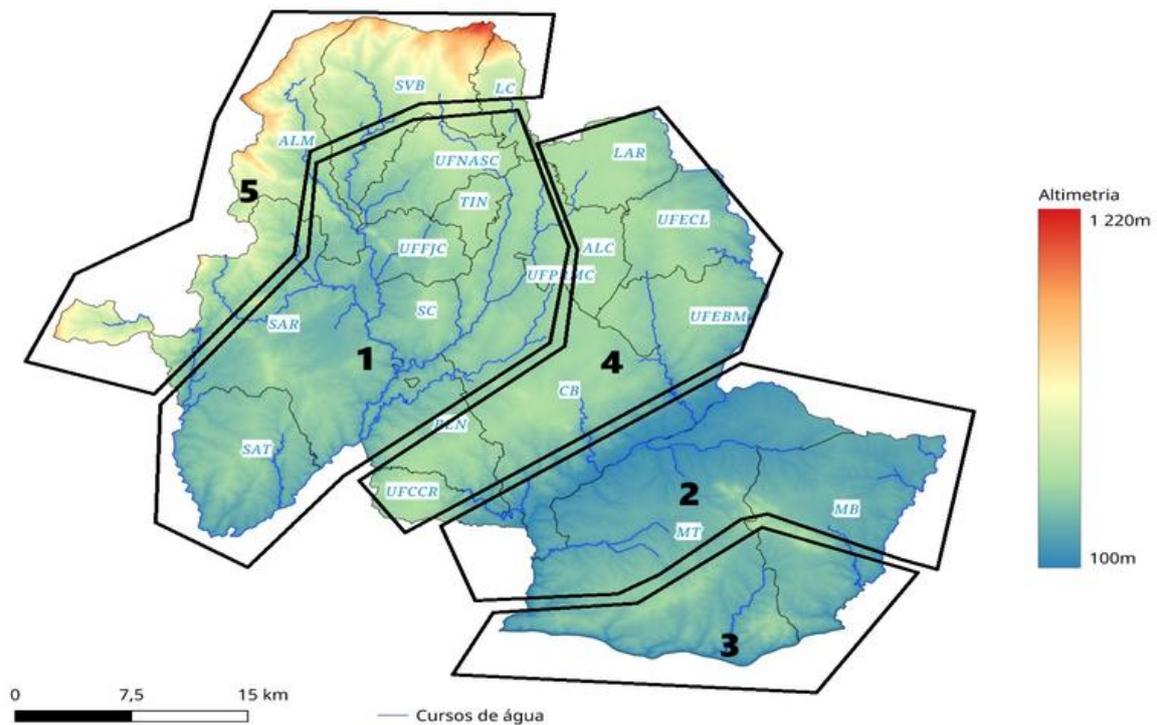
Fonte: BestWeather, com dados da DGT, (2023)

Figura 6. Topographic position index (TPI) de Castelo Branco



Fonte: BestWeather, com dados da DGT, (2023)

Figura 7. Carta topográfica (altimetria) de Castelo Branco



Fonte: BestWeather, com dados da DGT, (2023)

3. Tendências recentes

3.1. Tendências recentes dos elementos meteorológicos

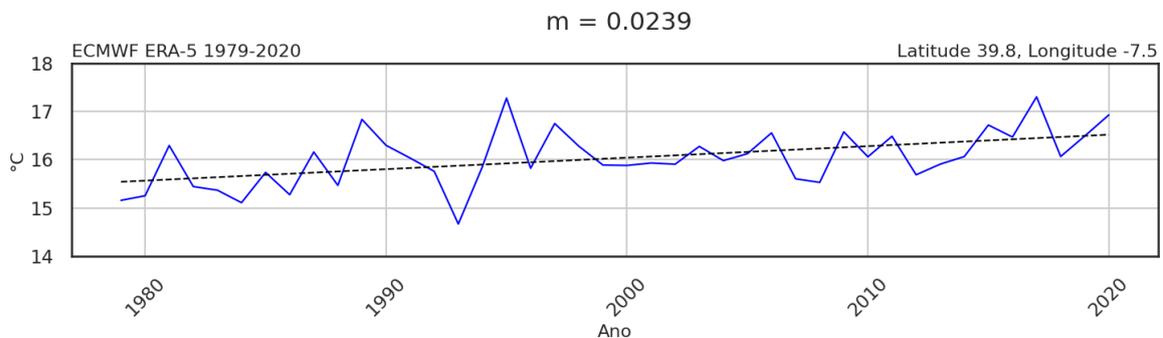
Os elementos meteorológicos são as variáveis ou características que se utilizam para compreender e prever as condições atmosféricas em uma determinada região em um determinado momento. Esses elementos fornecem informações essenciais sobre o estado da atmosfera e seu comportamento.

Na presente análise foram considerados como elementos meteorológicos essenciais, para o intervalo de tempo de 1979 a 2020: (i) a temperatura média anual, os dias de calor intenso ($T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$); (ii) as noites tropicais/quentes ($T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$); (iii) os dias de geada/noites frias ($T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$).

3.1.1 Temperatura média anual

Entre 1979 e 2020 registou-se um aumento da temperatura média anual no concelho de Castelo Branco na ordem de 1°C , subindo de valores próximos de 16°C para valores próximos de 17°C (Figura 8), correspondendo a uma taxa de subida de 0.2°C por década.

Figura 8. Evolução da temperatura média anual de Castelo Branco a 2m do solo no período 1979-2020 (ERA5)



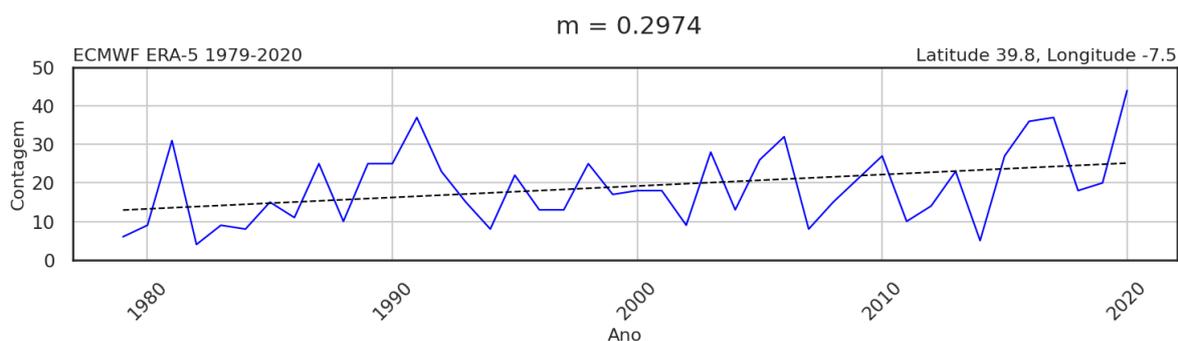
Fonte: BestWeather com dados Copernicus/ECMWF, (2023)

3.1.2 Dias de calor intenso ($T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$)

Durante o período observado, registou-se um aumento significativo do número de dias de calor intenso, ou seja os dias em que a temperatura máxima foi igual ou superior a 35°C . O número de dias que apresentaram estas características passaram de 15 dia, na década de 80 para mais de 25, na última década.

A evolução registada revela-se consistente, embora com elevada variabilidade de ano para ano. Destaca-se, com maior gravidade, o ano de 2020 com mais de 40 dias de calor intenso em todo o ano. Uma frequência anual desta magnitude nunca tinha sido atingida.

Figura 9. Evolução do número médio de dias de calor intenso em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5)



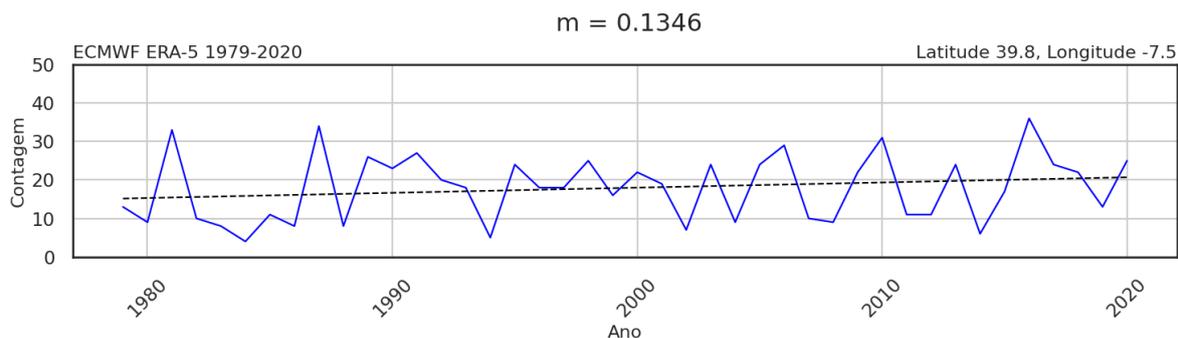
Fonte: BestWeather com dados Copernicus/ECMWF, (2023)

3.1.3 Noites tropicais/quentes ($T_{min} > 20^{\circ}C$)

As noites tropicais dizem respeito a noites em que a temperatura mínima não atinge valores inferiores a $20^{\circ}C$ ou durante um período de 24 horas em que a temperatura não baixam desse mesmo valor. Trata-se de uma situação que em Portugal Continental é mais recorrente durante o período do Verão.

