POLITÉCNICO
DE PORTALEGRE
Escola Superior
Agrária de Elvas

Alterações climáticas e culturas lenhosas no Alentejo Central - uma abordagem à escala do território.

Dissertação

Curso de Mestrado em Agricultura Sustentável

Tiago Maria Parreira Godinho Avó

Orientadores: Francisco Mondragão Rodrigues

Elvas, 2023

Tiago Maria Parreira Godinho Avó

Alterações climáticas e culturas lenhosas no Alentejo Central - uma abordagem à escala do território.

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Agricultura Sustentável conferido pelo Instituto Politécnico de Portalegre.

Orientador: Francisco Mondragão Rodrigues

Arguente principal: Maria José Roxo

Presidente do Júri: José Manuel Rato Nunes

Classificação: 18 valores

Escola Superior Agrária de Elvas

2023

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, família e amigos.

Resumo

O estudo realizado procurou averiguar o impacto das alterações climáticas sobre as condições futuras de viabilidade produtiva de 6 espécies/culturas lenhosas importantes na região do Alentejo Central: oliveira, pinheiro manso, sobreiro, azinheira, videira e eucalipto. A análise é feita através da aplicação de uma análise multicritério com recurso a ferramentas SIG (QGIS) e tem como base de trabalho dois cenários climáticos (SSP1-2.6; SSP2-4.5) em dois períodos distintos (2041-2060; 2081-2100). Foram consideradas diversas variáveis bioclimáticas previamente modeladas e foi feito o cruzamento destas com um envelope climático definido para cada espécie. Para a avaliação da evolução da viabilidade das espécies foram definidas 9 áreas, na região do Alentejo Central, que possam servir como base futura de planeamento. As áreas definidas procuram refletir afinidades paisagísticas e produtivas. A avaliação dos resultados permitiu identificar que todos os territórios sofrerão alterações que afetarão de forma distinta as diferentes espécies, prevê-se que venham a existir fortes perturbações em algumas áreas onde o nível de especialização é mais elevado. Verifica-se que algumas espécies poderão mesmo perder totalmente as condições de viabilidade na região (eucalipto e pinheiro manso) e que o sobreiro poderá deixar de ter condições ideais em toda a região. Aponta-se uma previsível retração da vinha em algumas das sub-regiões vitivinícolas. A oliveira e a azinheira sofrerão menos impactos regionais, mas também se preveem problemas localizados, nomeadamente no Sudeste da região onde as temperaturas subirão de forma mais acentuada e as precipitações cairão para níveis críticos para todas as espécies. Anteveem-se também riscos a nível ecológico, económico e social da perda de viabilidade produtiva destas culturas em determinadas áreas ou na totalidade do território estudado.

Palavras-chave: Alentejo; análise multicritério; mudança climática; variáveis bioclimáticas; zonagem biofísica.

Abstract

The study sought to investigate the impact of climate change on the future conditions of productive viability of 6 important woody species/crops in the Central Alentejo region: olive, stone pine, cork oak, holm oak, vine and eucalyptus. The analysis is carried out through the application of a multi-criteria analysis using GIS tools (QGIS) and is based on two climate scenarios (SSP1-2.6; SSP2-4.5) in two different periods (2041-2060; 2081-2100). Several previously modeled bioclimatic variables were considered, and these were crossed with a defined climatic envelope for each species. Furthermore, 9 zones were defined in the Central Alentejo region to assess the evolution of species viability. This zoning could serve as a future planning basis. The defined zones seek to reflect landscape and production affinities. The evaluation of the results made it possible to identify that all territories will undergo changes that will affect different species differently, it is expected that there will be strong disturbances in some areas where the level of specialization is higher. It appears that some species may even completely lose their viability conditions in the region (eucalyptus and stone pine) and that the cork oak may no longer have ideal conditions throughout the region. There is a predictable decline in vineyards in some of the wine-growing sub-regions. Olive trees and holm oaks will suffer fewer regional impacts, but localized problems are also expected, particularly in the Southeast of the region where temperatures will rise more sharply and rainfall will fall to critical levels for all species. Ecological, economic and social risks are also foreseen in the loss of productive viability of these crops in certain areas or in the entire studied territory.

Keywords: Alentejo; multi-criteria analysis; climate change; bioclimatic variables; biophysical zoning.

Índice Geral

Conteúdo

Agradecimentos i
Resumo ii
Abstract iii
Índice Geral iv
Conteúdo iv
Índice de Tabelas vi
Índice de Figuras vii
1. Introdução e Objetivos 1
1.1. Introdução 1
1.2. Objetivos 1
2. Revisão Bibliográfica 3
2.1. As alterações climáticas 3
2.2. A área de estudo – contexto histórico 6
2.3. A área de estudo – caracterização biofísica 8
2.4. Os cenários das alterações climáticas 16
3. Material e Métodos 20
3.1. Material 20
3.2. Métodos 21
3.2.1 Alterações climáticas, cenários climáticos, modelos e variáveis bioclimáticas 21
3.2.2 Espécies, variáveis bioclimáticas e análise multicritério 25
3.2.3 A área de estudo – enquadramento, zonamento caracterização 26
4. Resultados 28
4.1. Área de estudo, áreas e caracterização 28
4.2. Cenários climáticos e clima do futuro no Alentejo Central 39
4.3. Viabilidade bioclimática de espécies lenhosas no Alentejo Central – análise multicritério 48
4.3.1 Azinheira 48
4.3.2 Eucalipto 50
4.3.3 Oliveira 52
4.3.4 Pinheiro manso 54
4.3.5 Sobreiro 56

4.3.6 Vinha 58
5. Discussão 60
5.1. O clima do Alentejo Central – áreas e impactos sócio-económicos 60
5.2. Condições de viabilidade das espécies lenhosas 62
6. Conclusões 70
7. Bibliografia 72

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Envelope climático espécies 24
Tabela 2 - Variáveis bioclimáticas por espécie 26
Tabela 3 - Descrição bioclimática área1 – Charnecas do Alentejo Central 30
Tabela 4 - Descrição bioclimática área 2 – Montados e campos da bacia do Sado 31
Tabela 5 - Descrição bioclimática área 3 - Serra de Monfurado 32
Tabela 6 - Descrição bioclimática área 4 - Montados e campos do Alentejo Central 33
Tabela 7 - Descrição bioclimática área 5 - Campos abertos de Évora e Reguengos 34
Tabela 8 - Descrição bioclimática área 6 - Serra do Mendro 35
Tabela 9 . Descrição bioclimática área 7 - Terras de Guadiana 36
Tabela 10 - Descrição bioclimática área 8 - Serra de Ossa 37
Tabela 11 - Descrição bioclimática área 9 - Maciço Calcário 38

Índice de Figuras

Figura 1 - Enquadramento Biofísico – Alentejo Central 9
Figura 2 - Precipitação Alentejo Central 11
Figura 3 - Temperatura Alentejo Central 12
Figura 4 - Uso do solo - Área de estudo – COS 2018 14
Figura 5 - Distribuição de espécies - área de Estudo – COS 2018 15
Figura 6 - Aumento da temperatura média global em 2100 - diversos cenários - dados oriundos de SSP database 23
Figura 7 - zonamento da área de estudo 29
Figura 8 - Precipitação - Normal histórica - SSP1-2.6 - SSP2-4.5 41
Figura 9 - Precipitação estival - Normal histórica - SSP1-2.6 - SSP2-4. 42
Figura 10 - Temperatura média – Normal histórica; SSP1-1.2; SSP2-4.5 44
Figura 11 - Temperatura média trimestre mais quente – Normal histórica; SSP1-1.2; SSP2-4.5 45
Figura 12- Temperatura máxima do mês mais quente - Normal histórica; SSP1-1.2; SSP2-4.5 ... 46
Figura 13 - Temperatura mínima do mês mais frio - Normal histórica; SSP1-1.2; SSP2-4.5 47
Figura 14 - Viabilidade produtiva azinheira - análise multicritério - histórico; SSP1-2.6; SSP2-4.5 49
Figura 15 - Viabilidade produtiva eucalipto - análise multicritério - histórico; SSP1-2.6; SSP2-4.5 51
Figura 16 - Viabilidade produtiva Oliveira - análise multicritério - histórico; SSP1-2.6; SSP2-4.553
Figura 17 - viabilidade produtiva Pinheiro Manso - análise multicritério - histórico - SSP1-2.6; SSP2-4.5 55
Figura 18 - Viabilidade produtiva Sobreiro - análise multicritério - histórico; SSP1-2.6; SSP2-4.5 57
Figura 19 - Viabilidade produtiva Vinha - análise multicritério - histórico; SSP1-2.6; SSP2-4.5 59

1. Introdução e Objetivos

1.1. Introdução

O ponto de partida deste trabalho foi a perceção empírica de que algo está a acontecer: o declínio do Montado, anos repetidos com quebras de produção vitícolas, anos consecutivos de más produções no olival tradicional, anos de fraca produção de pastagens resultantes de uma condição de seca quase permanente. Enfim, um conjunto de perceções que resultaram numa questão de investigação que remete para o futuro, mas que já tem lastro no passado: "Qual a influência das alterações climáticas nas culturas lenhosas do Alentejo Central?". O lastro são os danos percecionados nessa perspetiva empírica e que de certa forma fica mais evidente depois de percorrer o percurso de análise do impacto das alterações previstas, seja qual for o cenário que venhamos a ver confirmado.

