

Contributo para a classificação climática de Portugal utilizando a metodologia de Novais

Contribution to the climate classification of Portugal using the Novais methodology

Giuliano Tostes Novais

Curso de Geografia/Instituto Acadêmico de Educação e Licenciaturas/Campus Nordeste/Universidade Estadual de Goiás, Formosa, Brasil



Lilian Alinde Machado

Instituto de Geociências/Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

Helena Madureira

Departamento de Geografia/Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território/FLUP/Universidade do Porto, Porto, Portugal

Ana Monteiro

Departamento de Geografia/Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território/FLUP/Universidade do Porto, Porto, Portugal

RESUMO

Objetivo da Investigação: O objetivo desse trabalho é a aplicação ao território português da metodologia de classificação climática utilizada por Novais (2019).

Metodologia: Esta metodologia usa dados de reanálise ERA-Interim do algoritmo CHELSA, possibilitando um maior detalhe na informação climatológica da área de estudo e cria uma cascata multiescalar diversa consoante a escala espacial de análise pretendida possibilitando que à medida que aumentamos a escala espacial de análise consigamos observar as características específicas desses lugares. Para conseguir os valores de evapotranspiração potencial foi utilizado o método de Thornthwaite e Matter (1955). Os níveis hierárquicos considerados neste trabalho foram: (1º) Zona Climática, (2º) Clima Zonal, (3º) Domínio Climático, (4º) Subdomínio Climático, (5º) Tipo Climático e (6º) Subtipo Climático. Foram gerados dois modelos cartográficos no software Dinamica EGO. Os resultados obtidos foram convertidos em vetores e sobrepostos criando a base analítica para a definição das unidades climáticas em Portugal.

Resultados: No território português foram identificados 3 domínios climáticos: Tropical Ameno, Subtropical e Temperado. Esses Domínios foram divididos em 4 subdomínios climáticos, considerando-se a quantidade de meses secos: úmido, semiúmido, semiseco e seco; localizados em 3 tipos Climáticos: o oceânico, o continental e o mediterrâneo. Por último, foram delimitados 125 subtipos climáticos a partir das unidades geomorfológicas.

Originalidade/Valor: A delimitação espacial de cada um dos domínios e subdomínios climáticos em Portugal, resultantes desta metodologia, pode ser um complemento útil para tomada de decisão no ordenamento do território a várias escalas espaciais, além de dar mais um contributo para alargar o âmbito da aplicação desta metodologia ao continente europeu.

Palavras-chave: Classificação Climática de Novais; reanálise climática; temperatura média do mês mais frio; quantidade de meses secos; modelagem climática.

ABSTRACT

Research Purpose: The objective of this work is the application to the Portuguese of the climate classification methodology used by Novais (2019).

Methodology: This methodology uses ERA-Interim reanalysis data of the CHELSA algorithm, enabling a greater detail in the climatological information of the study area and create a multiscale cascade depending on the spatial scale of the desired analysis allowing us to observe the specific characteristics of these places as we increase the spatial scale of the analysis. To obtain potential evapotranspiration values, the Thornthwaite and Matter (1955) method was used. The hierarchical levels considered in this study were: (1st) Climatic Zone, (2nd) Zonal Climate, (3rd) Climate Domain, 4th) Climatic Subdomain, 5th) Climatic Type and 6th) Climatic Subtype. Two cartographic models were generated in the Dynamic EGO software. The results obtained were converted into vectors and overlapped creating the analytical basis for the definition of climate types in Portugal.

Findings: In the Portuguese climate domains were identified: Tropical Ameno, Subtropical and Temperate. These domains were divided into 4 climatic subdomains, considering the amount of dry months: wet, semi-humid, semi-dry and dry; located in 3 Climatic Types: the oceanic, the continental and the Mediterranean. Finally, 125 climatic subtypes were delimited from the geomorphological units.

Originality/Value: The spatial delimitation of each of the climate areas and subdomains in Portugal, resulting from this methodology, can be a useful complement to support the decision-making of spatial planning at various spatial scales in addition to making another contribution to extend the scope of the application of this methodology to the European continent.

Keywords: Climate Classification of Novais; climate reanalysis; average temperature of the coldest month; amount of dry months; climate modeling.

1. Introdução

Na atualidade, a Climatologia tem à sua disposição várias formas de acompanhar a variação da atmosfera (ex: satélites, estações meteorológicas, etc.) que nos auxiliam na compreensão das características climáticas da Terra. O desenvolvimento de novas tecnologias promoveu mudanças em diversas áreas e setores da sociedade, principalmente no acesso tecnológico a informação e comunicação (texto retirado), facilitando sobretudo a difusão de dados meteorológicos e climatológicos. Essa disponibilidade de dados climáticos, quase em tempo real, permite revisitar trabalhos pretéritos para com novas abordagens procurar melhorar e enriquecer as inúmeras classificações climáticas existentes.

A reanálise climática é um dos vários exemplos disponíveis que podem acrescentar conhecimento no domínio das classificações climáticas já disponíveis e que devem, por esse motivo, ser experimentadas.

Há uma diversidade de características utilizadas como critério de classificação climática, sendo todos de grande valia para a ciência do clima. Vários autores elaboraram classificações climáticas conhecidas no mundo inteiro, sendo muito utilizados atualmente, como Köppen (1948), Thornthwaite e Mather (1955) e Strahler (1989). A metodologia de Köppen, por exemplo, é usada pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA). Além desses, de Martonne (1925) e Papadakis (1960) também se destacam em sistemas de classificação climática no continente europeu.

Em Portugal, temos alguns exemplos de classificação climática. Dalgado (1914) fez um mosaico climático com critério de classificação adotado pela Geografia Médica, com influência marítima e da Corrente do Golfo. Alcoforado et al. (2009) publicou uma reedição de seu trabalho sobre os Domínios Bioclimáticos de Portugal onde a mesma utiliza em sua pesquisa, dados de 1981, aplicando os índices de Gaussem e de Emberger. Para ser considerado mês seco, Gaussem e Bagnouls (1953) usa uma fórmula onde a precipitação tem de ser igual ou menor que o dobro do valor da temperatura média do mês analisado (°C). A quantidade de informações e de dados são consideradas fracas pela autora, sobretudo nos planaltos do interior, onde as estações meteorológicas estão geralmente próximas de locais habitados.

Ribeiro e Lautensach (1988) já enfatizavam as diferenças entre o Norte Atlântico, Norte Transmontano e o Sul Português, nas influências mediterrânea e atlântica e, pela sua atenuação como o afastamento do litoral. Daveau (1985) elaborou um esboço provisório das Regiões Climáticas de Portugal, levando em conta as características geográficas de cada região, mostrando seus contrastes térmicos e pluviométricos, encontrando 4 sub-tipos, de acordo com Monteiro et al. (2005): litoral oeste, fachada atlântica, marítimo de transição e diferenciado pela altitude.

Monteiro (1988), aplica uma análise factorial para a descrição e definição sistemática do Clima de Portugal.

Foram utilizados 17 elementos climáticos de 43 pontos de observação, com a adição da variável de altitude. Assim a análise buscou encontrar modelos que explicam o comportamento básico do quadro climático português. Foi construída uma matriz de correlação entre todas as variáveis. As regiões foram divididas em dois grupos: marítimo (tipos: litoral oeste, fachada atlântica, Algarve e Arrábida, e Transição), e continental (tipos: Alentejo, Trás-os-Montes e relevo).

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) adota a classificação climática de Nimer (1972). Também podemos destacar Monteiro (1962, 1973), que criou uma classificação para o estado de São Paulo, abrangendo as escalas regionais e locais, mostrando a variabilidade dos elementos climáticos locais, com influência de fatores geográficos na análise rítmica das condições do tempo atmosférico.

Visando criar um método que associe o grande volume de dados climáticos disponibilizados de forma gratuita, aos avanços tecnológicos incorporados à cartografia e geoprocessamento, Novais (2019) desenvolveu um sistema que classifica os climas a partir da escala climática adotada, utilizando dados de reanálise do projeto CHELSA, com modelagem cartográfica para relacionar e sobrepor os dados obtidos. Assim, esse sistema pode auxiliar no desenvolvimento de planos de gestão ambientais e regionais, na medida em que gera informação com detalhe na resolução original (1km²) dos dados de entrada.

Além da aplicação para todo o território brasileiro feito por Novais e Machado (2023) e Novais (2023), esse sistema foi aplicado no estado de São Paulo (Novais & Galvani, 2022), no estado de Goiás e no Distrito Federal (Colli & Novais, 2021; Novais, 2020); em alguns municípios e regiões de Minas Gerais, como Ponte Nova (Allocca et al., 2021a), Prata (Novais, 2021b), Uberlândia (Novais, 2021c), Zona da Mata Mineira (Allocca et al., 2021b), Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Novais, 2011; Novais et al., 2018; Novais, 2022); no Espírito Santo, no município de Serra (Oliveira & Allocca, 2021); em Goiás, no município de Formosa (Novais & Pimenta, 2021; Pimenta & Novais, 2021); no maciço da Pedra Branca, município do Rio de Janeiro (Silva, 2022); e no Pantanal Mato-grossense (Novais, 2021a).

Para Armond et al. (2016), a complexidade do mundo e a necessidade de uma abordagem híbrida dos fenômenos, nos desafiam a realizar classificações climáticas com uma relação sociedade e natureza.

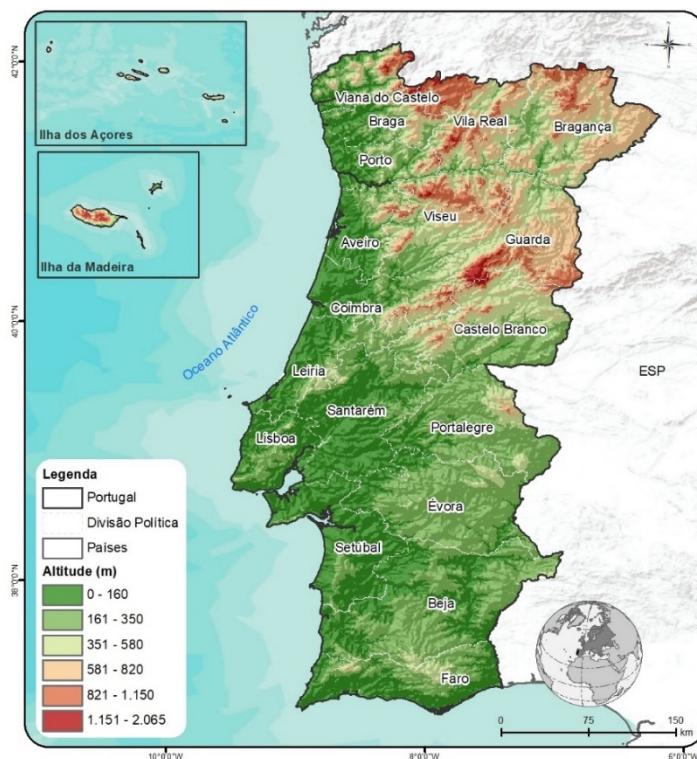
O objetivo principal desse trabalho foi aplicar os procedimentos metodológicos utilizados por Novais (2019) para Portugal, através da automatização de dados elaborada no *software* Dinamica EGO. O modelo de classificação adapta a qualquer escala climática, utilizando hierarquias de unidades, que vão desde as Zonas Climáticas até os Subtipos Climáticos. Nesse contexto, a pesquisa nessa dimensão escalar pode concorrer para melhorar o entendimento do clima regional e sub-regional de Portugal.

2. Área de Estudo

O território português (Figura 1) configura-se como uma das mais diversificadas nações em termos climáticos da Europa. Contribuindo para isso, a sua localização latitudinal entre 32° e 42° ao norte do Equador (Portugal Continental), e também com territórios insulares no meio do Oceano Atlântico Norte (as Regiões Autônomas de Acores e Madeira).