Entre 1979 e 2020, observou-se um aumento ligeiro na frequência deste tipo de situações extremas em Castelo Branco, embora não tenha sido muito significativo. Em média, registaram-se 15-20 noites tropicais / ano, com uma tendência de subida de uma noite por década (Figura 10).

Figura 10. Evolução do número de noites tropicais em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5)



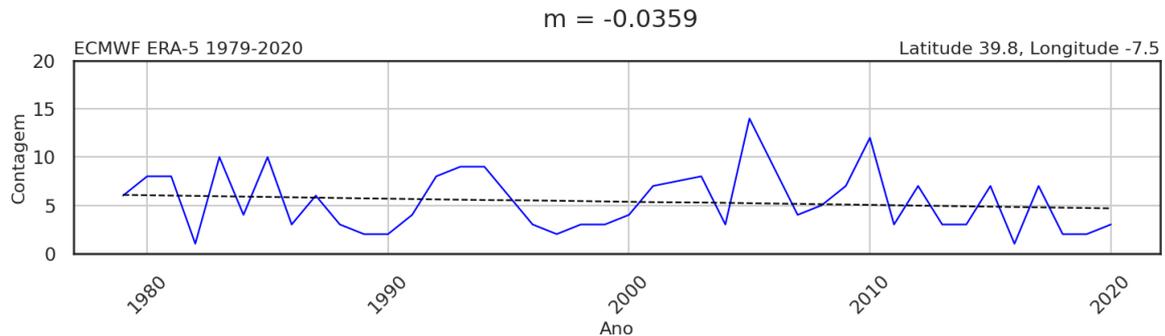
Fonte: BestWeather com dados Copernicus/ECMWF, (2023)

3.1.4 Dias de geada/noites frias ($T_{min} < 0^{\circ}C$)

A ocorrência de noites frias ou com geadas é um parâmetro importante para determinar o risco de desconforto térmico por frio, cujos impactos podem ser significativos na saúde humana, e também, para determinar impactos na agricultura e nos ecossistemas, sendo que a ocorrência de noites com temperaturas inferiores a $0^{\circ}C$ traz consigo impactos na atividade biológica das plantas e animais e na regulação dos ecossistemas.

Ao longo dos últimos 41 anos, a frequência de noites frias sofreu uma redução ligeira, mas com um grau de significância muito acentuado. Em média ao longo do período registaram-se cerca de 5 dias de geada/ano. (Figura 11)

Figura 11. Evolução do número médio de dias de geada em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5)



Fonte: BestWeather com dados Copernicus/ECMWF, (2023)

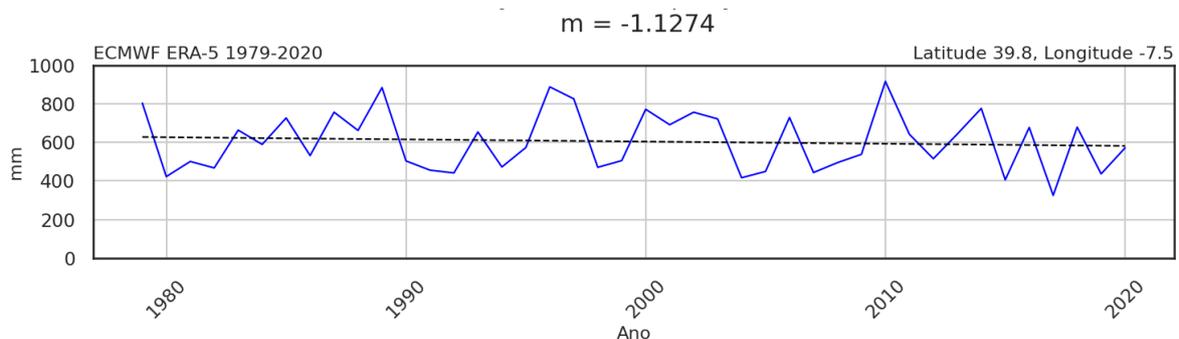
3.2. Tendências recentes dos elementos hidrológicos

Os elementos hidrológicos são variáveis e características relacionadas ao estudo e ao comportamento da água na Terra. Na presente análise foram tidas em conta as seguintes variáveis críticas: (i) precipitação média anual; (ii) balanço hídrico (número de dias secos e muito secos); (iii) e, precipitação extrema (número de dias acima do P95).

3.2.1 Precipitação média anual

Desde 1979, a precipitação média anual sofreu uma redução ligeira. Ainda assim, esta evolução não apresenta um grau de significância muito acentuado. A tendência de precipitação rondou os -11mm/década, com uma descida total da precipitação média na ordem dos 45mm (Figura 12).

Figura 12. Evolução da precipitação média anual em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5)



Fonte: BestWeather com dados Copernicus/ECMWF, (2023)

3.2.2 Balanço hídrico

O balanço hídrico é uma unidade utilizada para calcular o rácio entre a precipitação e a evaporação. No caso deste trabalho usaram-se valores de balanço hídrico potencial, ou seja, a relação entre o que choveu e a evaporação máxima possível na região, sendo essa evaporação calculada com a fórmula de *Thornthwaite* para a evaporação potencial. A evaporação real e a retenção de água no solo são fatores que variam consoante as características locais do território, tais como tipo ou cobertura de solos, pelo que esta unidade geral indica as condições em toda a área de análise de forma standardizada.

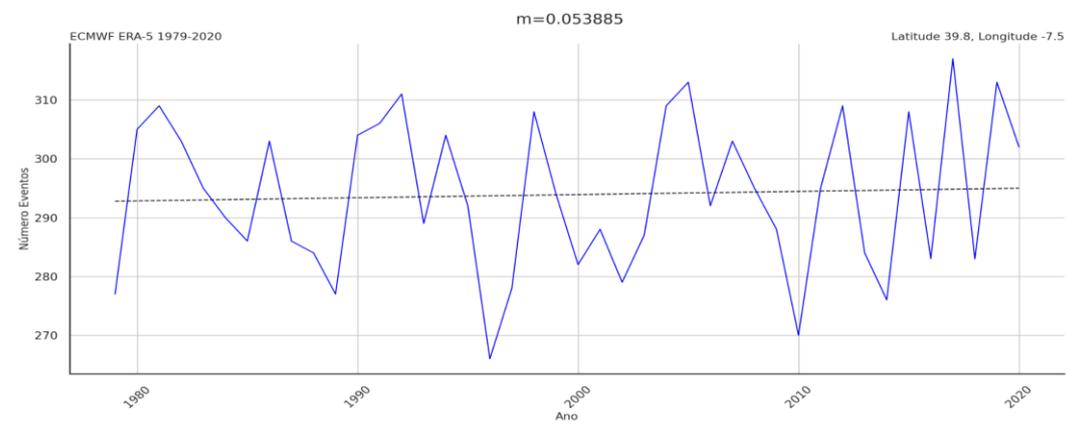
Esta unidade é importante para determinar o comportamento do ciclo hidrológico, se há maior ou menor potencial de perda de água que entra no sistema por via da precipitação, e a evolução desse comportamento no tempo.

Para o cálculo do número de dias secos e muito secos calculou-se o balanço hídrico por dia juliano, a partir da fórmula de *Thornthwaite*, para 1991-2020, e definiu-se como dia seco os dias com balanço inferior a 0 e dias muito secos com balanço inferior à média dos 90 dias mais secos do ano. Desta forma torna-se possível avaliar a duração e a intensidade da estação seca.

Como se pode observar na Figura 13, o número de dias secos por ano foi superior ao valor médio de dias secos no global dos 30 anos analisados. Isto deve-se ao facto de haver um desvio na distribuição e grande variabilidade em especial nos períodos de transição da estação seca para a estação chuvosa e vice-versa. Esta instabilidade e variabilidade interanual no comportamento da estação chuvosa é característica dos climas mediterrâneos e subtropicais observados na Península Ibérica. Consta-se também que o número de dias secos por ano não apresentou uma tendência significativa desde 1979, com a estação seca a não apresentar sinais significativos de extensão temporal.