Neste trabalho, são analisados os impactos em algumas culturas lenhosas, mas os resultados podem pressupor impactos sociais, económicos e culturais. Em algumas áreas desta região, existe um nível de especialização verdadeiramente estruturante e caso as culturas dominantes sejam colocadas em causa, podemos de facto estar perante o colapso de sectores que determinam "o viver" de alguns territórios. No horizonte, relativamente próximo, de partes consideráveis desta região pairam ameaças de abandono, desemprego, desenraizamento social, desertificação e colapso ecológico.

1.2. Objetivos

A questão de partida desta investigação é perceber quais os impactos das alterações climáticas, num quadro de elevada probabilidade de virem a suceder, num conjunto de culturas lenhosas tradicionais ou instaladas no território do Alentejo

Central. Entende-se por culturas lenhosas, a produção de plantas com características lenhosas, ou seja na sua constituição inclua lenho (madeira).

Vai procurar-se avaliar aquilo que pode ser o quadro climático em mudança e o que este pode significar para um conjunto de culturas agrícolas e florestais na região. A base de partida é o território do Alentejo Central que apesar de ter uma certa unidade permite observar diferentes condições, com nuances climáticas, edáficas, orográficas e hídricas consideráveis. Por esta razão, pretende-se definir um zonamento da área de estudo com diferentes características de partida e que se prevê que venham a evoluir também de forma distinta, num período de quase 80 anos que medeia entre o ano do estudo (2023) e o final do século.

Desta forma, procurar-se-á perceber como a evolução da situação climática vai influenciar culturas estabelecidas, algumas delas há já vários séculos. A perspetiva a partir da qual se procura analisar as culturas/povoamentos, agrícolas e florestais, de sobreiros (*Quercus suber*), azinheiras (*Quercus rotundifolia)*, oliveiras (*Olea europea*), pinheiro manso (*Pinus pinea*), eucalipto (*Eucalyptus globulus spp.*) e vinha (*Vitis vinífera*), tem como base o território e é a partir deste que se pretende obter respostas que permitam lançar as bases de uma gestão integrada e informada do território. Concretamente, pretende-se dar um pequeno contributo para um verdadeiro planeamento da adaptação – indispensável - àquilo que serão as novas condições dos territórios em causa.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. As alterações climáticas

A problemática das alterações climáticas tem vindo a promover abundante bibliografia científica. Autores de diferentes campos têm trabalhado diferentes perspetivas; os cientistas climáticos, propriamente ditos, focando-se na sua identificação e caracterização dos fenómenos deram e continuam a dar as bases sobre as quais uma grande diversidade de abordagens que trabalham sobretudo a nível dos impactos que as alterações climáticas irão provocar. O estudo destes impactos criou uma certa fluidez nos campos disciplinares, obrigando a uma multidisciplinaridade não muito habitual. Os impactos na vida urbana, na ecologia, na floresta ou na agricultura, são complexos e multidimensionais o que leva a que os saberes tenham de se complementar. O fenómeno climático em curso é quase uma omnipresença nos trabalhos científicos atuais, estando cristalizado quase como que como uma referência obrigatória. No caso da agricultura ou das florestas, por exemplo, não é possível ensaiar novas variedades vegetais ou promover novas culturas numa determinada região sem analisar as condições futuras a nível climático, os valores históricos estão obsoletos e desajustados enquanto grelha de avaliação das condições futuras, mantendo, todavia a sua importância enquanto dados de análise.

As paisagens agrícolas desenvolveram-se ao longo de alguns milénios. Durante esse tempo longo (Braudel, 1979), múltiplos fatores concorreram para que em cada território as técnicas culturas e o património genético – animal ou vegetal – escolhido variassem, criando especialização, conhecimento e cultura. As condições do território, fossem o relevo, a rede hidrográfica ou as condições de solo moldaram as escolhas dos agricultores, horticultores e silvicultores. Muitas destas técnicas e modos de sobrevivência tornaram-se inseparáveis dos humanos na sua vivência. Porém, o clima talvez tenha sido o elemento que mais condicionou a fixação humana e as suas estratégias para explorar o território e dele retirar as vantagens que este lhe apresentava de forma a sustentar a existência das comunidades que dele dependiam (Braudel, 1979).

Períodos de grandes dificuldades e catástrofe estiveram, muitas vezes, associados a alterações no padrão climático de um determinado território: "megassecas" (*megadrought);* "anos sem verão" na Europa do século XIV ou no ano 1816; fim do período húmido africano (Fagan, 2019). A historiografia levanta inúmeros exemplos em que alterações climáticas contribuíram para verdadeiras alterações civilizacionais (Fagan, 2019). O desaparecimento de algumas civilizações, ou complexos culturais surge muitas vezes associada a eventos extremos ou alterações mais duradouras no comportamento do clima (Calvin et al., 2023). É verdade que no tempo mais longo é nas alterações no clima, nomeadamente a passagem de um período de glaciação para um período interglaciar, que encontramos algumas respostas para o "sucesso" que foi a colonização do planeta pela espécie humana ou o advento da agricultura e da horticultura. Algumas regiões já beneficiaram de condições mais propicias ou menos propicias para algumas culturas. Em suma, a instabilidade do clima tem sido um desafio permanente para a humanidade, criando crises mais ou menos duradouras, permitindo a emergência de "civilizações" ou contribuindo para o seu lento desaparecimento ou para o seu colapso (Diamond, 2011). Esta foi a norma até ao momento em que os humanos se tornaram verdadeiros agentes do clima.

Existe um consenso bastante alargado de que a nossa espécie se tornou um elemento perturbador no sistema terrestre. Várias discussões emergiram no sentido de entender quando e por que razões os humanos se tornaram tão influentes no sistema terrestre. Foram cunhados novos termos ou readaptados conceitos, tais como "Antropoceno" (Lewis & Maslin, 2018) ou "Capitaloceno" (Chakrabarty, 2009), e vários autores colocaram hipóteses para determinar o período em que a influência humana sobre o clima se iniciou. O cientista climático, William Ruddiman, elaborou a sua teoria "Ruddiman hypothesis" ou "Early anthropocene" em que defende que a influência humana sobre o clima terá começado com o advento da agricultura, nomeadamente com a desflorestação e com a rizicultura na China, cerca de 4000 anos antes da Era comum (Ruddiman, 2005). Outros autores colocam a data na expansão colonial europeia (Lewis & Maslin, 2015), outros no advento da revolução industrial e outros ainda no período da grande aceleração na década de 1950-60 (Lewis & Maslin, 2015). Independentemente do que se pense em relação ao início do Antropoceno e do rigor do termo, o momento presente coloca desafios tremendos no plano global com repercussões devastadoras no plano local (Calvin et al., 2023)

A abundância de literatura sobre os efeitos das alterações climáticas explica-se pois pela abrangência a muitos, quase todos, os domínios da vida no planeta. Relativamente ao tema em estudo (impacto das alterações climáticas nas culturas lenhosas ao nível da sua distribuição territorial) a existência de estudos não é tão abundante. É pois, mais por inferência a partir de estudos relativos a diferentes regiões (Cunha & Richter, 2016), ou de forma mais indireta que encontramos o tema tratado. O território não tem sido o ponto de partida para a análise especifica dos efeitos das alterações climáticas, pelo menos na sua dimensão administrativa. O enfoque parte da perspetiva da problemática das culturas e existe uma certa especialização regional que se reflete na literatura disponível. No caso da região Norte a situação é diferente, provavelmente porque a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro tem desenvolvido muito trabalho ligado às culturas da região e às alterações climáticas (Andrade et al., 2014; Fraga, 2014; Fraga & Santos, 2018; Gonçalves, 2017). Muitas vezes esse esforço atinge uma dimensão nacional, mas de uma forma mais geral e sem grande inculcação territorial (Costa et al., 2017). Noutros casos, são estudados elementos ou condições muito especificas como enraizamento ou condutividade elétrica (Bajouco et al., 2023) ou ainda medidas de adaptação úteis para responder a alguns desafios que se anteveem.

Estas limitações levaram a que para constituir a matriz de análise climática das espécies, ou até para compreender a reflexão em torno de algumas espécies tenha sido necessário recorrer a literatura que remete para exemplos fora da região e do país, para o caso da vinha apesar de existirem vários trabalhos (Lopes et al., 2018; Santillán et al., 2019) para algumas regiões do país, principalmente para o Douro. A questão mais regional e que eventualmente tem tido mais bibliografia redigida "localmente" é dos montados. A área de dispersão dos montados influencia particularmente a produção científica do sul de Portugal e das regiões espanholas da Extremadura e Andaluzia (Díaz et al., 2021; Fernández-Manjarrés et al., 2018; Silva & Castro, 2021).

A territorialização do problema como elemento preponderante para compreender os efeitos aos níveis da paisagem florestal e agrícola do Alentejo Central não tem tido expressão bibliográfica. Como se disse o enfoque tende a partir não do território, mas de espécies em concreto.