É uma área de transição entre climas subtropicais e temperados, possuindo um relevo com variações de altitude significativas. Conforme Ferreira (2005), a região norte do país é caracterizada por máximos de chuva anual, vegetação sempre verde, policultura, gado graúdo e elevada densidade demográfica. Já o sul possui características mediterrâneas, extensas planuras, cultura florestal perene e de cereais, e densidade demográfica baixa.

Figura 1
Localização de Portugal na Europa



Fonte: próprios autores

De acordo com Lacerda (2016), Portugal situa-se numa faixa de latitudes onde a circulação atmosférica é fortemente influenciada pela migração sazonal do sistema de circulação atmosférica situado nas latitudes médias. No verão, a circulação atmosférica é maioritariamente dominada por um sistema subtropical de altas pressões centrado nos Açores, mais conhecido como anticiclone dos Açores, favorecendo o bom tempo e temperaturas elevadas (Talaia & Fernandes, 2009). Ferreira (2005) diz que o Jato Subtropical é o ramo descendente do ar da Célula de Hadley, que alimenta o anticiclone dos Açores, e o Jato Polar é o vento de oeste vindo da depressão subpolar, formada pela Célula de Ferrel. No verão, Portugal fica inteiramente incluído no anel latitudinal afetado pela descendência do ar da Célula de Hadley. Os meses de transição

entre os sistemas de anticiclones e depressões, normalmente são abril e outubro. Durante o inverno o anticiclone dos Açores desloca-se para as baixas latitudes do sul, e permite a passagem das frentes frias, juntamente com outras perturbações meteorológicas vindas do oceano Atlântico em direção ao continente europeu (Martins, 2012).

Numa escala regional do clima, Portugal sofre influência à noroeste das massas de ar árticas marítima e polar marítima, vindas do Oceano Atlântico Setentrional e do Oceano Glacial Ártico. De nordeste, vem o ar polar continental, que durante as vagas de frio, tranpõe a barreira dos Pireneus. De sudoeste, advém as massas de ar quente e úmida do Oceano Atlântico Tropical e Subtropical. E do sudeste, o ar tropical continental seco do Deserto do Saara, influencia nas vagas de calor (Ferreira, 2005).

A Península Ibérica, em sua maioria, é formada por um relevo de altitude acima de 600 metros, o que dificulta a penetração do ar marítimo até o centro da península. A organização do relevo, sua compartimentação, multiplicando as condições de exposição ao Sol e aos ventos atlânticos, são alguns dos fatores mais importantes da diferenciação climática de Portugal Continental na escala regional. Segundo Ferreira (2005), a continentalidade influencia os relevos de mesetas e planaltos interiores, com frio noturno invernal, e calor extremo diurno estival. Nas Regiões Autônomas dos Açores e da Madeira, as ilhas baixas são totalmente envolvidas pelo ar oceânico, já nas ilhas montanhosas de média altitude, seus cumes ficam cobertos por nebulosidade, e nas ilhas montanhosas de alta altitude, possuem um contraste climático do ar frio e seco acima e ar quente e úmido abaixo.

O contraste pluviométrico entre as regiões de Portugal continental é evidenciado por Ribeiro e Lautensach (1988), onde o norte recebe em média anual, chuvas muito abundantes. Com isso, as depressões influenciam todos os meses, exceto julho e agosto. O sul de Portugal recebe muito menos precipitações, porque as que resultam das trovoadas não podem compensar o fato de as depressões do Atlântico Norte não causarem ali chuvas durante a maior parte do ano. Há também o contraste entre o litoral e o interior, diminuindo a quantidade de chuva quanto mais se penetra para o interior do país.

Daveau (1985), afirma que a distribuição da temperatura depende da continentalidade, altitude e topografia, sendo a latitude de pouca influência, principalmente no inverno. As temperaturas mínimas de inverno ficam acima de 6,0°C no litoral, e abaixo de 2,0°C no centro-norte português. A intensidade e duração do frio invernal é um indicador importante de possibilidade de gelo ao solo (temperatura mínima absoluta abaixo de 5,0°C, principalmente para a agricultura. No verão, no litoral e nas áreas montanhosas, a estação estival é de moderada a fresca, já no interior continental, principalmente nas áreas abrigadas dos ventos litorâneos, o verão é quente a muito quente.

Ainda, segundo Daveau (1985), a variação térmica nas ilhas é muito mais suave que no continente. Na escala local, os contrastes térmicos são maiores devido a orografia e exposição de vento dominante. As temperaturas mínimas nunca ficam abaixo de zero, somente nos pontos mais elevados dos Açores e Madeira.

3. Metodologia

3.1. Classificação climática de Novais

O sistema de classificação climática aplicado a Portugal é baseado na classificação adotada por Novais (2019), que em sua tese utilizou-o para o bioma Cerrado, no Brasil (texto retirado). O método é considerado híbrido, de caráter empírico e genético, seguindo uma hierarquia que aborda desde os níveis superiores até os inferiores da escala do clima, como mostrado a seguir por Novais e Galvani (2022):

A classificação climática de Novais é dividida em 8 hierarquias, sendo elas: 1) Zona Climática: de controle astronômico, determinada pela incidência dos raios solares durante o ano; 2) Clima Zonal - regulado pela Temperatura Média do Mês mais Frio (TMMMF); 3) Domínio Climático: também controlado pela TMMMF, mas com atuação de sistemas atmosféricos, fundamentais para a diferenciação dessas unidades climáticas; 4) Subdomínio Climático: determinado pela quantidade de meses secos (precipitação menor que a evapotranspiração potencial); 5) Tipo Climático: mostra a localização dos Domínios e Subdomínios no continente; 6) Subtipo Climático: também são delimitados por sua localização, mas com um melhor refinamento em relação aos Tipos, recebendo a nomenclatura da unidade geomorfológica do relevo em que está inserido; 7) Mesoclima: delimitado por elementos geomorfológicos de pequenos táxons, formas de relevo de grande destaque na paisagem e também pelas zonas urbanas; e 8) Topoclima: aplicado a vertentes de relevo (p. 5).

As unidades climáticas foram formadas pela interação dessas hierarquias, dependendo da escala adotada. Para esse trabalho, utilizou-se todo o nível superior da escala do clima e o primeiro nível da escala inferior (até a 6^a hierarquia climática de Novais). A Tabela 1 demonstra a conexão das hierarquias climáticas de Novais (2019) com as escalas do clima.

Tabela 1
Escalas e hierarquias climáticas utilizadas no trabalho

Nível superior da escala climática					Nível inferior da escala climática
Escala Zonal		Escala Regional			Escala Sub-Regional
Zona Climática	Clima Zonal	Domínio Climático	Subdomínio Climático	Tipo Climático	Subtipo Climático

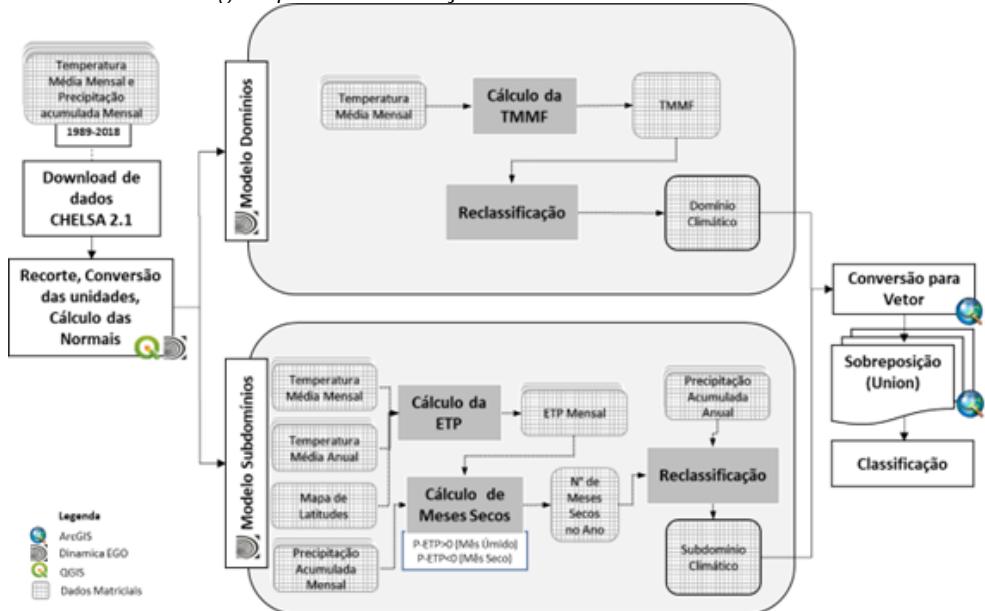
Fonte: adaptado de Novais (2019).

3.2. Dados de reanálise ERA-Interim

Para definição dos domínios e subdomínios climáticos, foi necessário obter uma base de dados de 30 anos para temperatura e precipitação. Os dados utilizados foram obtidos do projeto CHELSA (Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas) de Karger et al. (2021). O CHELSA consiste em um conjunto de dados de resolução melhorada a partir de produtos de reanálise global disponíveis para download gratuito, utilizando mais de 26 mil estações meteorológicas espalhadas pela superfície do Planeta

(Novais, 2023). O projeto dispõe de dados matriciais com resolução espacial de 1 km² em formato matricial de temperatura do ar, precipitação e 19 biovariáveis derivadas. Para esse trabalho, foi utilizado a versão 2.1, com médias mensais de temperatura do ar e precipitação do período de 1989 a 2018. Os dados foram baixados, recortados para Portugal, e calculada a média mensal para os 30 anos da série, gerando uma normal climatológica desse período (Figura 2).

Figura 2
Roteiro metodológico para classificação de domínios e subdomínios climáticos



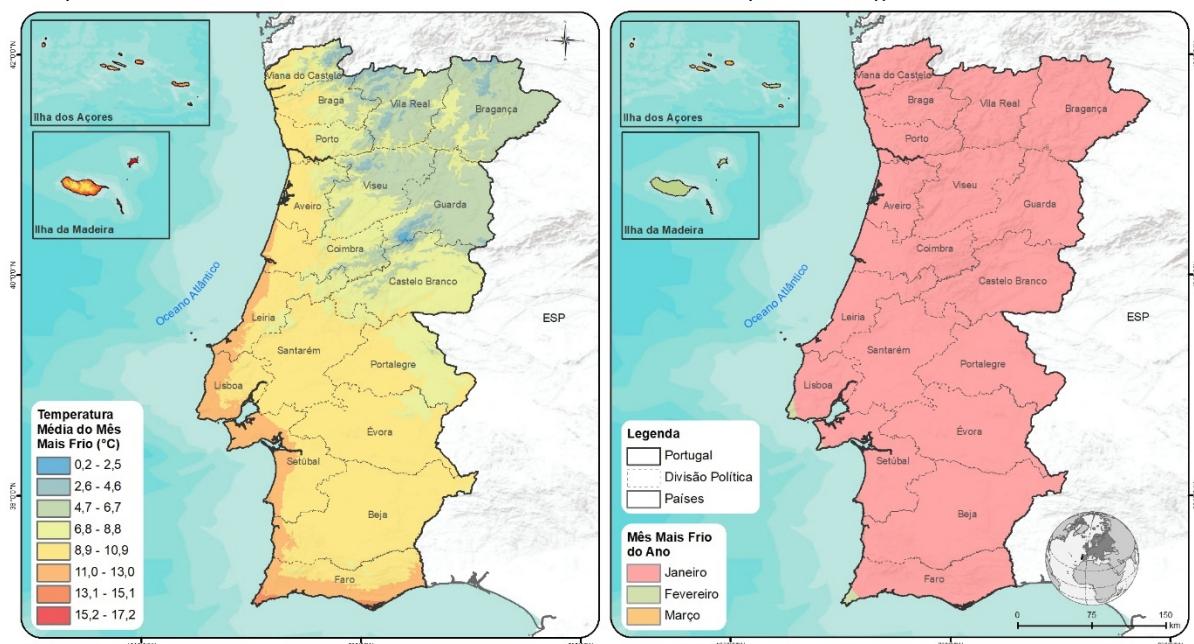
Fonte: Novais e Machado (2023).