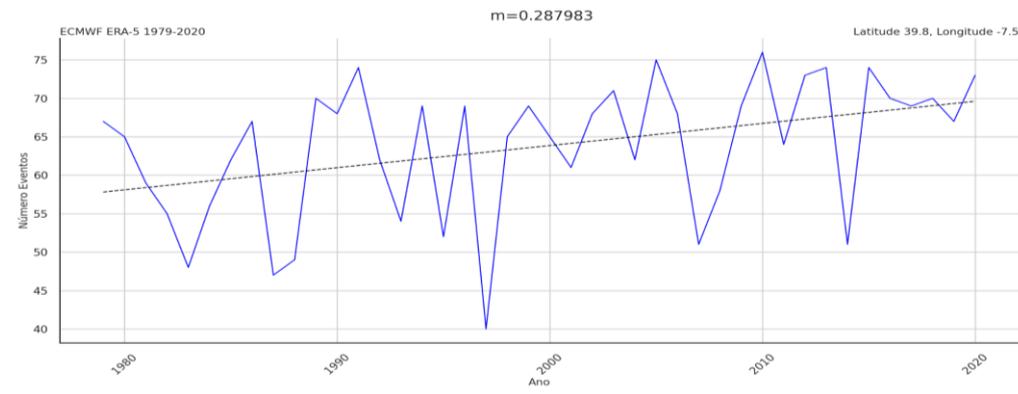
Por outro lado, na Figura 14, verifica-se que o número de dias muito secos, com balanço hídrico inferior à média dos 90 dias mais secos da série 1991-2020, mostra uma grande progressão positiva. A interpretação que pode ser feita destes dados é a de que se está a acentuar a severidade da estação seca, apesar da sua duração se manter em geral inalterada.

Figura 13. Evolução do balanço hídrico (dias secos) em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5)



Fonte: BestWeather com dados Copernicus/ECMWF, (2023)

Figura 14. Evolução do balanço hídrico (dias muito secos) em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5)



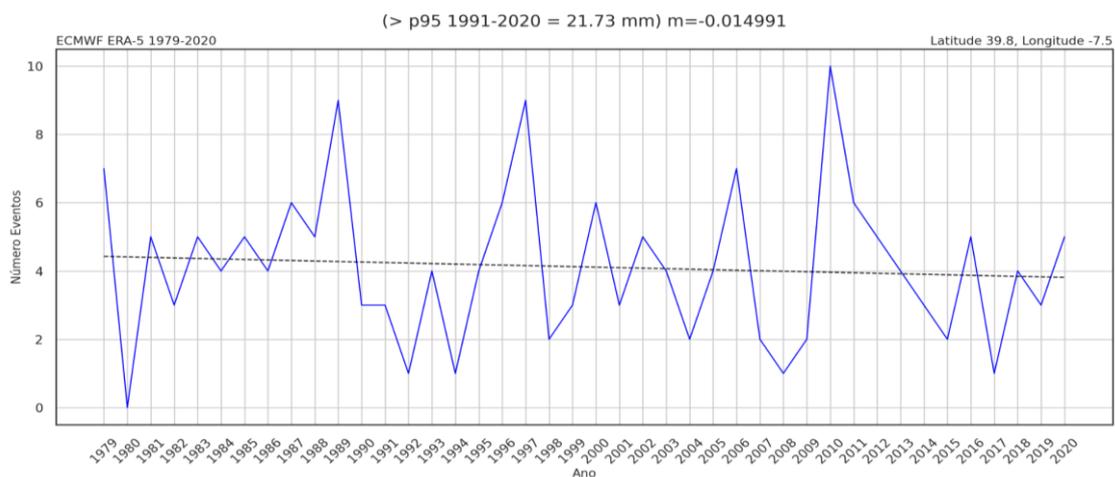
Fonte: BestWeather com dados Copernicus/ECMWF, (2023)

3.2.3 Precipitação extrema

Com a finalidade de avaliar a frequência de eventos de precipitação extrema foi calculado o percentil 95 dos dias com precipitação superior a 1mm para a série de 1991-2020. Este valor foi depois utilizado como referência para a construção da Figura 15, onde se espelha a evolução para o período entre 1979 e 2020.

Da análise realizada, observa-se que no período estudado não houve uma tendência clara na frequência de eventos de precipitação intensa, havendo enorme variabilidade interanual. Este dado contrasta com a redução, ainda que ligeira (cerca de 45mm no total da série), na precipitação média anual, permitindo chegar à conclusão que, apesar de em média haver uma descida dos valores anuais de precipitação, a frequência de eventos de precipitação intensa mantém-se em geral inalterada.

Figura 15. Evolução do número de dias com precipitação extrema em Castelo Branco no período 1979-2020 (ERA5)



Fonte: BestWeather com dados Copernicus/ECMWF, (2023)

3.3. Síntese das tendências de evolução climáticas recentes

A análise dos dados climáticos relativos ao período de 1979 a 2020 evidenciam uma alteração nas condições climáticas na região onde se insere o concelho de Castelo Branco. No essencial, destaca-se um aumento da temperatura média anual, um crescimento significativo do número de dias muito quentes e um agravamento na frequência de noites quentes.

A nível hidrológico, evidencia-se uma redução ligeira da precipitação média anual, na ordem dos 45 mm para 1979-2020, e um aumento da frequência de dias muito secos, na ordem dos 9 dias, em média, para o mesmo período. A frequência de eventos de precipitação intensa e a frequência de dias secos sofreram poucas alterações.

Concluiu-se que desde 1979, o clima em Castelo Branco se tornou mais quente, com mais eventos de calor intenso e com uma estação seca que, apesar de manter aproximadamente a mesma duração, tem vindo a ser mais severa.

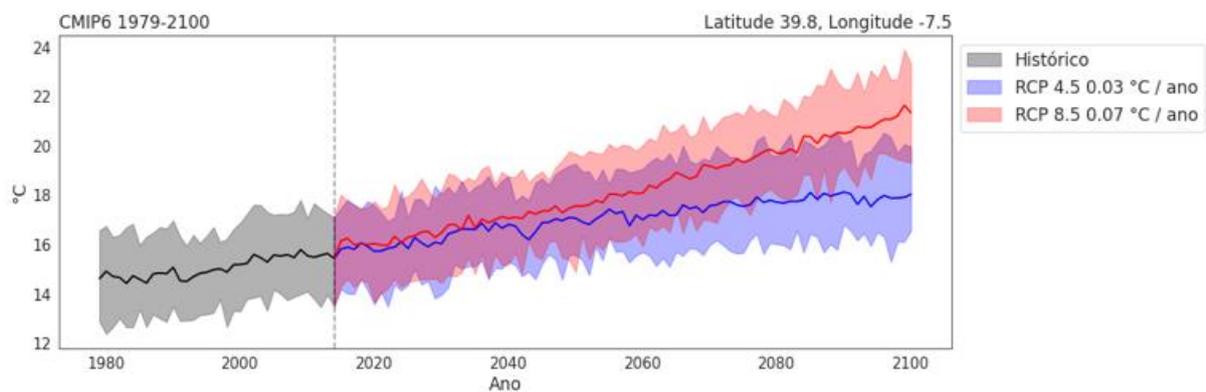
4. Cenarização da evolução climática

4.1 Cenários de evolução dos elementos meteorológicos

4.1.1 Temperatura média anual

A tendência prevista para a evolução da temperatura média anual até 2100 mostra uma projeção de subida significativa em ambos os cenários estudados. No cenário mais gravoso (RCP 8.5) as temperaturas médias anuais no final do século poderão subir mais de 4°C face ao período presente. As características do modelo CMIP6 levam a uma subestimação de cerca de 1 a 2°C dos valores de temperatura para a região de Castelo Branco, pelo que em finais do século XXI poderemos ter, independentemente dos cenários, valores de temperatura média anual superiores a 20°C (Figura 16).