2.2. A área de estudo – contexto histórico

No território onde hoje existe uma unidade estatística com o nome de Alentejo Central, a interação das comunidades humanas de três ou quatro milénios com o território levou a verdadeiros processos de especialização. O decurso de desflorestação multissecular teve percursos díspares em diferentes territórios, a degradação de florestas por via do pastoreio, fogo ou abate de árvores para arrotear terra criou ilhas de produção num território eminentemente florestal (Fonseca, 2004). As trocas culturais e económicas, bem como os constantes fenómenos migratórios e também, numa fase posterior, a expansão das civilizações mediterrânicas do Mundo Clássico levaram a importação de culturas ou técnicas culturais e "industriais" que trouxeram duas das mais importantes culturas do Alentejo contemporâneo: a vinha e o olival (Braudel, 1979). Estas comunidades foram-se especializando também na gestão do espaço florestal, aproveitado para o pastoreio e para a exploração lenhosa, colheita de mel, medicamentos entre outros produtos (Fonseca, 2004). No percurso milenar até ao dealbar do século XIX ficaram definidas as grandes linhas que desenham a paisagem agrícola do Alentejo. A estabilização do regime liberal veio alterar a titularidade de parte das propriedades no Alentejo, sendo criadas nesta altura muitas das grandes herdades privadas resultantes das vendas dos bens das ordens monásticas e da coroa, após as amortizações dos bens destas duas entidades, passando as primeiras também pela posse transitória da coroa (Espinha da Silveira, 1991). Esta concentração de terras foi alimentada por novas, ainda que menores, amortizações, assim como com relevantes contributos das terras comunitárias, vulgos baldios, que foram apropriadas pelo Estado e posteriormente privatizadas. Com o advento do Estado Novo desenhou-se uma política de reforma agrária assente em três pilares sendo estes a arroteia de terras para cultivo, principalmente cerealífero – as conhecidas "campanhas do trigo", a transferência de população rural do Norte para o Sul num ambicioso programa de colonização interna, do qual temos o conhecido exemplo dos colonatos de Pegões, com os seus campos de geometria e dimensão equivalente, e por fim a ideia de criar uma verdadeira autarcia face à dependência de bens agrícolas, *lato sensu*, do exterior (Ferreira, 2020)

Na década de 1940, podemos entender que o sector primário alentejano, estava assente numa rígida hierarquia socioeconómica com os grandes proprietários, absentistas

ou não, no topo, controlando os poderosos grémios da lavoura. A estes proprietários, seguiam-se proprietários de menor dimensão que em muitos casos eram também seareiros. Na base desta pirâmide estava uma multidão de trabalhadores rurais fortemente proletarizados (Ferreira, 2020). A economia agrária alentejana quase que vira desaparecer a figura do pequeno proprietário e/ou do camponês com exceção das áreas periurbanas de algumas vilas e aldeias onde ainda existia o minifúndio, na forma de hortas, olivais, vinhas ou pequenas unidades de produção pecuária. Esta organização da sociedade sofreria alterações significativas durante a "grande aceleração" do pós-guerra com a mecanização da agricultura que terá dado um forte contributo para o êxodo rural da década de 1960. Estava, pois, consumada a configuração de uma agricultura empresarial, desligada das comunidades envolventes e virada para a produção de bens transacionáveis em mercado. Este processo de constituição de uma agricultura empresarial que foi fortemente incentivada com a entrada de Portugal da CEE sofreu um hiato durante os tumultuosos anos que mediaram o fim do Estado Novo e a aprovação da Lei de Bases da Reforma Agrária de 1977 – conhecida como "Lei Barreto". O Alentejo estava pois, a acompanhar os caminhos da agricultura empresarial europeia, sendo no caso do nosso país, um dos territórios mais habilitados a ver implementadas as sucessivas estratégias de profissionalização e as verdadeiras revoluções tecnológicas – mecanização do pós-guerra, regadio mecanizado, monoculturas intensivas, computorização da gestão, etc. – e também científicas – revolução verde, introdução de OGM, a inoculação de sementes, introdução sistemática de raças selecionadas (Freire & Lains, 2016).

Este caminho de profissionalização mantém, todavia, uma forte dependência da existência de regimes de subvenções públicas, configuradas em complexos esquemas de subsidiarização da atividade. Porém, com a "nova valorização" dos grandes regadios públicos, construídos nas décadas de 60 e 70 do século XX, atualmente muitos deles interligados ao Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva, uma nova realidade cimentou-se. Diversos fundos de investimento com origem internacional alimentaram um forte dinamismo na alteração da titularidade de terras, fosse por aquisição ou arrendamento, com a implementação de projetos monoculturais de culturas permanentes – sendo plantados quase exclusivamente olivais e amendoais. No que diz respeito ao Alentejo Central, que é o objeto deste trabalho, estes regadios existem: a Sudeste de Évora, o perímetro de rega do Monte Novo; a Sul do Redondo, o perímetro de rega da Vigia; a Este do Alandroal, o perímetro de rega do Lucefécit e ainda entre

Montemor-o-Novo e Évora, o perímetro de rega da barragem dos Minutos. Adicionalmente está prevista e/ou em obra a execução da expansão do regadio ligado ao Alqueva para a área de Reguengos de Monsaraz, Campinho e Monsaraz. Deve ainda ser reportada a existência de alguns regadios particulares com alguma dimensão.

Esta dinâmica histórica decorreu tendo como base uma certa estabilidade climática. Essa estabilidade, mesmo que marcada pela irregularidade característica do clima mediterrânico, parece estar definitivamente posta em causa. O consenso científico preconiza um tempo de elevada incerteza decorrente de alterações consideráveis no padrão de chuvas, um aumento das temperaturas ao longo do ano mas principalmente no Verão, um aumento do número da duração e da intensidade das ondas de calor e o aumento de fenómenos extremos de precipitação (Calvin et al., 2023).

2.3. A área de estudo – caracterização biofísica

O Alentejo Central é uma sub-região, unidade estatística de terceira ordem (NUT III), que corresponde ao distrito de Évora o que faz com que seja um território que já tem alguma unidade administrativa e de intervenção no território desde 1835, data da criação dos distritos. Pode considerar-se uma região de charneira entre o Sul e o Norte do Alentejo com a sua orografia variada e também de divisão de bacias hidrográfica (Figura 1). O Norte da área de estudo é drenado por afluentes da bacia hidrográfica do Tejo, limitada a Sul pelas linhas de festo das serras de Monfurado, Ossa e do Maciço Calcário de Estremoz-Borba; sendo as linhas de água mais importantes o rio Almançor/ribeira de Santo Estevão, a ribeira/rio Divor e a ribeira de Têra, nomeados no sentido Oeste-Este. O Sul do Alentejo Central divide-se pelas bacias do Sado, a Oeste, e a bacia do Guadiana, a Este. As principais linhas de água da bacia do Sado são a ribeira da Marateca, ribeira das Alcáçovas e o rio Xarrama. Na bacia do Guadiana destacam-se o próprio rio Guadiana, o rio Degebe e a ribeira de Lucefécit. A maior parte do território está a baixa altitude, sendo plano ou pouco acidentado com encostas suaves na maior parte do território; sendo exceção as já mencionadas serras de Monfurado (412m), Ossa (615m), o Maciço Calcário (520m), Arraiolos (400m) e também a serra do Mendro/Portel (440m).