3.3. Softwares utilizados

Os cálculos necessários para definição dos domínios e subdomínios climáticos foram incluídos em dois modelos cartográficos gerados no software livre Dinamica EGO (Figura 2). O software consiste em uma plataforma de modelagem de dados que permite a associação de dados espaciais e não espaciais, utilizando-se equações condicionais. A definição dos domínios climáticos é calcada na Temperatura Média do Mês Mais Frio (TMMMF). De acordo com Novais e Machado (2023), o modelo consulta todos os rasters mensais de temperatura média identificando qual é o pixel mais frio do ano. Em seguida, concatena esses valores em um único raster, definindo, assim, a TMMMF (Figura 3). Este raster é, então, reclassificado pelo modelo utilizando os limiares TMMMF apresentados na Tabela 2.

Figura 3

Temperatura do mês mais frio (a) e mês mais frio do ano (b) para Portugal



Fonte: próprios autores.

Tabela 2

Classificação de domínios climáticos em Portugal

Domínio Climático	TMMMF
Tropical Ameno	15° - 18°C
Subtropical	10° - 15°C
Temperado	0° - 10°C

Fonte: próprios autores.

Para definição dos subdomínios são observados os meses secos do ano, os quais são definidos conforme a subtração dos valores de precipitação pelos valores de evapotranspiração potencial (ETP). Conforme Novais e Machado (2023), essa é estimada através do método de Thornthwaite e Matter (1955), obtendo-se, primeiramente, a evapotranspiração potencial padrão (ET_p , mm/mês) pela fórmula:

$$\text{Eq. 1} \quad ET_p = 16\left(\frac{10T_n}{I}\right)^a \quad 0 \leq T_n \leq 26^\circ\text{C}$$

Onde T_n é a temperatura média do mês n , em $^\circ\text{C}$ e I e a são índices que expressam o nível de calor disponível na região.

Para o cálculo dos índices térmicos, aplicou-se as equações:

$$\text{Eq. 2}$$

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2T_n)^{1,514}$$

$$\text{Eq. 3}$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7}I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5}I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2}I + 0,49239$$

No caso de $T_n > 26,5^{\circ}C$, a ET_p é dada pela equação de Willmott et al. (1985).

Eq. 4

$$ET_p = -415,85 + 32,24T_n - 0,43T_{n^2} \quad T_n > 26^{\circ}C$$

O valor de ETP calculado, por definição, representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria naquelas condições térmicas, mas para um mês padrão de 30 dias, em que cada dia teria 12 horas de fotoperíodo (Thornthwaite & Matter, 1955). Portanto, para se obter a ETP do mês correspondente, a ETP deve ser corrigida em função do número real de dias e do fotoperíodo do mês. Os valores de correção são apresentados por Thornthwaite e Matter (1955) como uma média para determinadas faixas latitudinais, conforme é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3

Fator de Correção da Evapotranspiração Potencial Padrão para Portugal

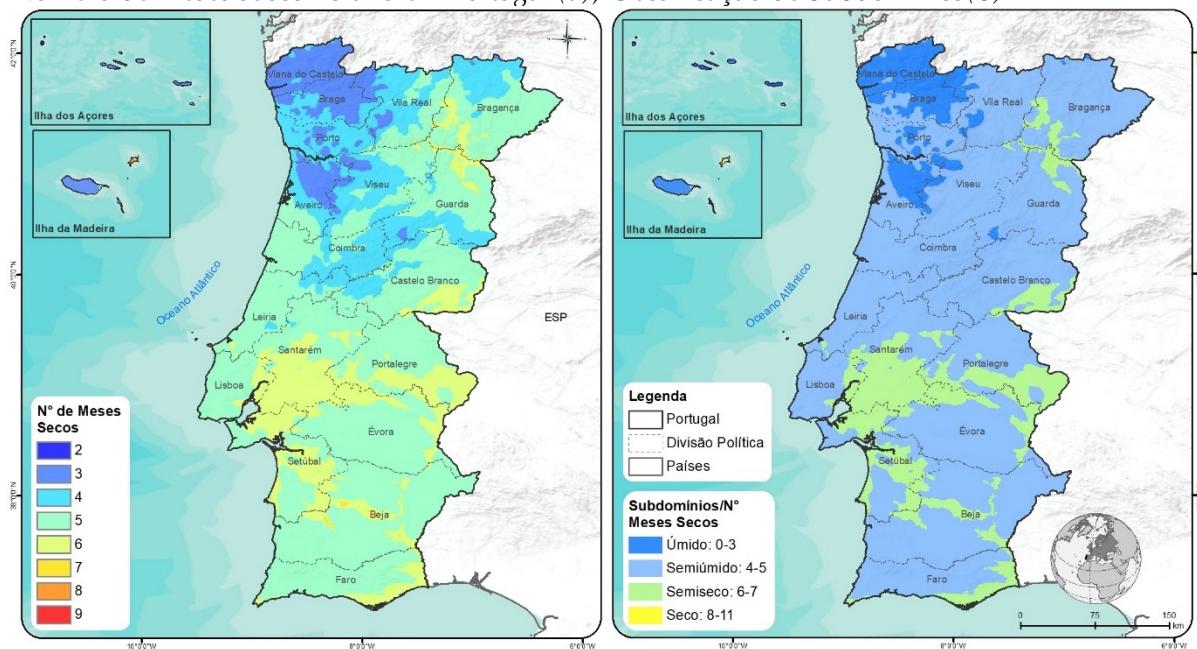
39°N	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fator Cor	0,87	0,84	1,03	1,11	1,23	1,24	1,26	1,18	1,04	0,96	0,84	0,82

Fonte: Thornthwaite e Matter (1955).

Após calculada a ETP, o modelo faz a subtração dos valores mensais de ETP pela precipitação e define os pixels que representam meses secos, sendo aqueles em que o resultado da subtração é negativo (Figura 4a). Ao final, é calculado o número de meses secos no ano por pixel e esse raster é reclassificado de acordo com os limiares apresentados na Figura 4b.

Figura 4

Número de meses secos no ano em Portugal (a); Classificação de Subdomínios(b)



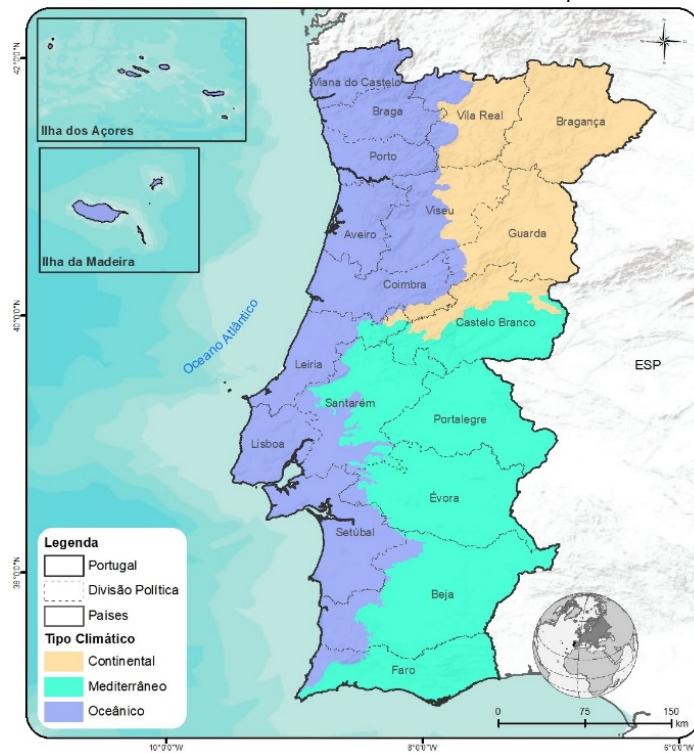
Fonte: próprios autores.

Em seguida, os rasters resultantes do modelo de domínio e subdomínio foram convertidos para o formato shapefile no software ArcGis 10.8, os quais são sobrepostos em um único arquivo através da ferramenta “union” contendo duas colunas na tabela de atributos com os dados de domínios e subdomínios. É feita a simbologia dos dados utilizando-se a categorização por vários campos que permite a visualização dos dados de domínio e subdomínio sobrepostos (Novais e Machado, 2023).

A metodologia de mapeamento dos tipos climáticos (Figura 5) utilizou a localização dos domínios e subdomínios dentro do continente europeu, baseado na delimitação de unidades de relevo como planícies litorâneas, depressões e escarpas de planaltos e serras; juntamente com aspectos bioclimáticos continentais, de acordo com Roekaerts (2002). Os subtipos climáticos foram divididos dentro dos tipos climáticos, a partir da morfoescultura do relevo e orientados pelas unidades geomorfológicas de Portugal, conforme Pereira et al. (2014).

Figura 5

Tipos climáticos presentes em Portugal, a partir da localização dos domínios e subdomínios no continente europeu



Fonte: próprios autores.

Para a identificação das unidades climáticas no mapa, foi elaborada uma codificação mostrando a interação hierárquica dos climas, de acordo com Novais e Machado (2023). A Figura 6, apresenta o código (em inglês) da unidade climática *Temperado semissequente mediterrâneo ibérico, da bacia do baixo Zêzere*. No domínio utilizamos duas letras (Te), uma abreviação de Temperado; o subdomínio, que é determinado pela quantidade de meses secos, é mostrado por caracteres que vão de (") úmido, (') semiúmido, (*) semissequente e (**) seco; e para o tipo climático são empregadas mais três letras em caixa baixa (mib = mediterranean iberian). O subtipo é mostrado pelo número, relacionado a unidade geomorfológica em que está inserido, em ordem alfabética.

Figura 6

Código utilizado na diferenciação das unidades climáticas no mapa



Fonte: próprios autores.

Os valores das altitudes, mostrados na descrição das unidades climáticas, foram obtidos a partir das imagens de radar do projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com a resolução de 45 metros.

4. Resultados

O clima regional de Portugal apresenta um forte gradiente oeste-leste, segundo Daveau (1985), isso resulta da diminuição progressiva da intensidade e frequência da penetração das massas de ar atlânticas. Outro fator importante da divisão regional é o relevo, que facilita, ou dificulta, a circulação, ou estagnação, das massas de ar, sendo modificadas no seu deslocamento pelo continente.

Os resultados são apresentados a seguir, abordando, primeiramente, os aspectos térmicos e pluviométricos de Portugal, gerando um panorama das características climáticas, para então se apresentar a classificação climática obtida.