Figura 16. Cenarização da evolução da temperatura média anual em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)



Fonte: Bestweather com dados Copernicus/IPCC(2023)

4.1.2 Dias de calor intenso (Tmax >35°C)

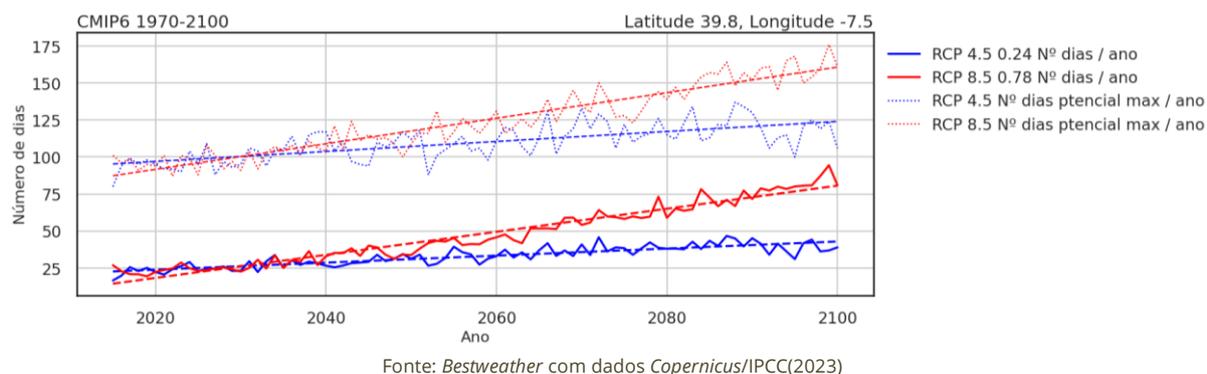
Para os dias de calor intenso foi utilizado o limiar de 35°C para o valor de temperatura máxima por esta região se encontrar no interior de Portugal continental. A Figura 17 sistematiza os vários cenários, ilustrando a evolução do número médio de dias por ano para cada cenário RCP (cheio) e a evolução do número máximo potencial ou teórico (pontilhado), e respetivas linhas de tendência.

Em ambos os cenários são expectáveis subidas significativas na frequência média de dias de calor intenso na região de Castelo Branco: até mais 20 dias no cenário de emissões globais menos gravoso e mais de 50 dias no cenário mais gravoso. Como referido anteriormente, o CMIP6 tem um comportamento que tende a subestimar ligeiramente as temperaturas na região, pelo que esta tendência de agravamento dos episódios de calor é muito significativa.

Verifica-se ainda um alargamento substancial dos dias de temperatura máxima potencial superior a 35°C, o que significa que no futuro haverá condições para se atingirem estes extremos térmicos em momento do ano em que no clima atual são essencialmente impossíveis.

Enquanto na atualidade apenas se podem atingir estes valores em cerca de 80-100 dias do ano, correspondendo ao trimestre mais quente, no futuro essa possibilidade poderá estender-se até 120-150 dias por ano.

Figura 17. Cenarização da evolução do número de dia muito quentes (temperatura máxima superior a 35°C) em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)



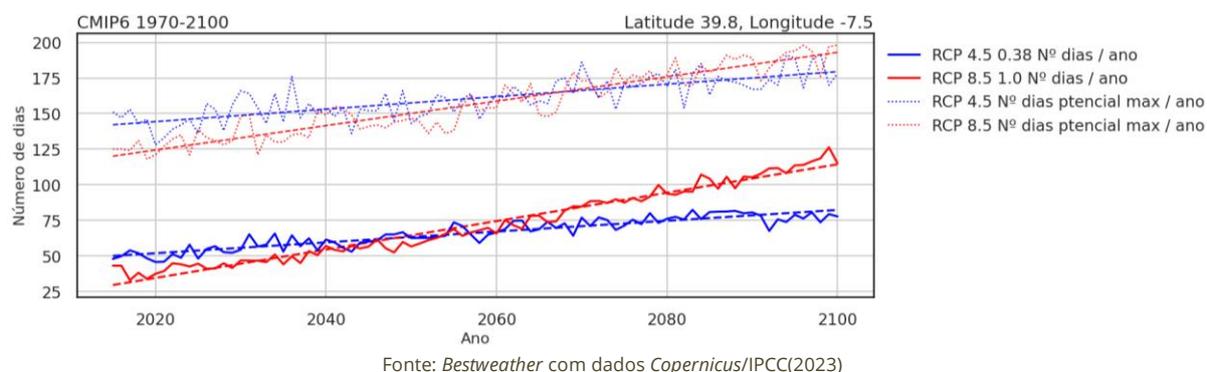
4.1.3 Noites tropicais/quentes ($T_{min} > 20^{\circ}C$)

Para as noites quentes foi utilizado o limiar *standard* de $20^{\circ}C$ para o valor de temperatura mínima. No que respeita ao comportamento previsto da frequência de noites quentes, verifica-se igualmente um aumento significativo da sua frequência em ambos os cenários, com aumentos de mais de 50 noites quentes por ano no final do século no cenário mais gravoso (RCP 8.5) e na ordem das 20 a 30 noites no cenário menos gravoso (RCP 4.5).

Verifica-se igualmente, tal como no caso dos valores superiores a $35^{\circ}C$, um alargamento do período do ano em que é possível a ocorrência de noites quentes, face ao clima atual, passando dos atuais 120-140 dias, correspondendo aos 4 meses mais quentes do ano, para perto de 200 dias no final do século.

Tendo em conta, mais uma vez, o ligeiro viés do CMIP6 no que respeita a subestimar os valores de temperatura, o número real deverá ser mais elevado do que o apresentado na Figura 18, embora se deva reter mais a tendência evolutiva do que os valores exatos. Assim, no futuro deverá existir um clima caracterizado por mais episódios de temperaturas elevadas, tanto nos valores diurnos como noturnos.

Figura 18. Cenarização da evolução do número anual de noites tropicais (com temperatura mínima acima dos $20^{\circ}C$) em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)



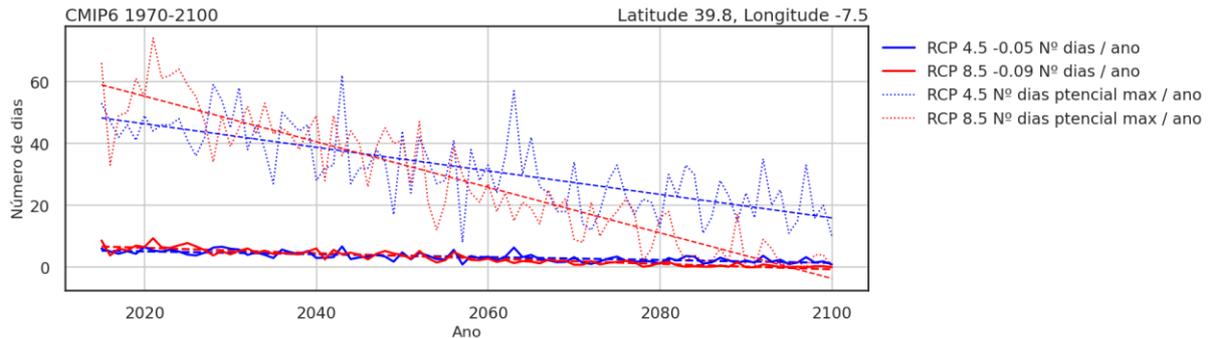
4.1.4 Dias de geada/noites frias ($T_{min} < 0^{\circ}C$)

Para as noites frias/geadas foi utilizado o limiar *standard* de $0^{\circ}C$ para o valor de temperatura mínima. O número médio de noites frias irá descer de forma significativa ao longo do século, com valores atuais de 5-10 noites por

ano, descendo para perto de 0. Um reparo que esta variável é de difícil representação pelo modelo dado que os valores mais baixos estão geralmente associados a inversões térmicas que a esta escala não se simulam muito bem. Nos cenários máximos, temos ainda uma mais rápida descida na tendência.

A frequência máxima potencial no clima atual ronda as 50 noites, consistente com o trimestre mais frio do ano (estes valores são representativos em termos geográficos essencialmente para fundos de vale e pontos mais altos da serra da Gardunha), descendo para perto de 0 no cenário mais gravoso e cerca de 20 dias por ano no cenário menos gravoso a final do século (Figura 19).