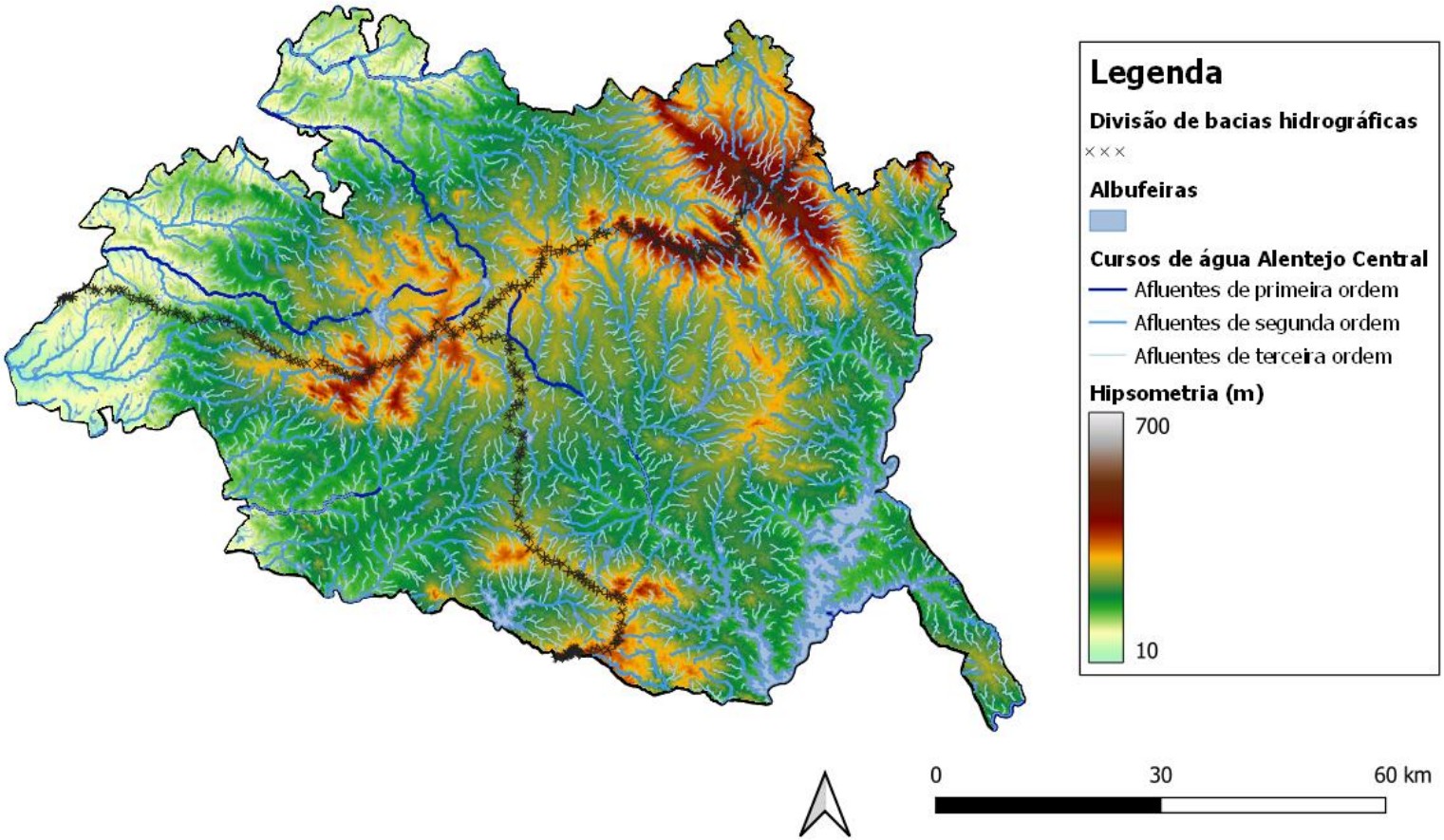

FIGURA 1 - ENQUADRAMENTO – ALENTEJO CENTRAL

HIPSOMETRIA E LINHAS DE ÁGUA

O clima da região está classificado como mediterrânico de verão quente (csa), segundo a classificação de Köppen-Geiger (IPMA, sem data). Em termos concretos, o clima histórico do Alentejo Central para o período de 1971-2000 apresentava uma variação intrarregional. No que diz respeito à precipitação esta tem uma variação no crescente no sentido Sudeste-Noroeste com grande influência da altitude (Figura 2), sendo que no extremos Sudeste da região a precipitação se encontra nos 520mm enquanto no Noroeste se aproxima dos 700mm, chegando a ultrapassar esse valor nos pontos mais elevados da serra de Monfurado. A precipitação no período mais quente, que corresponde também ao período mais seco, tem o mesmo sentido de variação, sendo, porém, muito limitada em qualquer ponto da região variando entre os 22mm e os 45mm. No que diz respeito à temperatura média anual, existe uma variação de cerca de 2 graus (Figura 3), entre os 14,7°C e os 16,8°C, sendo que a altitude tem um peso relevante nesta variação, havendo uma compensação para uma maior uniformização pela existência de temperaturas máximas estivais mais elevadas a Sudeste que compensam mínimas mais baixas no Inverno (maior amplitude térmica), enquanto que a Noroeste as temperaturas são menos extremadas com mínimas mais altas no Inverno e máximas mais baixas no Verão. Sendo que a temperatura mínima do mês mais frio varia entre os 4,4°C e os 6,9°C, em que existe um evidente incremento no sentido Este-Oeste. Por outro lado, a temperatura média do trimestre mais quente aumenta no sentido Norte-Sul com um intervalo entre os 21,5°C e os 24°C (Figura 3), sendo que a temperatura máxima do mês mais quente tem também um variação Norte-Sul com um intervalo entre os 29°C e os 33°C.

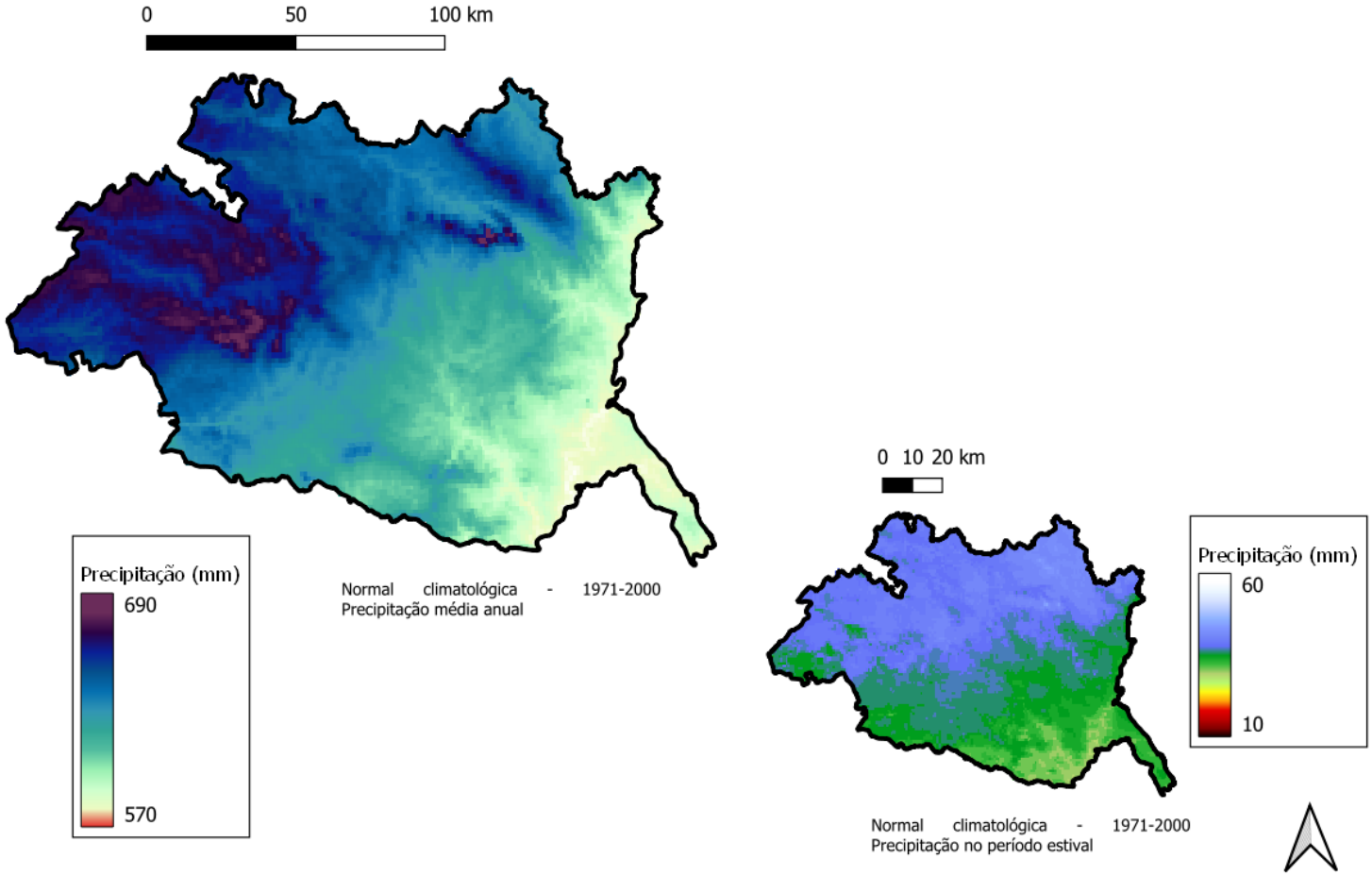

FIGURA 2 - PRECIPITAÇÃO ALENTEJO CENTRAL

NORMAL CLIMATOLÓGICA – 1971 -2000 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL E PRECIPITAÇÃO NO PERÍODO ESTIVAL