4.1. Aspectos termo-pluviométricos de Portugal

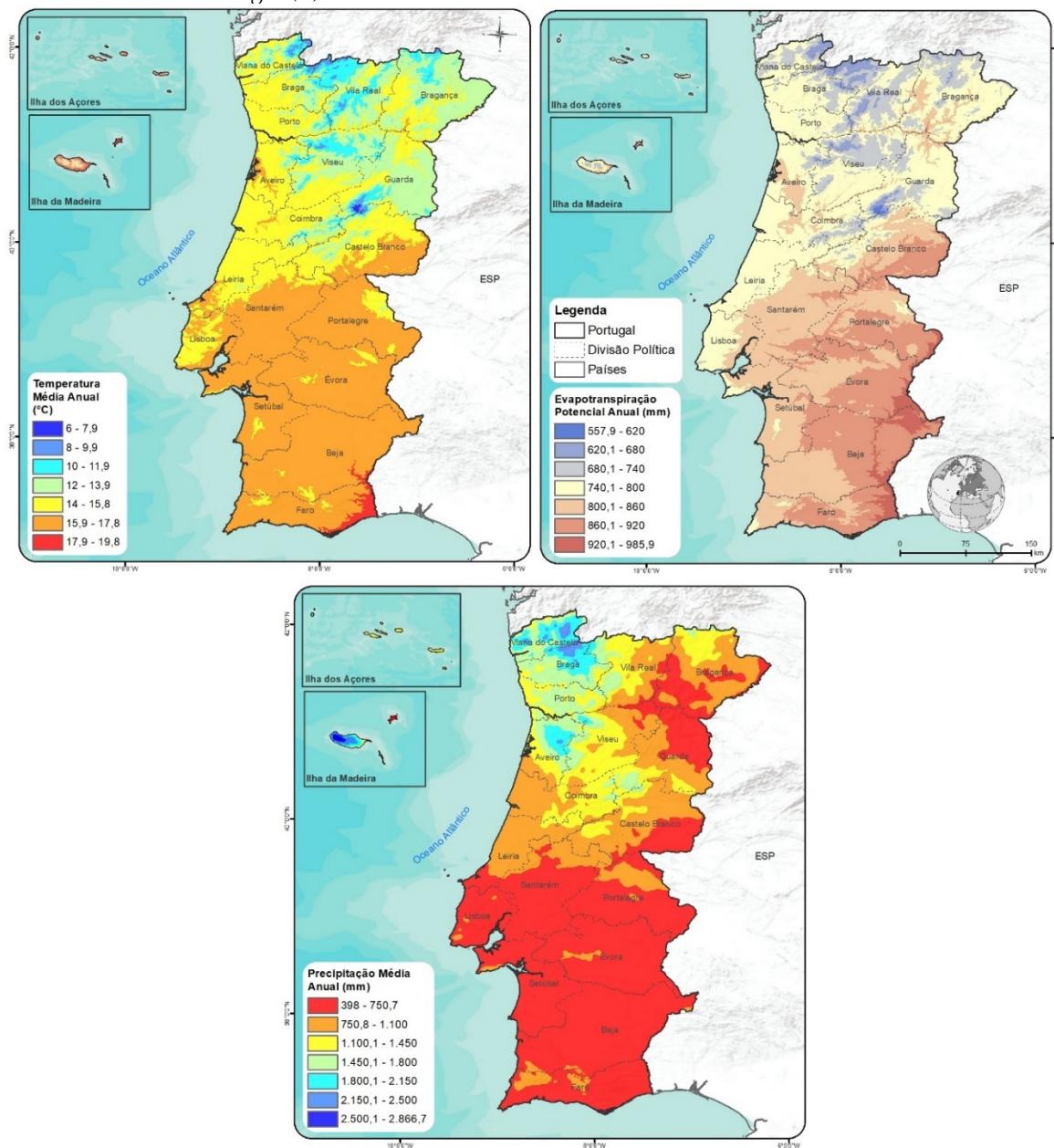
A Figura 7a mostra a temperatura média anual para Portugal, onde podemos observar os maiores valores no extremo sudeste do país, seguindo o vale do Guadiana, onde os valores são superiores a 17,8°C. O centro-sul de Portugal apresenta uma certa uniformidade térmica entre 15,9° e 17,8°C; e a partir daí, para o norte, a temperatura do ar mostra uma maior diversidade, sendo que nas maiores altitudes do relevo os valores ficam abaixo de 7,9°C, devido ao resfriamento adiabático do ar.

A ETP anual relaciona-se com a temperatura do ar (Figura 7b), pois a perda de umidade do solo para atmosfera é diretamente relacionada com o calor atmosférico. Os maiores valores estão no sudeste de Portugal, com mais de 920 mm, e os menores valores (abaixo de 620 mm) nas regiões serranas de maior proeminência, como a Serra da Estrela, Peneda-Geres e Marão.

A precipitação pluviométrica acumulada anual é apresentada na Figura 7c, sendo visível que o sul do país, após o maciço calcário Estremenho-Guardunha, recebe uma quantidade abaixo de 750 mm, isso devido a barreira orográfica do maciço central. Acontece a mesma característica no nordeste do país (Trás-os-Montes), com a continentalidade e sombra de chuvas (barreira de condensação) provocada pelas serras minhotas (Peneda-Gerês), Cabreira, Marão, Montemuro, Alvão e Barroso. Os maiores valores localizam-se no oeste da ilha da Madeira (acima de 2500 mm), e também nas vertentes a barlavento da serra de Peneda-Gerês (entre 2150 e 2500mm), com maior atuação dos ventos úmidos do litoral norte de Portugal.

Figura 7

Temperatura Média anual em Portugal (a); ETP média anual em Portugal (b); Precipitação média anual em Portugal (c).



Fonte: próprios autores.

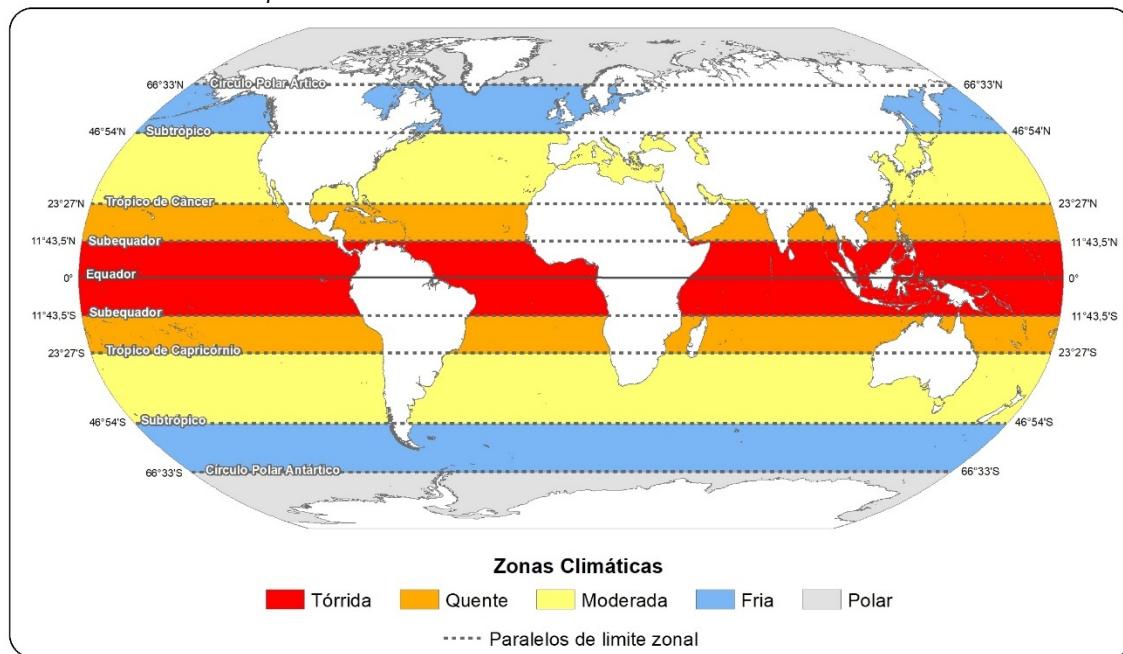
4.2. Unidades climáticas de Portugal

A classificação de Novais é dividida em hierarquias, que faz uma unidade climática integrar a outra a partir da escala adotada. A seguir, começa a caracterização e a descrição analítica das unidades climáticas, presentes no mapa da Figura 13, mostrando todas as hierarquias utilizadas, sendo que a 6^a (subtipo climático), será apresentada em forma de quadros.

4.2.1. Zona Climática

A inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano de órbita ao redor do Sol, diferencia a altura solar na superfície terrestre, sendo mais evidenciada durante os solstícios. Para Novais (2019), o Planeta é cortado por linhas imaginárias de incidência solar que delimitam as Zonas Climáticas, sendo elas: Equador, Subequadores, Trópicos, Subtrópicos e Círculos Polares (Figura 8).

Figura 8
Zonas Climáticas do planeta.



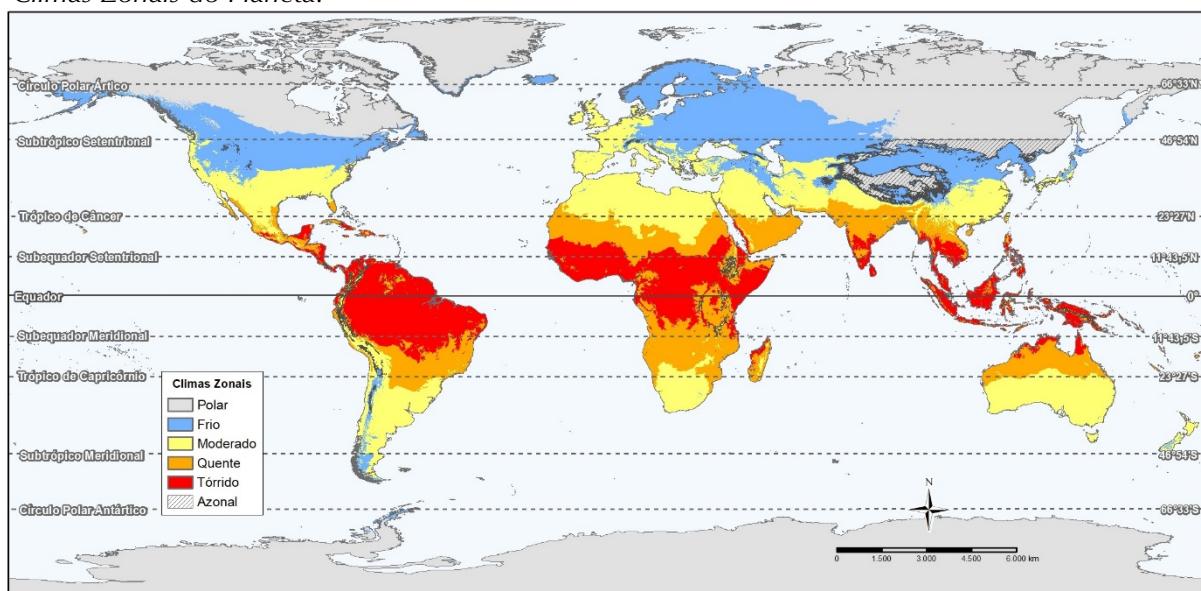
Fonte: Novais (2019).

Todo o território português está inserido na Zona Climática Moderada, ou seja, entre os paralelos de 23°27' Norte (Trópico de Câncer) e 46°54' Norte (Subtrópico Setentrional). Essa zona climática tem uma particularidade: em nenhuma época do ano o Sol estará a pino (no zênite local), mas no verão a incidência solar é alta e com grande duração da luz do dia.

4.2.2. Climas Zonais

Nos Climas Zonais a temperatura varia de acordo com limites específicos, que vão desde a percepção ao frio de populações localizadas na região equatorial, até a proliferação de doenças tropicais e acúmulo de neve no inverno (Novais, 2019). A Figura 9 mostra a distribuição dos Climas Zonais no Planeta.