Figura 19. Cenarização do número de dias de geadas ($T_{min} < 0^{\circ}C$) em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)



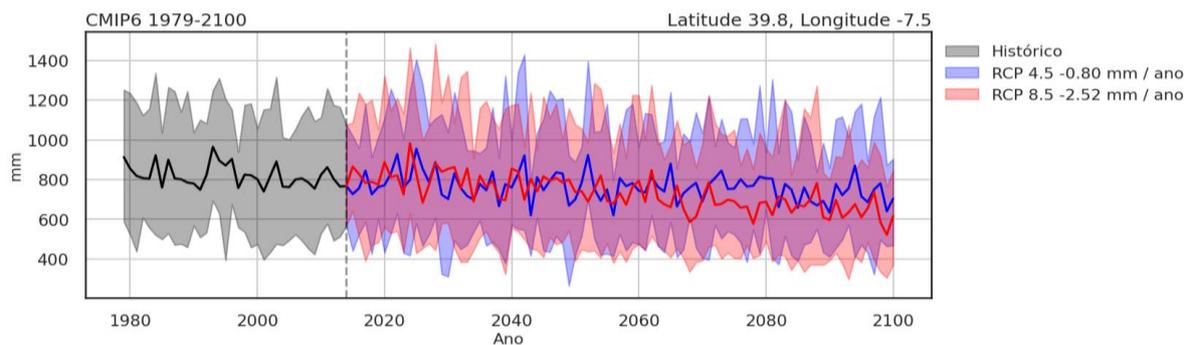
4.2 Cenários de evolução dos elementos hidrológicos

4.2.1 Precipitação média anual

A cenarização até 2100 para a precipitação média anual mostra uma elevada variabilidade, mas a tendência é similar em ambos os cenários, com uma redução da precipitação até final do século.

A redução total até 2100 poderá rondar os 100 a 200mm anuais, face à atualidade, correspondendo a uma redução de até 20-25% até ao final do século (Figura 20). Tendo em conta que o modelo CMIP6 tende a sobrestimar ligeiramente a precipitação na região, uma redução, mesmo que apenas na ordem dos 100mm, poderá ter impactos significativos, ainda para mais considerando que se espera um aumento da evapotranspiração potencial.

Figura 20. Histórico e cenarização da evolução da precipitação média anual em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)



4.2.2 Balanço hídrico

Para a realização destes cenários foram mantidos os limiares de “dia seco” e “dia muito seco”, determinados no capítulo de análise climática, e esses valores foram depois forçados no modelo CMIP6.

No que toca à duração da estação seca, o número médio de dias secos por ano deverá aumentar ao longo do século, com extensão da estação seca. Atualmente, a frequência de dias secos ronda os 270 dias por ano, podendo aumentar para cerca de 290 dias por ano no final do século. O número máximo potencial cobre o ano todo pelo simples facto de que em cada dia do ano é sempre possível que não chova, resultado da estação chuvosa ser em regra muito variável, algo que é típico dos climas mediterrâneos.

Da cenarização realizada destaca-se, no entanto, o aumento do número de dias muito secos, visível na Figura 22. A tendência aponta para um aumento da média de dias muito secos por ano entre 20-50 dias por ano, até ao fim deste século. Também se espera um aumento do número máximo de dias muito secos por ano, com um agravamento da estação seca que atualmente abarca essencialmente 130-140 dias, correspondente aos meses de junho a setembro e que poderá estender-se para incluir a quase totalidade de maio e outubro.

Conclui-se, assim, que há um sinal para um forte aumento da severidade da estação seca e de que as características de aridez do clima da região irão ser mais acentuadas no futuro, por comparação com as condições atuais.

Figura 21. Cenarização da evolução do número de dias secos em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)

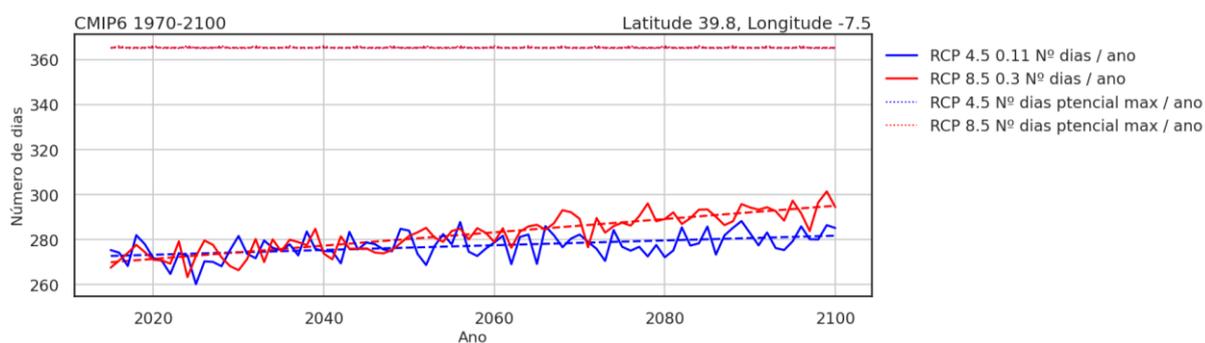
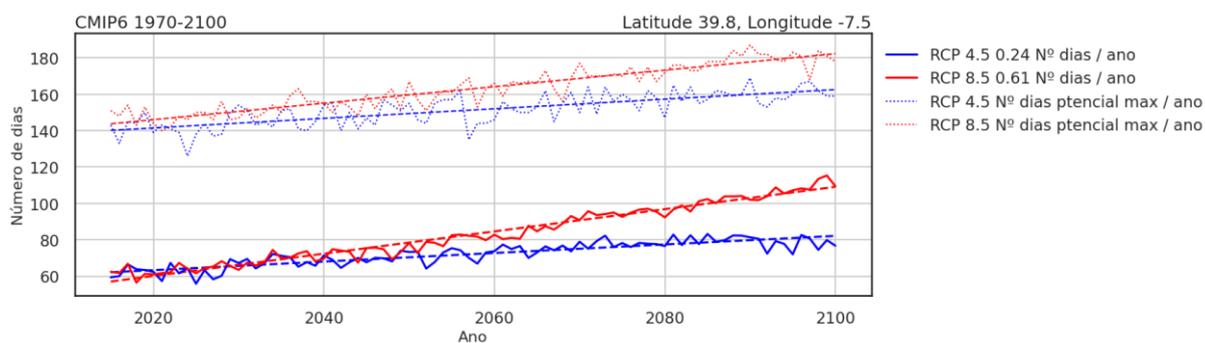


Figura 22. Cenarização da evolução do número de dias muito secos em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)



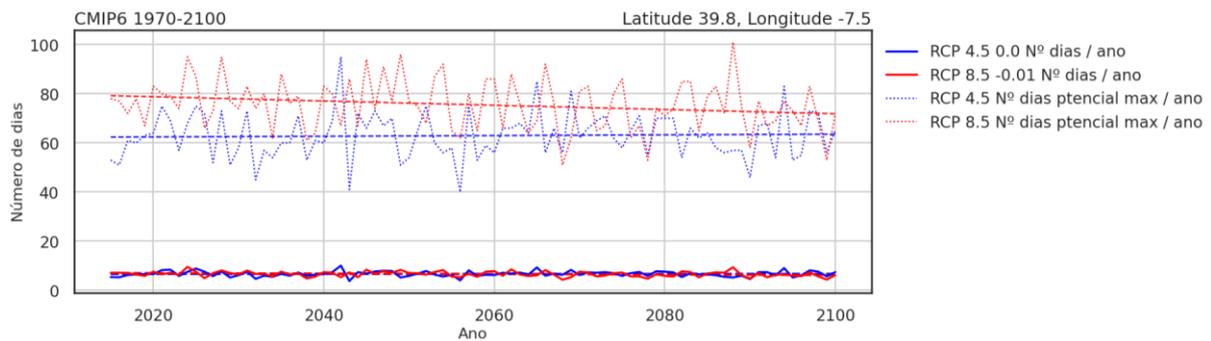
4.2.3 Precipitação extrema

Os eventos de precipitação extrema foram analisados com base no cálculo do percentil 95 efetuado com os dados do ERA5 para 1991-2020. O valor determinado foi depois forçado no CMIP6 para determinar a evolução das frequências previstas até 2100.

O valor médio do número de dias com precipitação intensa deverá manter-se estável, em valores próximos a 10 dias por ano ao longo do século. As simulações para número máximo potencial de eventos de precipitação extrema também não demonstram alteração significativa do número de eventos de precipitação intensa, com valores de 60-80 dias correspondendo grosso modo ao trimestre mais chuvoso. Este resultado segue a tendência climatológica observada no ERA5 para o período de observação.

Conclui-se, assim, que apesar da redução ligeira da precipitação média anual, a frequência de eventos de precipitação intensa poderá manter-se, em geral, próxima ao observado atualmente. Para uma melhor análise desta componente seria indicado um estudo futuro quando da disponibilidade de modelos de previsão com escala temporal e espacial mais fina, capazes de resolver melhor estes episódios de tempo extremo, cuja previsibilidade é sempre complexa, nomeadamente para perceber se ocorrerão mais episódios extremos com potencial para quebrar os recordes atuais de precipitação em 24h.