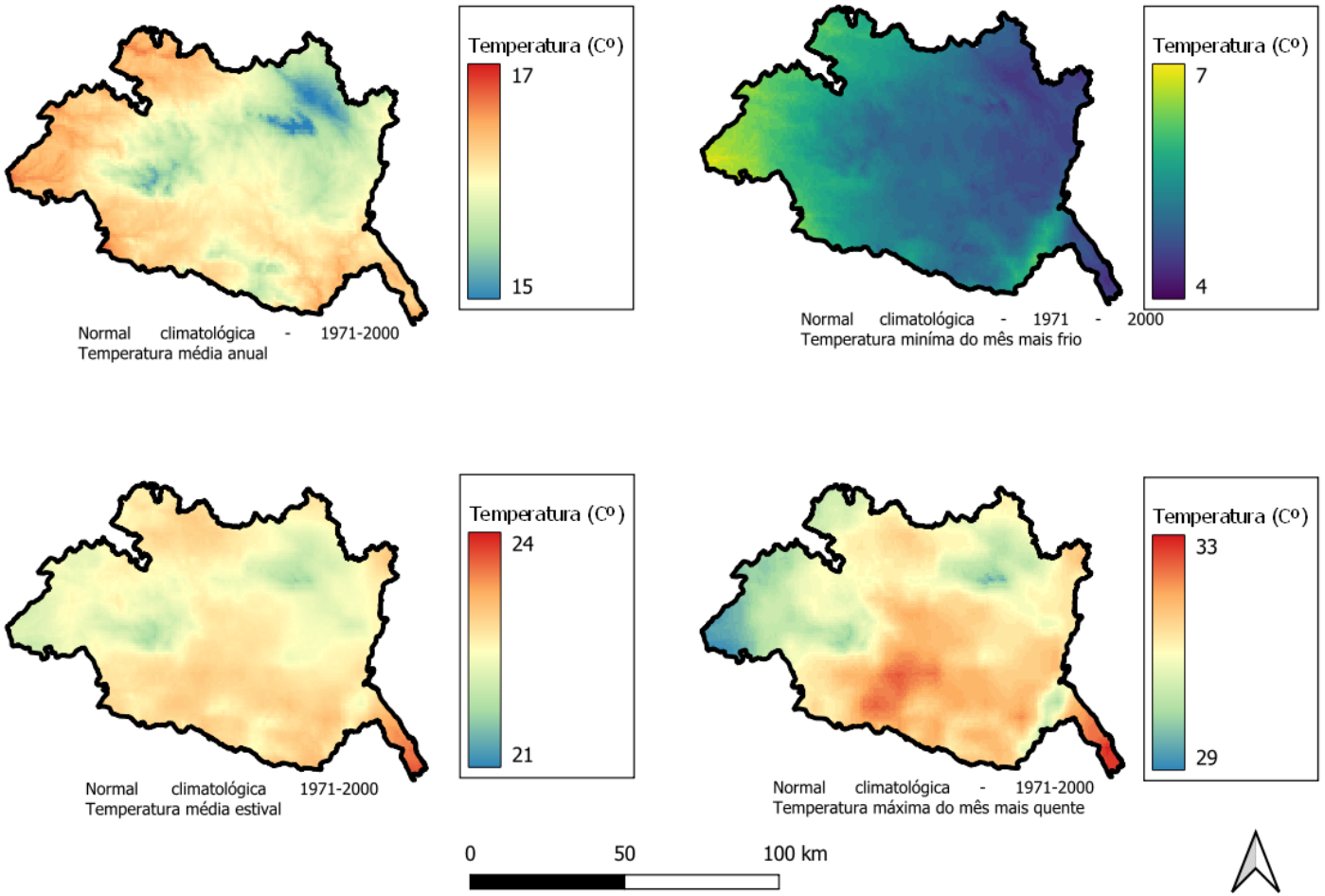

FIGURA 3 - TEMPERATURA ALENTEJO CENTRAL

NORMAL CLIMATOLÓGICA 1971-2000- TEMPERATURA MÉDIA ANUAL; TEMPERATURA MÍNIMA DO MÊS MAIS FRIO; TEMPERATURA MÉDIA ESTIVAL; TEMPERATURA MÁXIMA DO MÊS MAIS QUENTE

O Alentejo Central é uma região cuja ocupação do território é marcadamente rural. As povoações estão relativamente afastadas, com a existência de algumas cidades de pequena dimensão, destacando-se a capital de distrito, Évora, com uma população urbana de cerca de 45 000 habitantes, não existindo nenhuma outra cidade acima dos 15 000 habitantes. A ocupação e uso do solo é predominantemente agrícola, florestal ou agroflorestal exibindo alguma variedade de usos dentro desses usos. As superfícies agroflorestais (SAF) são maioritárias sendo também bastante relevantes culturas permanentes, culturas temporárias e áreas florestais em alguns pontos da área de estudo, maioritariamente nas áreas serranas e nos solos arenosos do Noroeste e Oeste (Figura 4) (*COS2018- Carta de ocupação e uso do solo*, 2019).

A distribuição das espécies que serão alvo de análise neste trabalho na área de estudo não é uniforme. A distribuição reflete diferentes condições de clima, solo, ocupação humana e relevo. As áreas serranas têm tendencialmente uma ocupação mais florestal; as superfícies agroflorestais ocupam áreas mais diversificadas indo das serras a áreas mais aplanadas. Os olivais ocupam áreas muito diversas, estando muito presentes nas imediações das povoações e mais recentemente nas áreas de regadio. A distribuição das vinhas obedece a critérios distintos, uma vez que se desenvolveu em torno da existência de adegas cooperativas, principalmente Reguengos, Borba e Redondo, e evoluindo mais tarde com algumas grandes empresas privadas, sendo os casos mais reconhecíveis a Herdade do Esporão e a Fundação Eugénio de Almeida. A distribuição das espécies reflete pois diferentes condições e configura-se de forma heterogénea, mas ainda assim evidente de uma certa especialização que espelha todos estes fatores. Desta forma, apresenta-se a distribuição das espécies enquanto elemento dominante, estando agregadas as áreas florestais com as SAF, reportando-se apenas a espécie dominante. Ressaltam evidentemente o sobreiro e a azinheira, sendo estas as principais espécies componentes das SAF da região (Figura 5) (*COS2018- Carta de ocupação e uso do solo*, 2019).