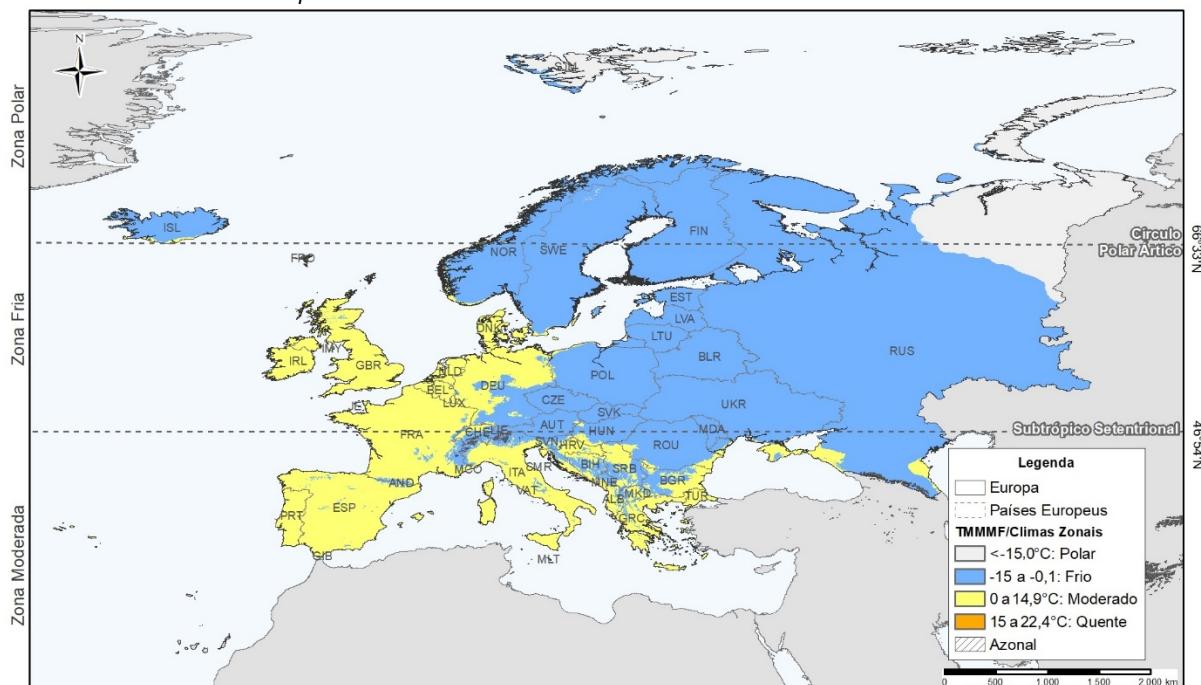
Figura 9
Climas Zonais do Planeta.



Fonte: Novais e Machado (2023).

O Clima Zonal Moderado, com TMMMF entre 0° e 15°C, ocupa a totalidade de Portugal Continental (Figura 10). Já na Ilha de Santa Maria (Arquipélago dos Açores), e no arquipélago da Madeira, configura-se o Clima Zonal Quente, com TMMMF entre 15° e 22,5°C.

Figura 10
Climas Zonais na Europa



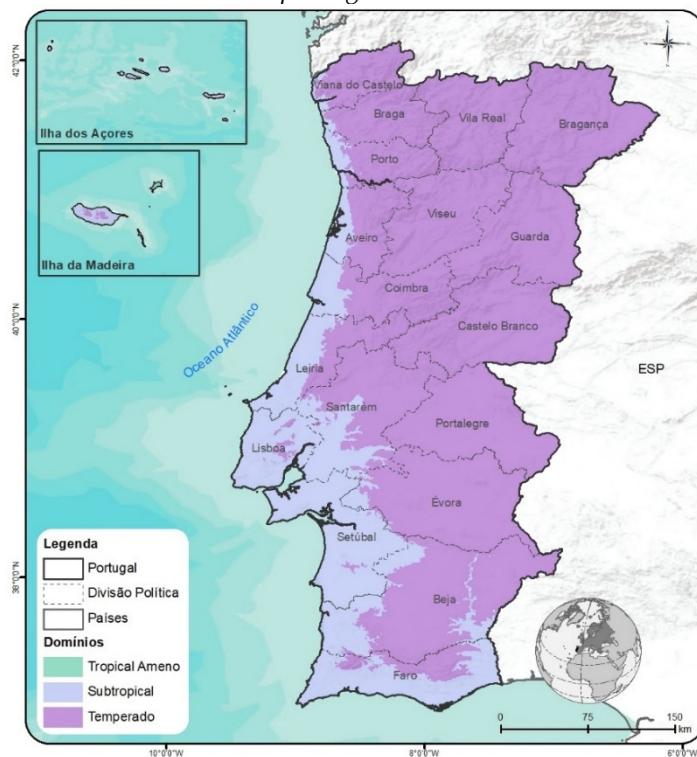
Fonte: próprios autores.

4.2.3. Domínios Climáticos

A escala regional do clima mostra a interação dos aspectos astronômicos com os sistemas meteorológicos, influenciando a 3^a, 4^a e 5^a hierarquias climáticas da classificação de Novais. O domínio tem na TMMMF seu principal atributo, mas sistemas atmosféricos podem diferenciá-los de outros com a mesma característica (caso da Zona de Convergência Intertropical entre os Domínios Equatorial e Tropical, por exemplo).

Na Figura 11 são apresentados os domínios climáticos de Portugal: Tropical Ameno (ilhas oceânicas), Subtropical e Temperado.

Figura 11
Domínios climáticos portugueses



Fonte: próprios autores.

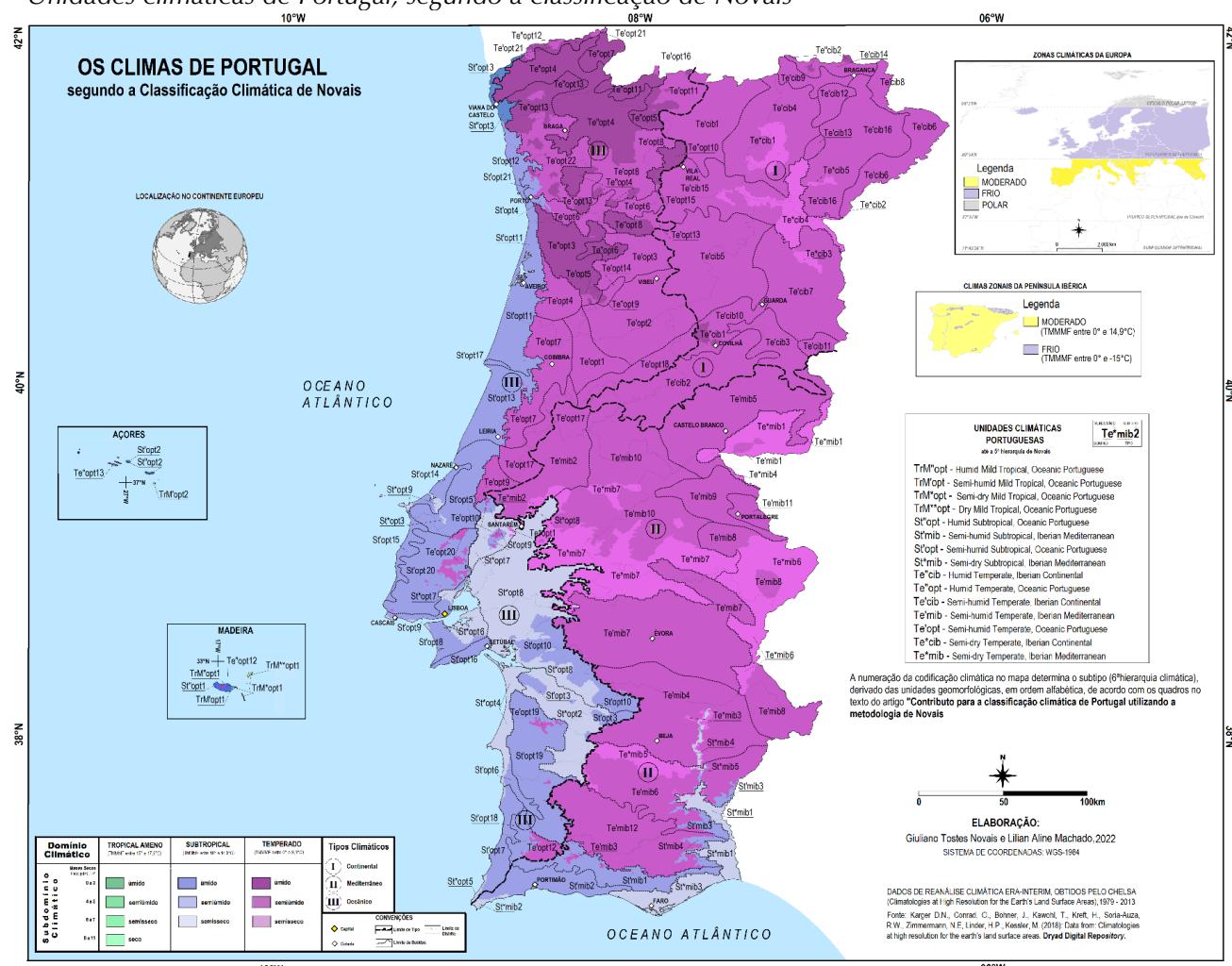
Os domínios são divididos em subdomínios de acordo com a quantidade de meses secos (precipitação pluviométrica menor que ETP), tornando-os mais úmidos ou mais secos. Já os tipos climáticos, mostram a localização dos domínios e subdomínios dentro do continente, que no caso de Portugal, é a Europa. Tipos podem extravasar o território português, como por exemplo os continentais e mediterrâneos ibéricos. Os subtipos são divisões dos tipos, de acordo com a unidade geomorfológica presente.

O mapa das unidades climáticas portuguesas (Figura 12) apresenta as 6 hierarquias adotadas nesse trabalho. As duas primeiras (Zonas Climáticas e Climas Zonais) estão representadas em dois encartes menores, mostrando a distribuição dessas unidades pelo País. Os domínios climáticos são simbolizados em cores diferentes (padronizadas para todo globo terrestre): verde para o Tropical Ameno; azul para o Subtropical e roxo para o Temperado. Os subdomínios são divididos em 4 tons de cores, quanto mais claro mais seco. Já

os tipos climáticos, presentes em Portugal, foram traçados a partir da localização dos domínios e subdomínios dentro do continente europeu, sendo mostrados em forma de uma linha tracejada e identificados por numerais romanos. Os subtipos são agrupados por linhas pontilhadas de acordo com a unidade geomorfológica em que está inserido, e codificados em ordem alfabética.

As 125 unidades climáticas até a 6^a hierarquia (subtipos climáticos), foram codificadas pelo método já especificado anteriormente na metodologia. Essas unidades serão mostradas em forma de quadros dentro dos textos referentes aos domínios, com seus valores de área, altitude, temperatura média do mês mais frio (TMMMF), precipitação pluviométrica, evapotranspiração potencial (ETP) e quantidade de meses secos. Como diz Daveau (1985), o agrupamento dos climas sub-regionais não faz mais do que sugerir a existência de uma certa afinidade entre as características dos locais incluídos em cada região, mas de maneira alguma a uniformidade desta.

Figura 12
Unidades climáticas de Portugal, segundo a classificação de Novais



Fonte: próprios autores.

Domínio Tropical Ameno (TrM)

O Tropical Ameno é um domínio climático caracterizado pelas suas temperaturas médias mais baixas em relação ao domínio Tropical, sendo uma transição para o domínio Subtropical. É o domínio mais quente de Portugal, com somente 139 km² de área no País, em dois locais distintos das ilhas oceânicas: o litoral da ilha de Santa Maria, nos Açores; e o litoral de todas ilhas do arquipélago da Madeira. A predominância do Anticiclone dos Açores durante o período de verão, favorece a estabilidade do tempo, provocando um verão quente e seco, o que acontece também em Portugal continental. A altimetria varia de 0 a 391 metros. Funchal (Madeira) e Vila do Porto (Açores), são as principais cidades desse domínio climático.

O Clima Zonal é Quente, pois sua TMMMF (fevereiro) está entre 15,0° e 17,2 °C. A precipitação média tem uma grande variação, a Ilha de Porto Santo (arquipélago da Madeira) registra os menores valores (abaixo de 400 mm), e os maiores valores estão nas vertentes a barlavento do norte da ilha da Madeira, ultrapassando os 2100 mm.