Figura 23. Cenarização da evolução do número de dias com precipitação extrema em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)



Fonte: Bestweather com dados Copernicus/IPCC(2023)

(página propositadamente deixada em branco)

5. Caracterização climática futura

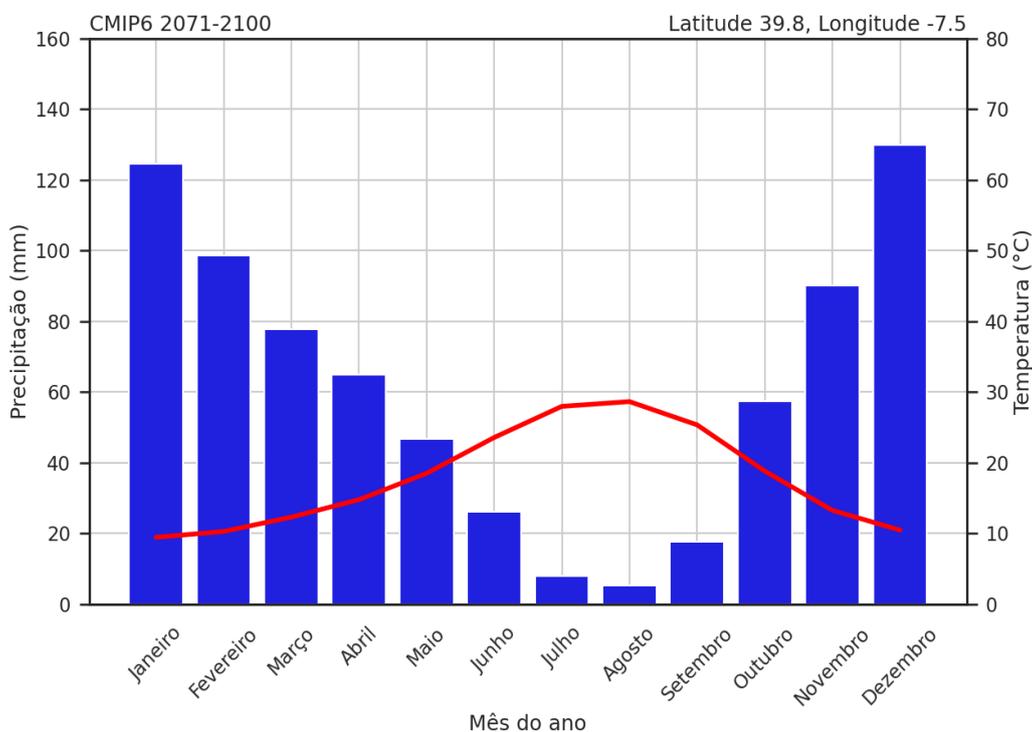
5.1. Características termopluiométricas futuras

O clima no concelho de Castelo Branco do final do século XXI será caracterizado, segundo as diversas projeções estudadas, por uma subida acentuada das temperaturas dos meses mais quentes, com alguns meses a poderem superar os 30°C de temperatura média mensal, mais de 5°C acima dos valores atuais. No Inverno o agravamento nos valores são menos notórias, com as temperaturas nos meses mais frios a manterem-se entre os 10-12°C de média mensal. Tendo em conta o viés ligeiramente negativo nas temperaturas geradas pelo modelo de base ao estudo, pode-se esperar que os valores venham a ser 1-2°C superiores aos valores simulados.

No que respeita à precipitação, espera-se uma redução da mesma, mais vincada no cenário mais gravoso, em especial nos meses de Primavera, Verão e Outono. Há, no entanto, maior incerteza na modelação da precipitação, resultante essencialmente de fenómenos de pequena escala que podem não ser bem diagnosticados pelo modelo.

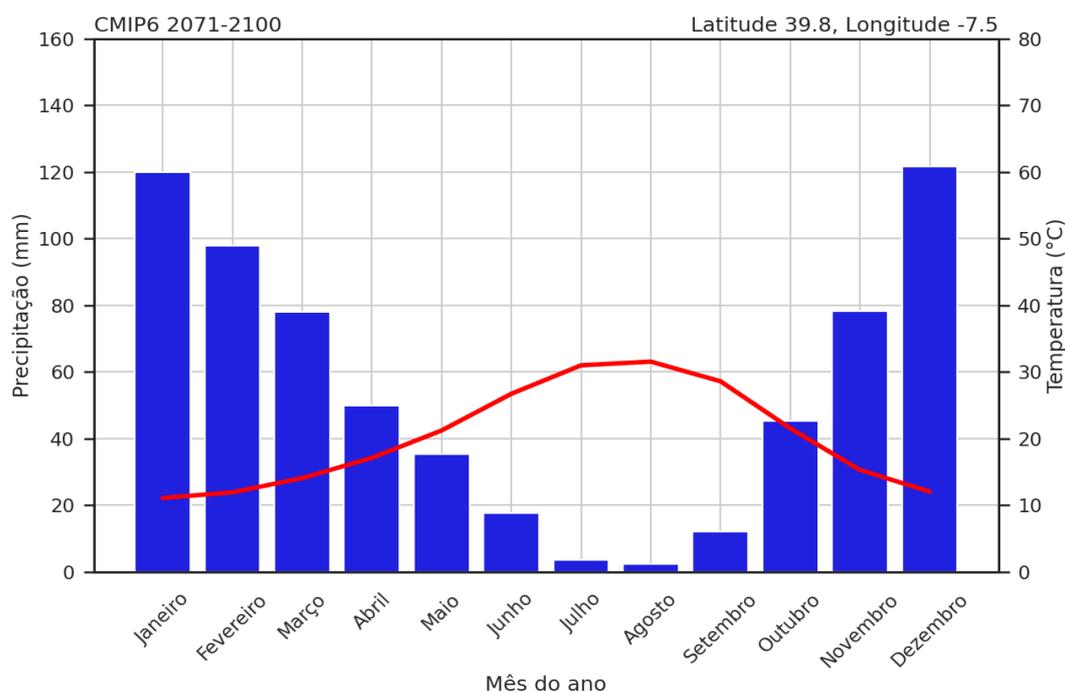
Em termos gerais projeta-se um forte sinal para verões extremamente quentes e para um acentuar da secura na estação seca (Figura 24).

Figura 24. Cénario termopluiométrico de Castelo Branco até 2100 (RCP4.5)



Fonte: Bestweather com dados Copernicus/IPCC(2023)

Figura 25. Cenarização termopluviométrica de Castelo Branco até 2100 (RCP8.5)



Fonte: Bestweather com dados Copernicus/IPCC(2023)

5.2. Características hidrológicas futuras

No final deste século espera-se um acentuar do défice hídrico, em ambos os cenários estudados, com o balanço hídrico a descer cerca de 200mm/ano até ao final do século comparando com os valores simulados pelo CMIP6 para o período atual (Figura 26).

Apesar de o CMIP6 ter um viés positivo na precipitação para a região, que leva à subestimação da aridez real do clima local de Castelo Branco, a tendência de acentuação da magnitude e duração da estação seca é corretamente diagnosticada em ambos os cenários RCP (Figuras 27 e 28), e no final do século o modelo simula durações de várias semanas consecutivas com défice hídrico diário na ordem ou abaixo de 4mm/dia. Estas condições, ainda para mais tendo em conta o viés do modelo, são significativas e demonstram o potencial de forte agravamento de situações de seca/aridez crónica, dado o prolongamento da estação seca.

A estação chuvosa revela um encurtamento, mas não se demonstra uma redução significativa nos valores de balanço hídrico, significando maiores quantidades de precipitação ocorridas em intervalos de tempo mais curtos, o que sugere a ocorrência de situações meteorológicas extremas com maior frequência, sejam secas prolongadas ou precipitação forte e concentrada em curtos espaços temporais.

Numa análise global, o défice hídrico médio anual irá agravar-se, o que terá um potencial impacto no desenvolvimento das atividades humanas e no comportamento dos ecossistemas.