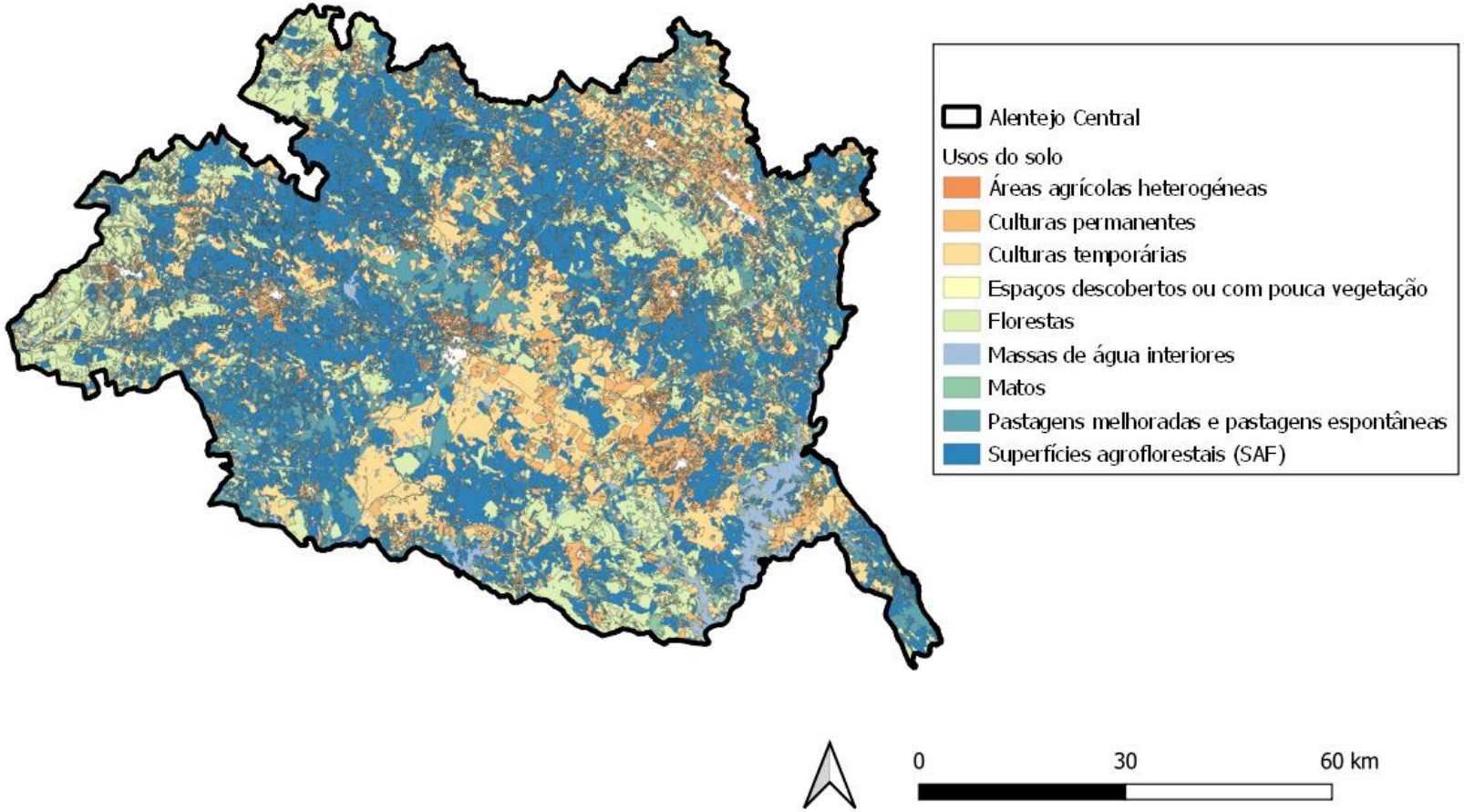

FIGURA 4 - USO DO SOLO - ÁREA DE ESTUDO – COS 2018

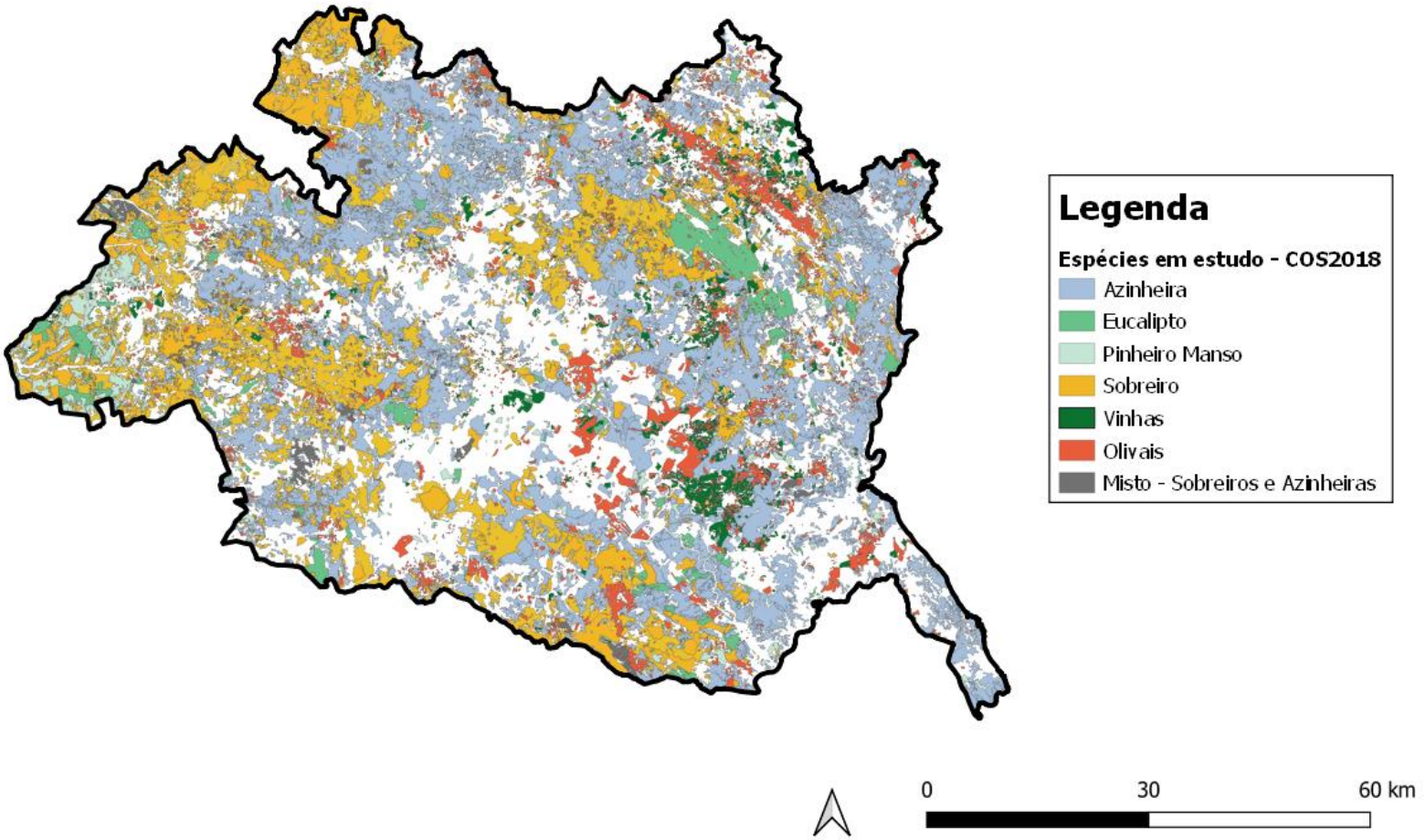

FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES - ÁREA DE ESTUDO – COS 2018

2.4. Os cenários das alterações climáticas

O estudo das alterações climáticas e a sua projeção futura está dependente da existência de modelos que procurem explicar quer a evolução do passado quer aquela que se pode antever no futuro. Para que os modelos possam ser contruídos estes estão dependentes de condições definidas de forma a tentar dotar os modelos do máximo de informação. No caso das alterações climáticas foram criados cenários que enquadram estas informações e condições de base e futuras.

Os modelos climáticos que procuram antever as condições de futuro têm vindo a tornar-se cada vez mais complexos. Desde 1995 que existe o Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) que neste momento vai já na sua sexta geração, CMIP6. Esta modelação integrada procura oferecer dados climáticos futuros com base em cenários diferentes e de acordo com as condições de resposta ao desafio das alterações climáticas. Estes modelos são e foram utilizados na elaboração dos relatórios do IPCC e por uma grande variedade de cientistas de diferentes campos. Grande parte dos estudos mais recentes têm como base a 5ªa geração de modelos do CMIP (CMIP5) que durou até 2014. O CMIP6 teve os seus primeiros desenvolvimentos em 2013 e os seus resultados deveriam ter sido concluídos em 2020 de forma a servir como base para o último relatório do IPCC. Apesar de existirem diversos laboratórios com os seus modelos em funcionamento, alguns laboratórios mantinham um atraso impeditivo de ter todos os projetos completos para servir de base para a elaboração do último relatório do IPCC (Hausfather, 2019). Apesar desse atraso diversos laboratórios têm os resultados dos seus modelos disponibilizados na base de dados Worldclim.

A nova geração de modelos parte de pressupostos diferentes em relação aos modelos do CMIP5. Os cenários do CMIP5 incluem os muito utilizados RCP4.5 ou RCP8.5, e os menos utilizados RCP2.6 e RCP6. A sigla RCP significa *Representative Concentration Pathways,* ou seja, os caminhos possíveis de concentração de gases com efeitos de estufa e os seus respetivos valores de "forçamento" radiativo que tinha repercussões na temperatura e no restante sistema climático. No CMIP6, estes caminhos foram cruzados com uma nova perspetiva que se focava também nas condições previsíveis de um ponto de vista de evolução social, económica e política do mundo. Essa

nova proposta foi nomeada como *Shared Social Pathways* – SSP. Estes SSP foram divididos em cinco propostas:

- *SSP1 Sustainability – Taking the Green Road (Low challenges to mitigation and adaptation)*
- *SSP2 Middle of the Road (Medium challenges to mitigation and adaptation)*
- *SSP3 Regional Rivalry – A Rocky Road (High challenges to mitigation and adaptation)*
- *SSP4 Inequality – A Road Divided (Low challenges to mitigation, high challenges to adaptation)*
- *SSP5 Fossil-fueled Development – Taking the Highway (High challenges to mitigation, low challenges to adaptation)*

O SSP1, prevê uma via de sustentabilidade em que são implementadas medidas de rápida redução das emissões. Nesta proposta "o mundo muda gradualmente, mas de forma generalizada, em direção a um caminho mais sustentável, enfatizando um desenvolvimento mais inclusivo que respeita os limites ambientais". Supõe-se ainda que a "gestão dos bens comuns globais melhora lentamente, os investimentos na educação e na saúde aceleram a transição demográfica e a ênfase no crescimento económico muda para uma ênfase mais ampla no bem-estar humano" e que "o consumo é orientado para o baixo crescimento material e menor intensidade de recursos e energia" (Hausfather, 2018). Este SSP1 foi cruzado com as propostas de concentração 1.9 e 2.6, criando os cenários SSP1-1.9 e SSP1-2.6 (Hausfather, 2019) que representam grosso modo um aquecimento de 1,5°C e 2° C da temperatura média global, respetivamente, em 2100 em relação ao período pré-industrial. Um destes cenários, o SSP1-2.6 será utilizado ao longo deste trabalho.

O SSP2 prevê que o mundo não sofra grandes alterações e que os esforços de diminuição das emissões sejam moderados. Com os desafios a serem enfrentados de forma lenta e em que alguns países são eficazes na resposta, mas outros são quase ineficazes na resposta ao problema. A população mundial continua em crescimento, mas não de forma explosiva e a desigualdade mantém-se. Este SSP2 foi cruzado com os caminhos de concentração criando o cenário SSP2-4.5 (Hausfather, 2019), também utilizado neste trabalho.

O SSP3 prevê um agravamento das condições internacionais de forma a articular uma resposta conjunta aos desafios globais das alterações climáticas por existir um "ressurgimento do nacionalismo em que as preocupações com a competitividade e a

segurança e os conflitos regionais levam os países a concentrarem-se cada vez mais nas questões internas ou, no máximo, nas questões regionais."(Hausfather, 2018, sem página). Estas condições levarão a uma secundarização da resolução de questões mais globais tais como as alterações climáticas. Também porque os países estarão concentrados "em alcançar objetivos de segurança energética e alimentar nas suas próprias regiões, em detrimento de um desenvolvimento mais amplo."(Hausfather, 2018). Esta abordagem poderá levar a uma forte degradação das condições ambientais em vários pontos do planeta (Hausfather, 2018). Cruzado com os caminhos de concentração criou-se o cenário SSP3-7.0 (Hausfather, 2019).

O SSP4 coloca a hipótese de um cenário de grande divisão em que parte do mundo, os mais ricos, avança no sentido de políticas de respostas aos problemas locais e regionais, mas em que parte dos países mantém um processo de aceleração de práticas nocivas com um aumento da desigualdade e com uma forte especialização em económicos de baixa diversificação tecnológica e de elevada carga laboral. Gerando-se um mundo em que tanto se desenvolvem tecnologias energéticas renováveis como se intensifica o consumo de energias fósseis. Destas hipóteses resultaram os cenários SSP4-3.4 e SSP4-6.0 (Hausfather, 2019)

O SSP5 é a hipótese mais extrema, prevê um mundo de alta competição e com um desenvolvimento alicerçado num aumento da energia fóssil. Este cenário prevê um aumento de emissões e graves consequências ao nível ambiental ainda que possa promover uma diminuição do fosso da desigualdade e um elevado desenvolvimento das sociedades. Desta hipótese resultaram os cenários SSP5-3.4OS e SSP5-8.5 ((Hausfather, 2019).

Os cenários resultantes foram modelados e sujeitos a afinação dos resultados (Séférian et al., 2019) e os dados dele resultantes implicaram uma conjugação de múltiplos fatores que influenciam o clima; desde logo, altitude, latitude, proximidade ao mar, nebulosidade, etc. A expressão local e global dos diferentes modelos não é igual e por isso existe um intervalo de temperaturas para os mesmos cenários. (Hausfather, 2019). Será bastante útil, quando o projeto esteja mais completo poder ter a capacidade de fazer uma análise de conjunto dos dados.