Possui 4 subdomínios: úmido, com 3 meses secos (litoral ocidental da ilha da Madeira); semiúmido, com 4 a 5 meses secos (litoral oriental da ilha da Madeira, litoral da ilha de Santa Maria – Açores); semiseco, com 6 a 7 meses secos (pico do Facho na ilha de Porto Santo-Madeira); e seco, com 8 a 9 meses secos (ilha de Porto Santo e ilhas Desertas-Madeira). O domínio climático Tropical Ameno aparece somente no tipo climático Oceânico Português. A Tabela 4 mostra os 5 subtipos climáticos de domínio Tropical Ameno presentes nas ilhas oceânicas portuguesas.

Tabela 4
Tipos climáticos de Domínio Tropical Ameno em Portugal

Unidade Climática de 5 ^a Hierarquia	Código climático	Subtipo Climático	Área (Km ²)	Altitude (m)	TMMMF (°C)	Precipit. Média Anual (mm)	ETP Média Anual (mm)	Meses Secos P<ETP
								nº
Portuguese Oceanic Humid Mild Tropical	TrM''opt1	do Arquipélago da Madeira	22,1	48-171	15,0-15,8	1638-2156	842-868	3
Portuguese Oceanic Semi-humid Mild Tropical	TrM'opt1	do Arquipélago da Madeira	34,5	6-391	15,0-15,8	860-1630	846-872	4-5
	TrM'opt2	do Arquipélago dos Açores	17,9	24-71	15,0-15,3	757-853	848-861	5
Portuguese Oceanic Semi-dry Mild Tropical	TrM*opt1	do Arquipélago da Madeira	19,5	0-255	15,2-16,5	539-854	857-896	6-7
Portuguese Oceanic Dry Mild Tropical	TrM**opt1	do Arquipélago da Madeira	44,7	7-169	15,5-17,2	398-547	866-923	8-9

Fonte: adaptada pelos autores a partir de Programa Dinamica EGO, CHELSA, SRTM, Roekaerts (2002) e Pereira et al. (2014).

Domínio Subtropical (St)

Com uma área abrangendo um quarto do território português, o domínio Subtropical ocupa toda a faixa litorânea do país, desde o Algarve até o norte de Portugal, além de grande parte das ilhas oceânicas, e também avançando pelo interior pelos vales do Tejo e Guadiana. É o clima predominante das principais cidades portuguesas, Lisboa e Porto, além de outros importantes sítios como: Aveiro, Leiria, Cascais, Santarém, Setúbal e Faro. A alta dos Açores contribui com a estabilidade do tempo no verão, enquanto as frentes frias vindas do norte, aumentam a precipitação e diminuem a temperatura do ar no inverno. A altimetria não ultrapassa os 430 metros em Portugal Continental.

Esse domínio climático pertence ao Clima Zonal Moderado, pois possui TMMMF (janeiro em Portugal Continental, fevereiro na Madeira e março nos Açores) entre 10,0°C e 14,9°C. Há ocorrência de geadas anuais nas proximidades das maiores elevações, principalmente no limite com o Domínio Temperado.

O acumulado médio de chuva anual atinge os maiores valores no norte do país, com mais de 1800 mm. A precipitação tem uma queda significativa a partir do centro de Portugal, chegando aos menores valores na Bacia do Guadiana (489 mm). A ETP fica entre 704 a 986 mm anuais.

Possui 3 subdomínios: úmido, de 2 a 3 meses secos, exclusivo do litoral do distrito de Viana do Castelo; semiúmido, de 4 a 5 meses secos, aparecendo desde o litoral de Espinho (Norte) até Setúbal (Centro), avançando para o interior do país, em média, por 20 km no norte, 40 km no centro e 100 km no sudoeste; e semiseco, de 6 a 7 meses secos, nos vales do rio Tejo, Salado e Guadiana, além do litoral alentejano (abrigado pelo rebordo meridional da Serra da Arrábida), do Faro e do Cabo de São Vicente, no Algarve. O domínio Subtropical está presente nos tipos Oceânico Português e Mediterrâneo Ibérico, derivando em 42 subtipos climáticos, sendo apresentados na Tabela 5.

Tabela 5
Subtipos climáticos de Domínio Subtropical em Portugal

Unidade Climática de 5 ^a Hierarquia	Código climático	Subtipo Climático	Área (Km ²)	Altitude (m)	TMMMF (°C)	Precipit. Média Anual (mm)	ETP Média Anual (mm)	Meses Secos P<ETP nº
Portuguese Oceanic Humid Subtropical	St"opt1	Arquipélago da Madeira	547,1	0-1406	10,0-14,9	1585-2834	729-850	3
	St"opt2	Arquipélago dos Açores	1800,0	7-996	10,0-14,8	1009-2079	704-846	2-3
	St"opt3	da Planície Litorânea Minho-Douro	181,5	0-159	10,0-11,0	1459-1859	733-780	3
Iberian Mediterranean Oceanic Semi-humid Subtropical	St'mib1	das Colinas Calcárias do Algarve	973,4	56-356	10,0-11,9	600-863	804-947	5

Tabela 5*Subtipos climáticos de Domínio Subtropical em Portugal (continuação)*

Iberian Mediterranean Oceanic Semi- humid Subtropical	St'mib2	do Litoral Barlavento Algarvio	868,6	0-219	10,6-13,4	653-796	786-902	5
	St'mib3	do Planalto de Castro Verde	287,0	68-229	10,0-10,7	517-630	902-963	5
	St'mib4	da Serra do Caldeirão	196,6	103-310	10,0-11,1	545-707	851-946	5
Portuguese Oceanic Semi- humid Subtropical	St'opt1	do Arquipélago da Madeira	17,6	139-506	13,4-14,9	886-1603	802-850	4-5
	St'opt2	do Arquipélago dos Açores	521,0	2-445	12,9-14,9	773-1241	776-848	4-5
	St'opt3	da Bacia de Alvalade	261,3	39-134	10,0-11,6	545-642	817-888	5
	St'opt4	do Baixo Vale do Rio Douro	38,0	14-101	10,0-10,5	1359- 1478	790-808	4
	St'opt5	das Colinas Calcárias do Oeste	1130, 3	5-213	10,0-12,3	611-937	763-818	5
	St'opt6	da Costa Alentejana	174,9	0-129	10,6-11,8	574-683	816-851	5
	St'opt7	da Costa Vicentina	540,7	4-220	10,9-13,2	618-793	781-847	5
	St'opt8	da Península de Setúbal	283,3	2-109	11,1-12,9	654-761	781-827	5
	St'opt9	da Planície Alta e Colinas do Ribatejo	304,9	3-153	10,0-13,0	618-761	767-841	5
	St'opt10	da Planície Baixa do Tejo	1037, 9	16-144	10,0-11,2	550-694	829-892	5
	St'opt11	da Planície Litorânea Douro- Mondego	1363, 2	0-108	10,0-11,6	826-1532	760-813	4-5
	St'opt12	da Planície Litorânea Minho- Douro	300,7	0-105	10,0-11,0	1205- 1489	768-800	4
	St'opt13	da Planície Litorânea Mondego-Nazaré	985,9	0-138	10,0-11,8	759-984	761-804	5
	St'opt14	da Planície Litorânea Nazaré- Peniche	201,1	0-135	11,0-12,2	625-817	778-802	5
	St'opt15	da Planície Litorânea Peniche- Sintra	244,9	5-148	11,3-12,9	630-762	760-794	5
	St'opt16	da Serra da Arrábida	193,3	5-401	10,3-13,1	662-795	784-830	5
	St'opt17	da Serra da Boa Viagem	36,3	60-224	10,4-11,6	892-1047	741-782	5
	St'opt18	da Serra de Monchique	281,8	84-337	10,0-11,5	640-883	802-850	5
	St'opt19	das Serras de Grândola-Cercal	1787, 7	31-298	10,0-11,9	548-774	785-863	5
	St'opt20	das Serras e Colinas entre Montejunto e Lisboa	1374, 0	17-429	10,0-13,0	613-819	724-834	5
	St'opt21	dos Vales Abertos e Colinas de entre Douro e Minho	104,8	42-120	10,0-10,6	1313- 1467	779-797	4

Tabela 5*Subtipos climáticos de Domínio Subtropical em Portugal (conclusão)*

Iberian Mediterranean Semi-dry Subtropical	St*mib1	da Bacia do Guadiana	596,7	1-219	10,0-12,3	489-616	912-986	6-7
Portuguese Oceanic Semi- dry Subtropical	St*mib2	do Litoral Barlavento Algarvio	55,2	7-95	13,0-13,9	573-664	787-828	6
	St*mib3	do Litoral Sotavento Algarvio	636,4	0-230	10,8-13,6	549-663	852-944	6
	St*mib4	do Planalto de Beja	66,3	58-98	10,0-10,2	505-547	923-941	6
	St*mib5	do Planalto de Castro Verde	32,6	67-118	10,0-10,3	499-528	876-939	6-7
	St*opt1	do Arquipélago da Madeira	1,4	285-328	14,8-14,9	545-549	847-853	7
Portuguese Oceanic Semi- dry Subtropical	St*opt2	da Bacia de Alvalade	1254, 1	2-138	10,0-11,4	511-631	815-892	6-7
	St*opt3	da Costa Alentejana	430,5	7-69	10,9-12,7	555-674	800-859	6
	St*opt4	da Costa Vicentina	37,6	6-130	11,8-13,7	589-654	781-827	6
	St*opt5	das Colinas calcárias do Oeste	10,0	27-69	11,0-11,4	610-620	799-804	6
	St*opt6	da Península de Setúbal	264,7	0-64	10,8-12,9	602-678	796-851	6
	St*opt7	da Planície alta do Ribatejo	551,5	0-120	10,0-13,1	559-650	768-854	6
	St*opt8	da Planície baixa do Tejo	3045, 4	0-118	10,0-11,8	523-670	823-891	6
	St*opt9	da Planície Litorânea Nazaré- Peniche	55,6	1-83	11,2-13,0	607-648	769-803	6

Fonte: adaptada pelos autores a partir de Programa Dinamica EGO, CHELSA, SRTM, Roekaerts (2002) e Pereira et al. (2014).

Domínio Temperado (Te)

O maior domínio climático presente em Portugal é o Temperado. Sua área tem aproximadamente 68.682 km², e se estende por todo o interior do país, chegando bem próximo ao litoral nos distritos de Viana do Castelo, Braga e Porto. É um domínio, que na Europa, vai desde Portugal até a Polônia e os Balcãs. Nas ilhas oceânicas prevalece nos cumes montanhosos. Caracterizado por ter um verão moderamente quente, influenciado pelo anticiclone dos Açores e inverno frio, na maior parte. É dividido principalmente em duas áreas: próximo a faixa litorânea (mais úmida), e a leste, de influência continental (mais seca). As principais cidades portuguesas presentes nesse domínio são: Coimbra, Braga, Bragança, Vila Real, Viseu, Guarda, Castelo Branco, Évora e Beja. A altimetria varia de valores que vão desde próximo ao nível do mar até as maiores elevações de Portugal.

De Clima Zonal Moderado, tem a TMMMF (janeiro) entre 0,2° e 9,9°C; esse menor valor ocorre na Serra da Estrela, o que deixa o topônimo bem próximo do Clima Zonal Frio. A precipitação média anual varia de 493 mm no sudeste do país a mais de 2300 mm nas serras de Peneda-Geres, fronteira com a Espanha. A ETP tem valores mais baixos em relação ao Subtropical, variando de 558 a 954 mm. Possui 3 subdomínios: úmido, de 2 meses secos (Montanha do Pico, nos Açores) e 3 meses secos (desde o extremo norte até a Serra do Caramulo,

e na Serra da Estrela); semiúmido, de 4 a 5 meses secos, na maior parte do centro-leste português; e semiseco, de 6 a 7 meses secos, no alto Douro e alto Tejo português. Está presente nos 3 tipos climáticos: Oceânico Português, Mediterrâneo Ibérico e Continental Ibérico, derivando em 77 subtipos climáticos, a maior quantidade de Portugal, sendo apresentados na Tabela 6.