Figura 26. Histórico e cenarização da evolução do balanço hídrico anual em Castelo Branco até 2100 (RCP4.5 e RCP8.5)

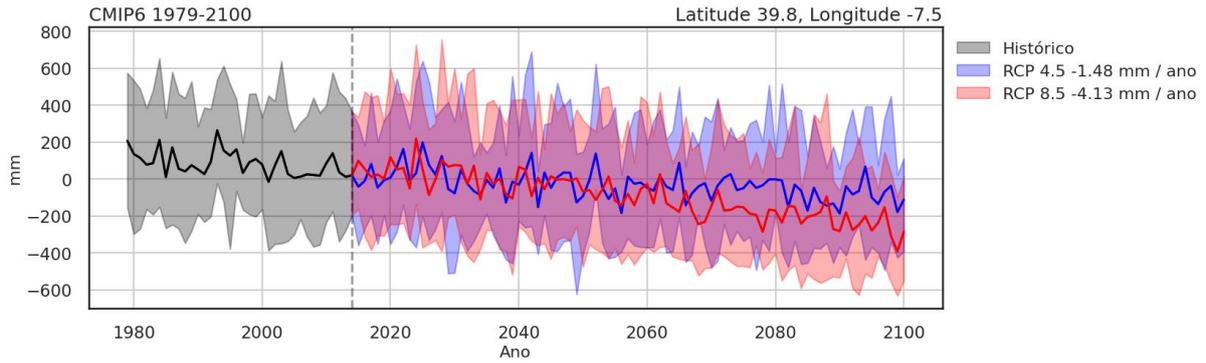


Figura 27. Balanço hídrico diário de Castelo Branco para o período 2071-2100 (RCP4.5)

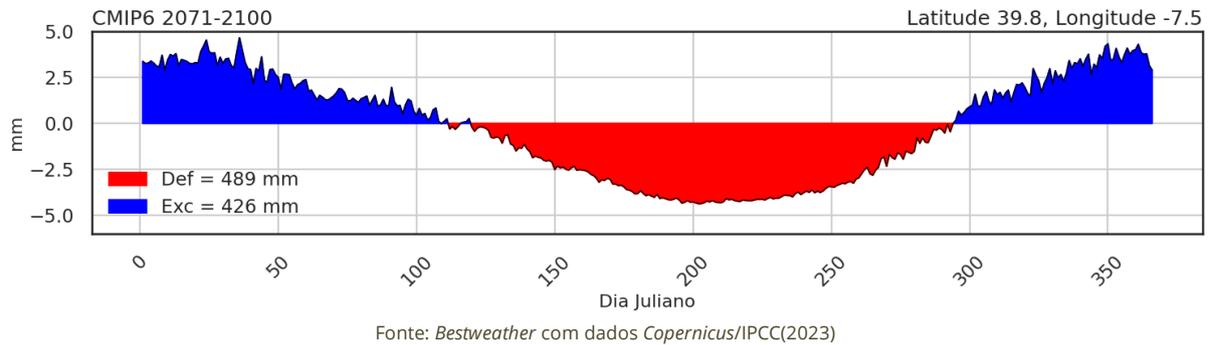
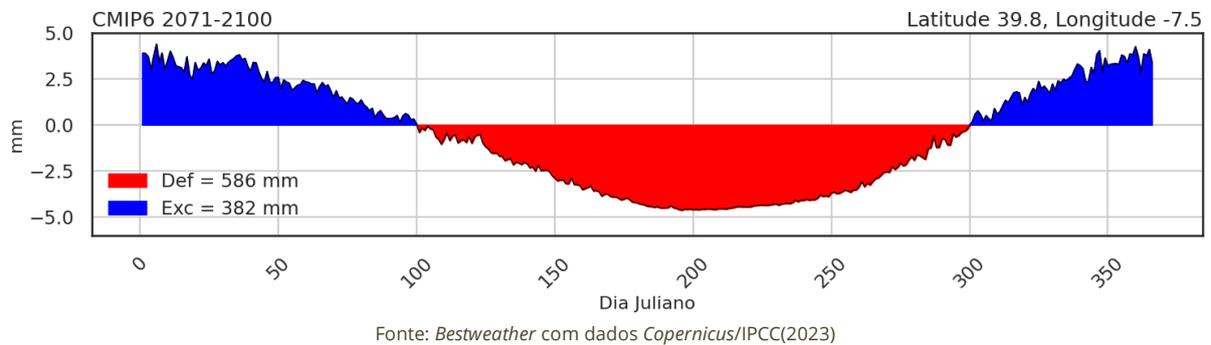


Figura 28. Balanço hídrico diário de Castelo Branco para o período 2071-2100 (RCP8.5)

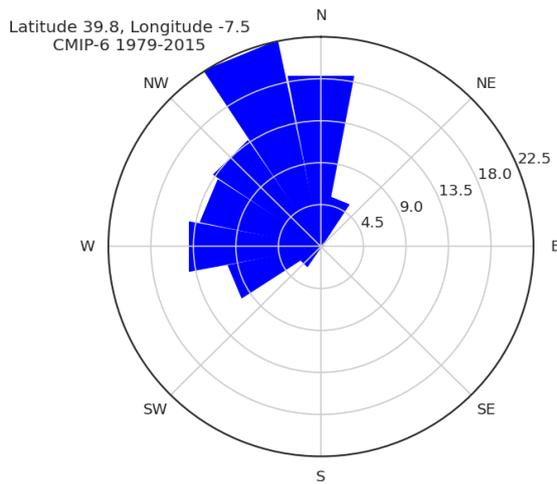


5.3. Características anemométricas futuras

Para o final do século, o CMIP6 simula uma maior frequência de circulação de componente sul e oeste em relação ao clima atual. Isto é visível em ambos os cenários estudados, por comparação ao período histórico (Figura 29).

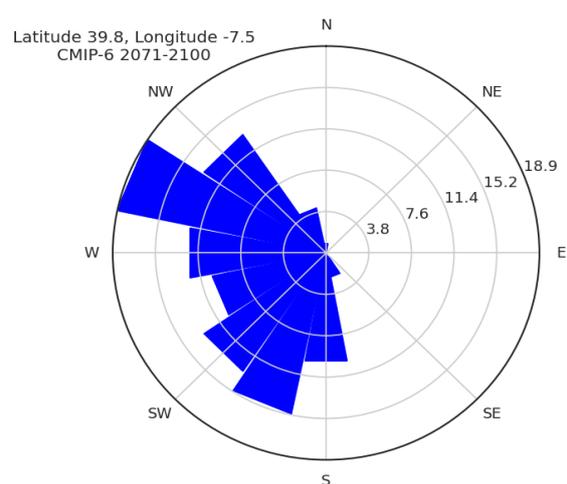
Uma maior prevalência de fluxo de componente oeste e sul poderá estar associada a uma intensificação das baixas pressões térmicas de verão sobre a Ibéria, Europa central e Mediterrâneo, e a alterações no comportamento das altas pressões subtropicais do Atlântico norte, norte de África e da circulação do jato nos meses de Inverno/Estação chuvosa. Uma análise mais extensa e utilizando um modelo com melhor resolução espacial deverá ser realizada futuramente para compreender melhor estas mudanças na circulação sinótica.

Figura 29. Distribuição anual de ventos em Castelo Branco para o período 1979-2015 (histórico cmip6)



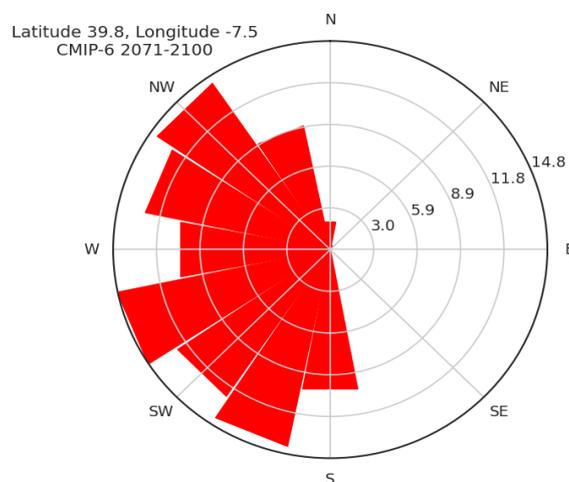
Fonte: Bestweather com dados Copernicus/IPCC(2023)

Figura 30. Distribuição anual de ventos em Castelo Branco para o período 2071-2100 (RCP4.5)



Fonte: Bestweather com dados Copernicus/IPCC(2023)

Figura 31. Distribuição anual de ventos em Castelo Branco para o período 2071-2100 (RCP8.5)



Fonte: Bestweather com dados Copernicus/IPCC (2023)