A variação da temperatura a nível local não espelha sempre o valor do aumento da temperatura média global. Existem regiões com aumentos acima da média e regiões

com aumentos abaixo da média. A região mediterrânica e Portugal em concreto terão provavelmente aumentos superiores à média do aumento global (*Worldclim*, sem data).

A disponibilização de variáveis bioclimáticas nos dados modelados é de particular importância para todas as avaliações, análises e decisões que implicam interações com espécies vegetais (e animais) nomeadamente na antecipação de condições de vegetação das espécies, a evolução de agro-sistemas, de sistemas florestais ou de quaisquer condições ecológicas (Noce et al., 2020).

3. Material e Métodos

3.1. Material

O trabalho recorreu maioritariamente a análise espacial com recurso ao programa de software livre Quantum Gis (Qgis) na sua versão 3.22 Bialowieza.

A nível de recursos cartográficos foram utilizados dados livres para determinação da área de estudo, nomeadamente shapefiles cartográficos da CAOP2023, cartas compiladas e disponibilizadas no projeto Epic Webgis (*Epic webgis Portugal*, sem data), nomeadamente cartas em ficheiro raster de hipsometria e linhas de água. Foram também utilizados os ficheiros vetoriais disponibilizados na carta de ocupação e uso do solo (COS) na sua versão de 2018 (*COS2018- Carta de ocupação e uso do solo*, 2019). No que diz respeito aos dados climáticos os recursos utilizados foram recolhidos na base de dados Worldclim, repositório de dados do Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (Fick & Hijmans, 2017). Foram ainda utilizadas as propostas de Unidades de Paisagem (Cancela d'Abreu et al., 2004) para em conjugação com o material cartográfico serem definidas as áreas de análise e intervenção.

Os dados climáticos de projeções futuras utilizados foram produzidos pelo consórcio Centre National de Recherches Météorologiques (CNRM) – Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique (CERFACS) com o nome da modelação CNRM-ESM2-1(Séférian et al., 2019), também disponibilizados na base de dados WorldClim (*Worldclim*, sem data) onde foram obtidos também as modelações dos dados da normal climatológica 1971-2000**.** Os dados utilizados têm uma resolução espacial de 30 segundos (expresso em minutos de um grau por longitude e latitude), o que em termos práticos corresponde a que a aresta de cada pixel corresponda a 600 metros no terreno. Esta modelação foi escolhida por apresentar resultados médios a nível de aumento de temperaturas comparativamente com os restantes resultados disponíveis (Hausfather, Zeke, 2019).

Para a composição dos envelopes climáticos das espécies florestais (azinheira, sobreiro, eucalipto e pinheiro manso) e para a oliveira recorreu-se ao trabalho *Plano*

Específico de Ordenamento Florestal do Alentejo (Ferreira et al., 2001) e para a vinha a diverso material bibliográfico (Pieri et al., 2012; Quénol et al., 2017; Xyrafis et al., 2022).

3.2. Métodos

3.2.1 Alterações climáticas, cenários climáticos, modelos e variáveis bioclimáticas

Conforme já foi referido, a questão de partida desta investigação foi perceber quais os impactos das alterações climáticas, num quadro de elevada probabilidade de virem a suceder, num conjunto de culturas lenhosas tradicionais ou instaladas no território do Alentejo Central. Os pressupostos foram a viabilidade produtiva em condições de sequeiro, sendo esta a condição em que existem a maioria das culturas trabalhadas; sejam os povoamentos florestais de sobreiro, azinheira, eucalipto ou pinheiro manso, sejam as superfícies agroflorestais (SAF) de azinheira, sobreiro ou pinheiro manso. O olival apresenta condições diversas, com o elevado crescimento dos olivais de regadio com diferentes densidades, porém a mancha de olival tradicional de sequeiro – com povoamentos com menos do que 200 árvores por hectare – continua a ser maioritário e importante a nível socioeconómico, espelhado no elevado número de lagares cooperativos na região. O caso da cultura da vinha apesar de apresentar semelhanças com o do olival apresenta um maior relevo da área irrigada relativamente às áreas de sequeiro. A valoração é apenas feita do ponto de vista da área dos povoamentos e não da sua valia económica. A avaliação especifica de cada cultura incidiu sobre variáveis distintas. Para o efeito foram utilizadas uma série de variáveis bioclimáticas, escolhidas de acordo com as condicionantes inerentes ao envelope climático de cada espécie em estudo.

As variáveis bioclimáticas utilizadas foram as seguintes:

- BIO1 = Temperatura média anual
- BIO5 = Temperatura máxima do mês mais quente
- BIO6 = Temperatura mínima do mês mais frio
- BIO10 = Temperatura média da estação trimestre mais quente
- BIO12 = Precipitação média anual

- BIO18 = Precipitação do trimestre mais quente

Esta avaliação incidiu sobre três períodos distintos: período histórico, assente na normal climatológica 1971-2000; período de 2041-2060 e período de 2081-2100. A escolha dos períodos liga-se com a forma como estão organizados e disponibilizados os dados sendo que as normais históricas correspondem sempre a períodos de trinta anos, enquanto na modelação climática são utilizados períodos de vinte anos. A escolha dos períodos para a análise do clima futuro justifica-se pela data final da modelação disponível, o ano de 2100 – logo o período 2081-2100 - que é também o referencial como meta temporal para os valores definidos para as políticas de mitigação e adaptação às alterações climáticas; já o período 2041-2060 é o período que medeia o presente - 2023 - e esse período final de 2081-2100. Desta forma, o objetivo foi permitir trabalhar um horizonte de curto/médio prazo e outro de médio/longo prazo que com base nos resultados obtidos permita ser uma base de trabalho para elaboração de políticas e opções de gestão de adaptação do território com diferentes horizontes temporais. A análise foi feita com base na aplicação de uma avaliação multicritério cartográfica (Qgis) recorrendo a dois diferentes cenários climáticos no âmbito do CMIP6 (Hausfather, 2019) aplicadas a cada uma das áreas do território de estudo e avaliando os dois períodos específicos. Os cenários escolhidos foram SSP1 – 2.6 (Hausfather, 2018), cerca de 2 graus acima do período pré-industrial, e SSP2 – 4.5 (Hausfather, 2018), cerca de 3 graus acima do período pré-industrial (Figura 6). As previsões mais recentes e considerando as políticas e a aplicação das mesmas que o aquecimento venha a ser da ordem dos 2,5°C a 2,7°C acima da média do período pré-industrial. (Hausfather & Peters, 2020). Não se optou por utilizar cenários extremos para que a base teórica do trabalho possa ser o mais próximo possível da plausibilidade de ocorrência das condições descritas. É importante salientar que qualquer alteração às condições existentes pode acelerar o aumento da temperatura e ultrapassar o máximo descrito neste trabalho uma vez que os cenários climáticos partem de pressupostos do nível de emissões como estando associado a lógicas de políticas, económicas e sociais. Estes cenários partem de caminhos socioeconómicos pré-definidos que posteriormente são associados a previsões da concentração dos gases com efeito de estufa. Na geração anterior de modelos, os cenários eram conhecidos pela sigla RCP. No CMIP 6 o nome do cenário é composto pelo *Shared Socioeconomic Pathways* (SSP) que tem uma numeração de 1 a 5, e pelo

"caminho" de concentração previsto, conforme existia no RCP. Cada SSP pode corresponder a mais do que um "caminho" de concentração. Os cenários existentes, conforme já foi mencionado, são os seguintes (Hausfather, 2018):

- *SSP1 Sustainability – Taking the Green Road (Low challenges to mitigation and adaptation)*
- *SSP2 Middle of the Road (Medium challenges to mitigation and adaptation)*
- *SSP3 Regional Rivalry – A Rocky Road (High challenges to mitigation and adaptation)*
- *SSP4 Inequality – A Road Divided (Low challenges to mitigation, high challenges to adaptation)*
- *SSP5 Fossil-fueled Development – Taking the Highway (High challenges to mitigation, low challenges to adaptation)*