Tabela 6*Subtipos climáticos de Domínio Temperado em Portugal*

Unidade Climática de 5 ^a Hierarquia	Código climático	Subtipo Climático	Área (Km ²)	Altitude (m)	TMMMF (°C)	Precipit. Média Anual (mm)	ETP Média Anual (mm)	Meses Secos (P<ETP) nº
Iberian Continental Humid Temperate	Te"cib1	da Serra da Estrela	91,7	1071-1990	0,2-4,3	1569-1789	558-684	3
	Te"cib2	da Serra de Montesinho	36,7	974-1449	1,6-4,0	1494-1625	626-688	3
Portuguese Oceanic Humid Temperate	Te"opt1	do Arquipélago da Madeira	132,8	887-1727	7,2-9,9	2183-2867	689-735	3
	Te"opt2	do Arquipélago de Açores	28,9	924-2321	4,4-9,9	1436-1598	605-712	2
	Te"opt3	da Bacia do Médio Vouga	1117,5	45-813	5,6-9,9	1482-2220	695-809	3
	Te"opt4	da Frente Atlântica das Montanhas do Noroeste Peninsular	2682,9	48-995	4,3-9,9	1417-2437	663-805	3
	Te"opt5	da Serra da Cabreira	308,2	508-1462	1,9-6,6	1381-2076	601-739	3
	Te"opt6	da Serra da Freita	182,1	372-1079	4,1-7,5	1517-2217	661-759	3
	Te"opt7	da Serra da Peneda	289,3	395-1354	2,5-7,0	1424-2371	614-735	3
	Te"opt8	da Serra de Montemuro	257,6	229-1338	2,9-7,9	1439-1985	627-779	3
	Te"opt9	da Serra de Caramulo	15,7	718-951	4,8-6,0	1571-1657	683-713	3
	Te"opt10	da Serra do Marão	228,4	570-1310	3,1-6,1	1430-1748	630-732	3
	Te"opt11	da Serra Gerês	266,1	612-1429	2,1-6,2	1350-2366	604-716	3
	Te"opt12	do Vale do Minho	126,3	6-394	7,1-9,9	1418-1764	734-787	3
	Te"opt13	dos Vales Abertos e Colinas de entre Douro e Minho	828,3	2-624	6,2-9,9	1483-2141	701-799	3
Iberian Continental Semi-humid Temperate	Te'cib1	da Bacia do Alto Tâmega	1525,1	227-1139	3,6-7,6	797-1531	651-800	4-5
	Te'cib2	da Bacia do Alto Zêzere	2027,6	295-1160	4,0-8,3	891-1561	685-835	4-5
	Te'cib3	da Cova da Beira	840,9	408-938	4,6-7,4	772-1254	716-868	4-5
	Te'cib4	da Depressão de Mirandela	1926,1	210-915	4,1-7,4	596-1365	694-847	4-5
	Te'cib5	do Planalto de Alijó-Moimenta	2709,8	266-1005	4,3-7,9	634-1592	674-817	4-5
	Te'cib6	do Planalto de Miranda	986,9	226-896	4,5-7,2	634-922	718-869	5
	Te'cib7	do Planalto de Sabugal	2361,5	352-956	4,5-6,8	541-1211	709-812	4-5

Tabela 6*Subtipos climáticos de Domínio Temperado em Portugal (continuação)*

Iberian Continental Semi-humid Temperate	Te'cib8	do Planalto de Vimioso	238,4	551-999	4,2-5,9	854-1174	711-783	4-5
	Te'cib9	do Planalto de Vinhais	364,4	494-951	4,0-6,3	954-1431	694-782	4-5
	Te'cib10	da Serra da Estrela	590,4	599-1709	1,3-6,3	854-1746	596-779	4-5
	Te'cib11	da Serra da Malcata	194,2	717-1205	3,4-5,8	961-1186	686-780	4-5
	Te'cib12	da Serra da Nogueira	321,6	634-1261	2,4-5,5	1038- 1392	644-759	4
	Te'cib13	da Serra de Bornes	105,1	366-1119	3,4-6,6	629-1071	666-809	4-5
	Te'cib14	da Serra de Montesinho	296,9	656-1258	2,3-5,6	1064- 1552	648-760	4
	Te'cib15	do Vale do Douro Vinhateiro	1564,2	59-1119	3,9-8,0	586-1531	654-844	4-5
Iberian Mediterranean Semi-humid Temperate	Te'cib16	do Vale do Sabor	2267,6	236-901	4,2-7,2	592-1168	707-853	4-5
	Te'mib1	da Bacia de Castelo Branco	69,4	239-396	7,6-8,4	635-680	842-880	5
	Te'mib2	da Bacia do Baixo Zêzere	1618,9	22-559	7,2-9,9	623-1181	742-871	4-5
	Te'mib3	das Colinas Calcárias do Algarve	35,5	175-323	9,6-9,9	647-780	846-880	5
	Te'mib4	do Planalto de Beja	3633,5	77-450	8,4-9,9	514-743	842-952	5
	Te'mib5	do Planalto de Castelo Branco	2816,6	86-818	5,8-9,3	633-1157	733-921	4-5
	Te'mib6	do Planalto de Castro Verde	2131,0	94-261	9,3-9,9	515-705	841-942	5
	Te'mib7	do Planalto de Évora	4663,9	104-564	7,5-9,9	568-791	805-951	5
	Te'mib8	do Planalto de Extremoz	1626,0	123-532	7,7-9,9	559-819	837-954	5
	Te'mib9	do Planalto de Nisa	1019,4	196-505	7,4-9,0	612-820	821-894	5
Portuguese Oceanic Semi- humid Temperate	Te'mib10	da Planície Alta do Alentejo	3940,2	32-836	5,8-9,9	632-1221	731-905	4-5
	Te'mib11	da Serra de São Mamede	303,4	376-945	5,5-8,2	688-822	733-861	5
	Te'mib12	da Serra do Caldeirão	2568,6	133-552	8,3-9,9	534-800	808-911	5
	Te'opt1	da Bacia da Lousã e Montáguia	738,2	37-720	6,1-9,6	959-1528	721-817	4-5
	Te'opt2	da Bacia do Alto Mondego	2061,3	71-844	5,3-9,1	950-1622	711-822	4-5
	Te'opt3	da Bacia do Alto Vouga	837,0	108-891	4,9-8,9	1006- 1716	684-804	4-5
	Te'opt4	da Bacia do Baixo Vouga	523,0	6-358	7,8-9,9	1000- 1704	764-819	4-5
	Te'opt5	da Bacia do Médio Vouga	46,3	71-563	6,7-9,9	1443- 1715	734-803	4
	Te'opt6	do Baixo Vale do Rio Douro	644,7	16-818	5,0-9,99	856-1606	694-819	4-5
	Te'opt7	das Colinas Calcárias do Baixo Mondego	1306,8	6-323	8,4-9,9	755-1231	764-817	4-5
	Te'opt8	da Frente Atlântica das Montanhas do Noroeste Peninsular	967,1	88-1131	3,8-8,5	1226- 1688	653-805	4
	Te'opt9	do Maciço Calcário Estremenho	296,4	124-567	7,6-9,9	708-973	734-805	4-5

Tabela 6*Subtipos climáticos de Domínio Temperado em Portugal (conclusão)*

Portuguese Oceanic Semi- humid Temperate	Te'opt10	da Planície alta e colinas do Ribatejo	30,0	80-158	9,8-9,9	630-726	800-835	5
	Te'opt11	da Serra da Cabeira	414,3	617-1350	2,4-6,0	1241- 1509	615-732	4
	Te'opt12	da Serra de Monchique	223,3	186-825	7,5-9,9	689-943	746-856	5
	Te'opt13	da Serra de Montemuro	112,2	639-1138	3,7-5,9	932-1490	652-720	4-5
	Te'opt14	da Serra do Caramulo	89,4	564-987	4,7-6,7	1321- 1638	677-734	4
	Te'opt15	da Serra do Marão	11,6	809-1140	3,8-5,1	1180- 1424	652-697	4
	Te'opt16	da Serra Gerês	12,4	831-1158	3,4-5,0	1073- 1335	639-685	4
	Te'opt17	das Serras Calcárias do Sicó- Alvaiázere	788,3	92-635	6,9-9,9	747-1290	734-812	4-5
	Te'opt18	das Serras da Gardunha e Lousã	746,3	234-1399	2,8-8,6	1055- 1762	638-802	4
	Te'opt19	das Serras de Grândola-Cercal	60,9	133-282	9,8-9,9	558-673	795-851	5
Iberian Continental Semi-dry Temperate	Te'opt20	das Serras e Colinas entre Montejuro e Lisboa	187,6	154-554	8,3-9,9	619-787	745-813	5
	Te'opt21	do Vale do Minho	76,9	4-410	7,0-9,9	1329- 1497	732-784	4
	Te'opt22	dos Vales Abertos e Colinas de entre Douro e Minho	1162,4	3-433	7,2-9,9	1307- 1666	742-804	4
	Te*cib1	da Depressão de Mirandela	328,7	193-520	6,0-7,5	558-656	769-841	6
	Te*cib2	do Planalto de Miranda	3,6	208-259	7,2-7,4	617-641	863-877	6
	Te*cib3	do Planalto de Sabugal	93,1	364-673	5,6-6,8	512-588	764-826	6
	Te*cib4	do Vale do Douro Vinhateiro	808,7	110-635	5,7-7,8	507-669	760-883	6-7
Iberian Mediterranean Semi-dry Temperate	Te*cib5	do Vale do Sabor	40,1	162-335	6,7-7,5	597-647	825-867	6
	Te*mib1	da Bacia de Castelo Branco	962,5	89-375	7,7-9,3	540-699	852-937	6
	Te*mib2	da Bacia do Baixo Zêzere	137,5	15-101	9,7-9,9	609-669	831-857	6
	Te*mib3	do Planalto de Beja	73,7	91-139	9,8-9,9	510-557	915-953	6
	Te*mib4	do Planalto de Castelo Branco	31,4	155-351	8,0-9,0	602-684	860-906	6
	Te*mib5	do Planalto de Castro Verde	563,1	80-181	9,7-9,9	493-541	851-925	6-7
	Te*mib6	do Planalto de Extremoz	1796,0	109-370	8,2-9,9	514-673	855-953	6
Portuguese Oceanic Semi- dry Temperate	Te*mib7	da Planície Alta do Alentejo	3141,2	15-324	8,6-9,9	547-687	840-900	6
	Te*opt1	da Planície alta e colinas do Ribatejo	13,3	61-106	9,8-9,9	608-635	819-842	6

Fonte: adaptada pelos autores a partir de Programa Dinamica EGO, CHELSA, SRTM, Roekaerts (2002) e Pereira et al. (2014).

4. Considerações Finais

Com os dados de reanálise do CHELSA, obtemos uma distribuição espacial uniforme dos dados de temperatura, precipitação e evapotranspiração, diferentemente do que encontramos em outras publicações, que utilizam estações meteorológicas espalhadas irregularmente pelas áreas de estudo, e não usam a influência do relevo.