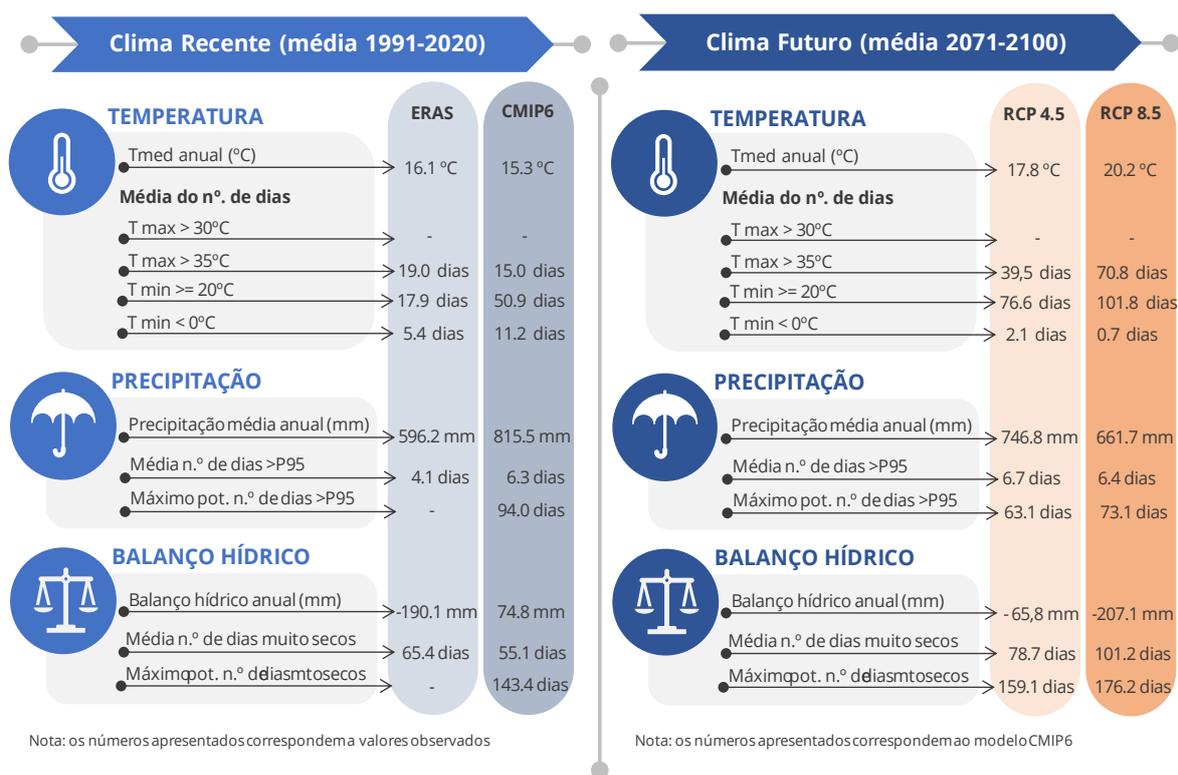
5.4. Resumo da variação dos parâmetros entre o clima futuro e o clima atual

O clima futuro (2071-2100) da região de Castelo Branco será diferente do clima atual (1991-2020), o que implicará medidas de ajuste, adaptação e mitigação. Os modelos climáticos utilizados neste trabalho representam a evolução e cenarização do clima da região de Castelo Branco com naturais imperfeições, embora se verifique uma forte consistência, que se observa especialmente entre o período histórico e as projeções futuras, no que respeita às tendências e comportamentos das distintas variáveis analisadas.

Os elementos desta análise que se destacam são os seguintes:

- aumento de mais de 4°C nas temperaturas médias dos meses mais quentes do ano. Aumento da temperatura média anual. Cenário muito forte no CMIP6, que subestima a temperatura, na realidade os valores poderão e deverão até ser superiores.
- Aumento significativo da intensidade dos episódios de calor intenso, com até mais do dobro de dias muito quentes, considerando o clima atual segundo o ERA5.
- Aumento significativo da seca estival, com aumento do número médio de dias muito secos de até 20 a 40 dias, relativamente ao clima atual, e uma maior extensão do período do ano em que é possível a ocorrência de dias muito secos de cerca de 140 dias para mais de 150 a 170 dias.
- Acentuar da aridez global do clima da região, muito notável no cmip6, embora o CMIP sobrestime bastante a precipitação e, com isso, os valores de balanço hídrico em relação ao observado nas reanálises do ERA5. O acentuar da aridez deverá ser, assim, superior aos valores simulados pelo CMIP6.
- Aumento da concentração temporal da precipitação, com ligeira subida da frequência de dias muito chuvosos.
- Redução ligeira da precipitação média anual, tendo em conta o histórico do CMIP, e poucas alterações tendo em conta a reanálise do ERA5. Esta redução é significativa dado o bias positivo da precipitação do cmip6 para a região, os valores reais deverão ficar abaixo do modelado.
- Alterações no regime de ventos. Maior frequência de rumos do quadrante oeste e sul, embora esta avaliação careça de mais estudos futuros.

Figura 32. Variação registada e projetada dos parâmetros climáticos no concelho



Fonte: Bestweather (2023)

6. Bibliografia

- Alcoforado MJ (1987) Brisas estivais do Tejo e do oceano na região de Lisboa. Finisterra - Revista Portuguesa de Geografia, XXII (43): 71-112.
- Alcoforado MJ, Alegria MF, Ramos-Pereira A, Sirgado C (2009) Domínios bioclimáticos em Portugal, definidos por comparação dos índices de Gaussen e Emberger. 3rd ed, Núcleo Clima, 1, CEG, Lisboa. (ISBN: 978-972-636-193-0)
- Alcoforado MJ, Andrade H, Lopes A, Vasconcelos J, Vieira R (2006) Observational studies on summer winds in Lisbon (Portugal) and their influence on daytime regional and urban thermal patterns. Merhavim, 6: 90-112.
- Alcoforado MJ, Dias MH (2001) Imagens climáticas da região de Lisboa. Enquadramento na Diversidade Climática de Portugal Continental. CD-Rom, AIG-E, CEG, Lisboa. (ISBN 972-636- 133-8).
- Alcoforado MJ, Lopes A, Andrade H, Vasconcelos J (2005) Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa. CEG/A.I.G-E., 4, Lisboa, 81p.
- Santos M, Fragoso M (2013) Precipitation variability in Northern Portugal: data homogeneity assessment and trends in extreme daily precipitation indices. Atmospheric Research, 131: 34- 45.
- Stewart ID, Oke TR (2012) Local Climate Zones for urban temperature studies. Bulletin of the American Meteorological Society, 93: 1879-1900.
- Weiss, AD (2011) Topographic Position and Landforms Analysis. WMO (2015) Heatwaves and health: guidance on warning-system development.
- WMO-No. 1142, World Meteorological Organization and World Health Organization, acessível em <http://www.who.int/globalchange/publications/heatwaves-health-guidance/en>.
- WMO (2016) Guidelines on the Definition and Monitoring of Extreme Weather and Climate Events (Draft version), acessível em <http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/opace/opace2/documents/DraftversionoftheGuidelinesontheDefinitionandMonitoringofExtremeWeatherandClimateEvents.pdf>.
- PMAAC-AML (2018) Plano metropolitano de adaptação às alterações climáticas da Área Metropolitana de Lisboa. Volume I. Definição do cenário base de adaptação para a AML. Área Metropolitana de Lisboa.
- PMAAC-Odivelas (2020) Plano municipal de adaptação às alterações climáticas de Odivelas. Câmara Municipal de Odivelas

6.1. Hiperligações

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094719302439> (consultado a 15/07/2021)

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5881250/>

<https://www.climate-lab-book.ac.uk/2013/sources-of-uncertainty/>

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wat2.1349>

<https://meteorologia.incaper.es.gov.br/BH>

<https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.6988>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-016-3455-2>

<https://www.mdpi.com/2077-1312/7/3/61>

<https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>

<https://climate.copernicus.eu/>

<https://www.copernicus.eu/pt-pt>

https://geo2.dgterritorio.gov.pt/atom-dgt/COSsim/Nomenclatura_COSsim.pdf

<https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/d08852bc-7b5f-4835-a776-08362e2fbf4b>

<https://www.dgterritorio.gov.pt/COSc2022-Carta-de-Ocupacao-do-Solo-Conjuntural-de-2022>

<https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop>

<https://dados.gov.pt/en/datasets/massas-de-agua-superficiais-rios-de-portugal-continental-conjunto-de-dados-geografico-sniamb>

(página propositadamente deixada em branco)



CEDRU

Centro de Estudos e Desenvolvimento
Regional e Urbano

CEDRU

Centro de Estudos e Desenvolvimento Regional e Urbano, Lda.
Rua Fernando Namora, 46 A
1600-454 Lisboa - Portugal
Telefone: + 351 217 121 240
Email: geral@cedru.com
URL: www.cedru.com | www.facebook.com/cedru.pt

BestWeather

Bestweather, Lda.
(+351) 929 019 786
<https://bestweather.org/>

Estudo:

Plano Municipal de Ação Climática de Castelo Branco

Documento:

Relatório da Fase 2 – Cenário Base de Adaptação Climática

Data:

26 de agosto de 2024