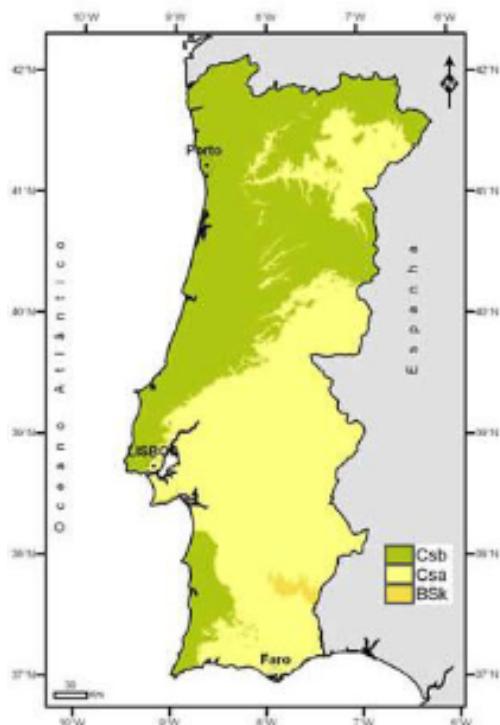
Conforme os resultados alcançados, podemos verificar que o oeste (de tipo Oceânico) e o sul português (de tipo Mediterrâneo), possuem domínios Subtropical e Temperado, com influência direta do sistema de alta pressão dos Açores, de verão seco e inverno úmido. O domínio Tropical Ameno foi encontrado somente no arquipélago da ilha da Madeira e na ilha de Santa Maria (Açores), com temperaturas do ar mais elevadas. O interior de Portugal continental pertence a um Domínio Temperado, de tipos Continental e Mediterrâneo, com subdomínios mais secos em relação ao litoral.

A metodologia de mês seco utilizada por Novais (2019), evidencia a importância da quantidade de água disponível no sistema solo-planta-atmosfera, um dos principais parâmetros do balanço hídrico climatológico, e utiliza a diferença da precipitação pluviométrica com a ETP, o que difere essa classificação climática de outras anteriormente utilizadas. Sendo assim, foram registrados os 4 subdomínios climáticos existentes relacionados a meses secos: úmido, semiúmido, semiseco e seco (esse último registrado somente no domínio climático Tropical Ameno do arquipélago da Madeira).

A caracterização e a descrição analítica das unidades climáticas, mostra a importância da divisão em hierarquias, e elimina o problema do aparecimento de climas iguais em locais diferentes do país e do globo. A escala zonal do clima, de influência astronômica, é apresentada pelas primeiras hierarquias, ou seja, Zonas Climáticas e Climas Zonais. A escala regional do clima é caracterizada pelos Domínios, Subdomínios e Tipos Climáticos, e a escala sub-regional pelos Subtipos Climáticos.

Sobre uma comparação com classificações climáticas utilizadas em Portugal, como a de Köppen (Verslype et al., 2016), podemos notar que a quantidade de unidades climáticas é bem superior, sendo que a metodologia de Novais consegue obter mais detalhamento, chegando até a escala sub-regional do clima. Conforme a Figura 13, a Classificação de Köppen fica restrita a Escala Regional.

Figura 13
Classificação Climática de Köppen para Portugal



Fonte: Verslype et al.(2016)

No que diz respeito à implementação da metodologia de Novais a modelagem cartográfica, essa representou um importante avanço para a pesquisa, na medida em que permitiu o processamento de um grande volume de dados em tempo reduzido. Além disso, permitiu a classificação climática na resolução espacial original dos dados (1km^2), representando um ganho na perspectiva escalar da classificação. Assim, o geoprocessamento e a modelagem provam ser importantes aliados nos estudos do clima, subsidiando a manipulação e produção de dados de extrema importância ao entendimento das condições ambientais do espaço.

Agradecimentos

O autor principal agradece à Universidade Estadual de Goiás (Brasil), instituição a qual é docente efetivo e que lhe concedeu a licença para investigação de Pós-Doutoramento na Universidade do Porto. E também, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/Brasil), pelo aporte financeiro ao projeto de investigação científica sobre a classificação climática de Novais.

Informação Suplementar

Autores

Giuliano Tostes Novais

Curso de Geografia/Instituto Acadêmico de Educação e Licenciaturas/Campus Nordeste/ Universidade Estadual de Goiás, Formosa, Brasil
giuliano.novais@ueg.br
<https://orcid.org/0000-0003-0644-4326>

Lilian Aline Machado

Instituto de Geociências/Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil
lilian.aline.machado@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7827-7582>

Helena Madureira

Departamento de Geografia/Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território/FLUP/Universidade do Porto, Porto, Portugal
hmadureira@letras.up.pt
<https://orcid.org/0000-0002-0047-6450>

Ana Monteiro

Departamento de Geografia/Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território/FLUP/Universidade do Porto, Porto, Portugal
anamt@letras.up.pt
<https://orcid.org/0000-0002-3392-2664>

Data de submissão: 2022-09-17

Data de aceitação: 2023-11-02

Data de publicação: 2023-12-30

Referências

- Alcoforado, M. J., Alegria, M.F., Ramos-Pereira, A.. & Sirgado, C. (2009). *Domínios Bioclimáticos em Portugal definidos por comparação dos índices de Gaussem e de Emberger*. Centro de Estudos Geográficos. Núcleo Clima e Mudanças Ambientais. Universidade de Lisboa.
- Allocca, R.A., Oliveira, W.D., & Fialho, E.S. (2021a). Delimitação de domínios e subdomínios climáticos para o município de Ponte Nova, Minas Gerais. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*(pp. 1512-1525). UFPB.
- Allocca, R.A., Moreira, J.S., Silva, M.A.S., Marinho, M.R., & Silva, M.W. (2021b). Proposta de delimitação de unidades climáticas para a região da Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista de Ciências Humanas*, 21(1)..
- Armond, N.B., & Sant'Anna Neto, J.L. (2016). A Climatologia dos Geógrafos e a produção científica sobre Classificação Climática: um balanço inicial. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*.
- Colli, A.R., & Novais, G.T. (2021). Os mesoclimas do Distrito Federal. *Anais do VIII Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual de Goiás (Brasil)*.
- Dalgado, D. G. (1914). The climate of Portugal. *Sociedade de Geografia Bol. Lisboa* (33).
- Daveau, S. (1985). *Mapas Climáticos de Portugal, Nevoeiro e nebulosidade, contrastes térmicos*. Universidade de Lisboa.
- de Martonne, E. (1925). *Traité de géographie physique*. Armand Colin.
- Ferreira, D.B. (2005). *O ambiente climático*. In Medeiros, C. A (coord.), *Geografia de Portugal: o ambiente físico* (pp. 305-385). Círculo de Leitores.
- Gaussem, H.F.E. & Bagnouls, F.E. (1953). Saison Sèche et Indice Xérothermique.. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 88, 193-239.
- Karger, D.N., Conrad, O., Böhner, J., Kawohl, T., Kreft, H., Soria-Auza, R.W., Zimmermann, N.E., Linder, H.P., & Kessler, M. (2021). Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *EnviDat*. <https://doi.org/10.16904/envidat.228.v2.1>
- Lacerda, M.G.B. (2016). *Impacto da circulação atmosférica nas rampas de produção eólica em Portugal*. [Dissertação de Mestrado]. Universidade de Lisboa.
- Martins, C.A.F.B. (2012). *A Barra da Laguna de Aveiro no Século XIX: Impactos da Ação Antrópica na Dinâmica Lagunar*. Universidade do Porto.
- Monteiro, A. (1988). La Regionalisation climatique portugaise par une analyse factorielle – essai methodologique. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 1, 49-57.
- Monteiro, A., Ferreira, C., & Madureira, H. (2005). *Atlas Agroclimático do Entre Douro e Minho* (Relatório do Projecto POCTI/GEO/14260/1998).
- Monteiro, C.A. (1962). Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. *Revista Geográfica*, 31(57), 29-44.
- Monteiro, C.A. (1973). *A Dinâmica Climática e as Chuvas no Estado de São Paulo*. Instituto de Geografia - USP, São Paulo.
- Nimer, E. (1972). Ensaio de um novo método de classificação climática: contribuição à climatologia intertropical e subtropical, especialmente do Brasil. *Boletim de Geografia*, 31(277), 141-153.
- Novais, G.T. (2011). *Caracterização climática da mesoregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra-MG*[Dissertação de Mestrado]. Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia (Brasil).
- Novais, G.T. (2019). *Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado* [Tese de Doutoramento]. Universidade Federal de Uberlândia (Brasil).
- Novais, G.T. (2021a). A semiaridez do Pantanal Brasileiro: o clima no fundo da bacia hidrográfica do Alto Paraguai. In K. Faria & S.

- Trindade (orgs.), *Planejamento e desenvolvimento sustentável em bacias hidrográficas* (pp. 506-521). C&A Alfa Comunicação.
- Novais, G.T. (2021b). Mesoclimas do Município de Prata-MG (Brasil). *Revista Brasileira de Climatologia*, 28, 8-27. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14337>
- Novais, G.T. (2021c). Unidades climáticas do município de Uberlândia (MG). *Revista de Ciências Humanas*, 21(1).
- Novais, G.T. (2022). O clima do Triângulo Mineiro, segundo a Classificação Climática de Novais. *Jornal das Geociências do Triângulo Mineiro (UFU)*, 3-7..
- Novais, G.T. (2020). Classificação climática aplicada ao estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil. *Boletim Goiano de Geografia*, 40(1), 1-29. <https://doi.org/10.5216/bgg.v40.62297>
- Novais, G.T. (2023). *Climas do Brasil: classificação climática e aplicações*. Totalbooks.
- Novais, G.T., Brito, J.L.S., & Sanches, F.O. (2018). Unidades climáticas do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. *Revista Brasileira de Climatologia*, 23, 223-243.. <https://doi.org/10.5380/abclima.v23i0.58520>
- Novais, G.T., & Galvani, E. (2022). Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo*, 42, <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.184630>
- Novais, G.T., & Machado, L.A. (2023). Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. *Revista Brasileira de Climatologia*, 32(19), 1-39. <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16163>
- Novais, G.T., & Pimenta, J.S. (2021). Unidades climáticas do município de Formosa (GO): climas zonais, domínios, tipos e subtipos climáticos. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica* (pp. 1228-1241). UFPB.
- Oliveira, W.D., & Allocca, R.A. (2021). Classificação climática de Serra-ES. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*(pp. 1699-15713). UFPB.
- Papadakis, J. (1960). *Geografia Agrícola Mundial*. Imprensa Hispano - Americana.
- Pereira, D.I., Pereira, P.J.C, Santos, L.J.C., & da Silva, J.M.F. (2014). Unidades geomorfológicas de Portugal Continental. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 15(4). <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i4.549>
- Pimenta, J.S., & Novais, G.T. (2021). Sugestões de meso-topoclimas para o município de Formosa (GO): aplicação da menor hierarquia da classificação climática de Novais. In *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica* (pp. 1243-1255). UFPB.
- Ribeiro, O., & Lautensach, H. (1988). O Ritmo climático e a Paisagem. In O. Ribeiro, H. Lautensach & S. Daveau, *Geografia de Portugal* (Vol. 2). Edições João Sá da Costa.
- Roekaerts, M. (2002). *The biogeographical regions map of Europe: Basic principles of its creation and overview of its development*. European Topic Centre Nature Protection and Biodiversity.
- Silva, M.S. (2022). *Análise do mapeamento das unidades climáticas no Maciço da Pedra Branca – Rio de Janeiro-RJ* [Tese de Doutoramento]. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).
- Strahler, A. N. *Geografía Física*. Barcelona: Ed. Omega, 1989.
- Talaia, M.A.R., & Fernandes, R. (2009). Diagnóstico de Vento de uma Região Usando uma Carta Meteorológica de Superfície, *Anais do Congresso Internacional e V Encontro Nacional de Riscos*..
- Thorntwaite, C.W & Mather, J.R. (1955). *The water balance*. Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology.
- Verslype, N.I., de Souza, R.M., Machado, J., Martins, F.M.G., Fernandez, H.M., & Rodriguez, J.I (2016). Sustainable agriculture in temporaryand permanent crops in Portugal. *Revista Geama*, 2(3).
- Willmott, C.J, Rowe, C.M, & Mintz, Y. (1985). Climatology of the terrestrial seasonal water cycle. *Journal of Climatology*, 5, 589-606.