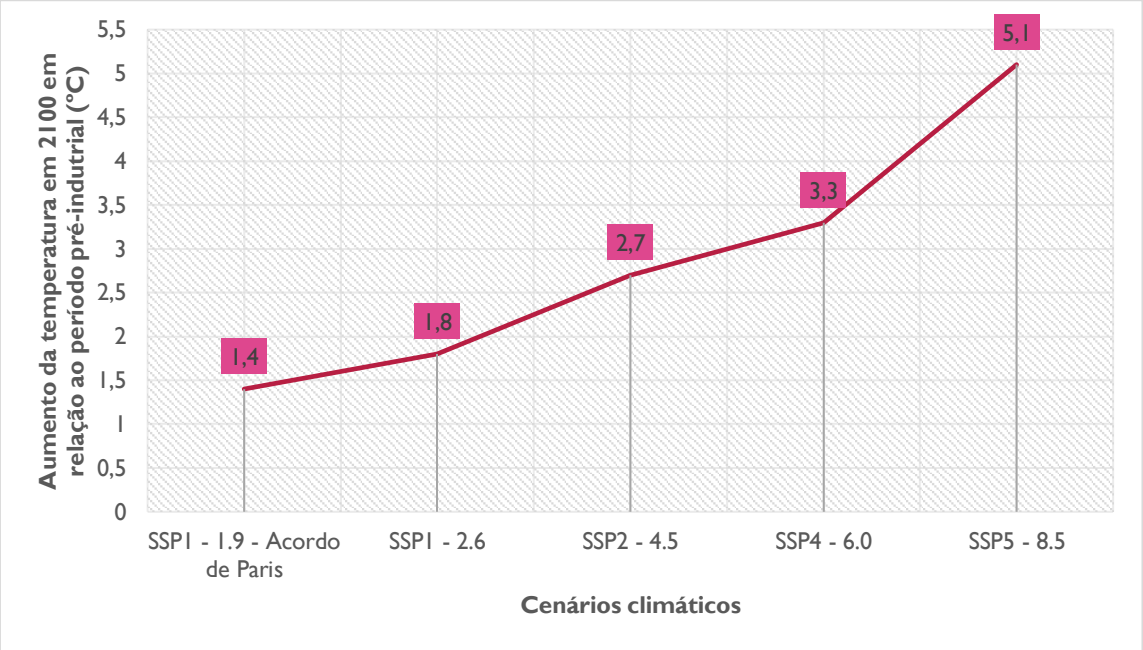

FIGURA 6 - AUMENTO DA TEMPERATURA MÉDIA GLOBAL EM 2100 - DIVERSOS CENÁRIOS - DADOS ORIUNDOS DE SSP DATABASE

Conforme foi mencionado a análise das condições foi feita com recurso a sistemas de informação geográfica. A base da análise foi a aplicação de uma análise multicritério para cada espécie que espelhasse as condições de sobrevivência/produtividade de cada uma das espécies. Sendo espécies diferentes implicou a escolha de variáveis distintas; por exemplo, a temperatura média do trimestre mais quente é um fator limitativo para o pinheiro manso, mas não o é para a oliveira (Ferreira et al., 2001). Consequentemente, a construção dos critérios de análise obedeceu ao estabelecimento de um envelope

climático para cada espécie que pudesse espelhar as condições bioclimáticas. A aplicação da análise multicritério teve como resultado um mapa qualitativo de aptidão/viabilidade para cada espécie. Entenda-se que as condições verificadas são elementares do ponto de vista climático e têm como base os modelos climáticos, podendo evidentemente gerar alguma imprecisão. Ainda assim os modelos são extremamente complexos e consideram um conjunto de variáveis muito alargado; mais ainda, uma vez que a escolha incidiu sobre modelos com uma resolução espacial de 30 segundos, o que na prática significou estar a trabalhar com uma precisão de um pixel que corresponde sensivelmente a 600 metros no terreno. Os envelopes climáticos foram construídos com base em informação bibliográfica sendo a de referência o *Plano Específico de Ordenamento Florestal do Alentejo* (Ferreira et al., 2001). A informação disponível por vezes apresenta alguma incongruência, nomeadamente a nível das temperaturas suportadas. Para minorar esses efeitos a bibliografia foi cruzada (e.g. Vizinho et al., 2021) de forma a depurar valores que pareciam mais inverosímeis. Assim, foram considerados os valores apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - ENVELOPE CLIMÁTICO ESPÉCIES

Espécie	Precipitação		Temperatura				
	mínima (mm)	ideal (mm)	máxima (°C)	mínima (°C)	média ideal (°C)	máxima média (C°)	Media do mês mais quente (°C)
Azinheira	300	>500	39	-14	-	34	-
Sobreiro	450	>600	40	-5	15-19	32	-
Pinheiro Manso	300	>500	41	-19	10-18	32	-
Eucalipto	600	>700	40	-8	9-21	31	23
Oliveira	400	>500	45	-7	15-20	35	
Vinha	-	>500	35	-		33,5	25

As variáveis consideradas na Tabela 1 explicam-se da seguinte forma:

- **Precipitação mínima** - Precipitação mínima anual para a vegetação da espécie expressa em mm.
- **Precipitação ideal** - Intervalo de precipitação anual ótimo para a vegetação da cultura expressa em mm.
- **Temperatura máxima** - Temperatura máxima limite para os processos fisiológicos da espécie expressa em °C.
- **Temperatura mínima** - Temperatura mínima limite para os processos fisiológicos da espécie expressa em °C.
- **Temperatura média ideal** - Intervalo de temperatura média ideal para vegetação das espécies expressa em °C.
- **Temperatura máxima média** - Temperatura máxima média em que a produtividade é viável expressa em °C.
- **Temperatura média do mês mais quente** - Temperatura média do mês mais quente em que a produtividade é viável expressa em °C.

3.2.2 Espécies, variáveis bioclimáticas e análise multicritério

Os critérios para cada espécie foram adaptados de acordo com as exigências de cada uma delas. Desta forma, as variáveis utilizadas variaram para cada espécie, sendo que em alguns casos foram utilizadas três variáveis bioclimáticas e noutros casos quatro variáveis bioclimáticas. O resultado da aplicação ficou expressa numa escala qualitativa de aptidão produtiva com quatro níveis, sendo estas: inviável, baixa, moderada ou alta. A avaliação resulta da presença/ausência de critérios (valores das variáveis bioclimáticas). Para obter resultados comparáveis foram estabelecidos para cada espécie pesos diferentes de cada variável tendo em conta as limitações identificadas na literatura para cada espécie. O objetivo não foi contruir uma fórmula matemática, mas sim um padrão de leitura que permitisse ter representatividade cartográfica; isto é, apesar do peso diferente de cada variável o que verdadeiramente determina a avaliação da aptidão é a presença ou ausência da condição (valor da variável bioclimática estar dentro dos valores de aptidão produtiva), seja ela a nível de precipitação ou da temperatura (Tabela 2).

TABELA 2 - VARIÁVEIS BIOCLIMÁTICAS POR ESPÉCIE

Espécies	Variáveis bioclimáticas
Azinheira	1*BIO12 >= 500 1; 0,5*BIO5<= 34; 0,5*BIO18 >=25
Sobreiro	1*BIO12 >= 575 1; 0,5*BIO5<= 32; 0,5*BIO18 >=25
Pinheiro Manso	0,5*BIO1<=18; 0,5*BIO5<=32;0,5*BIO6 >=6;0,5*BIO12 >= 500
Eucalipto	0,75*BIO12>=600; 0,75*BIO05<=31;0,5*Bio10<=23
Oliveira	1*BIO12>=500; 0,5*BIO5<= 35; 0,5*BIO18>=25
Vinha	0,75*BIO12>=500;0,75*BIO5<= 33,5;05*BIO10<= 25

A análise multicritério de cada espécie será sucedida de uma interpretação, onde se explicam quais os fatores mais limitantes, permitindo avaliar se, por exemplo em condições de regadio, uma cultura continua a ser viável ou se a evolução climática será de tal forma acentuada que pode vir a significar o abandono de determinada cultura. Esta avaliação remeterá sempre que seja relevante para uma avaliação de acordo com as áreas determinadas, principalmente quando exista algum nível de especialização que possa ser particularmente afetado (*e.g.* vinha em Reguengos de Monsaraz).

3.2.3 A área de estudo – enquadramento, zonamento caracterização

A aplicação da metodologia de trabalho permite avaliar não só a evolução das variáveis ao longo do tempo dentro do que é a perspetiva dos modelos, como permite

perceber a diferença entre modelos. A ideia de base é construir uma leitura dinâmica em termos temporais e em termos espaciais que permita aferir a evolução potencial do território e das culturas nele existentes. A preocupação de base é com a condição de existência das culturas existentes no Alentejo Central, a área de estudo, algumas delas com um peso determinante na organização económicas das comunidades locais, desde logo as vinhas nas sub-regiões de Évora, Reguengos, Redondo e Borba; os povoamentos de sobreiro espalhados pela área de estudo mas mais frequentes nas áreas oeste e norte da mesma; os povoamentos de azinho que animam a existência de uma economia associada ao porco de montanheira; os pinhais de pinheiro manso no oeste da área de estudo; os olivais tradicionais associados a aldeias e vilas, mas também nas herdades, que para além de serem um elemento da agricultura de subsistência e de *hobby*, continuam a ter importância económica e cultural com azeites de cooperativa de elevada expressão, como é o "Azeite São Pedro" na Serra do Mendro (Portel). Desta forma, surgiu a necessidade de identificar as culturas com o território e como tal foram configuradas nove áreas distintas que de alguma forma detêm uma certa unidade; a base de partida foram as unidades de paisagem, adaptadas à realidade da área de estudo e tendo em conta as condições orográficas, hidrográficas e de solo. Esta divisão procura deixar um elemento de intervenção futuro pois cada uma destas áreas também possui características climáticas particulares e distintivas relativamente a outras áreas da área de estudo.

A compreensão da influência do clima em determinado território impõe que se conheça o território. Desta forma, neste trabalho procurou fazer-se uma caracterização da área de estudo que trouxesse à evidência aquilo que podem ser diversos elementos que contribuem para o clima ou que podem em dialética com as condições climáticas influenciar as viabilidade e aptidão de culturas. Foram descritas as condições climáticas históricas, de acordo com as variáveis bioclimáticas em estudo, a orografia, a hidrografia, os tipos de solo e os usos e ocupação do solo.

4. Resultados

4.1. Área de estudo, áreas e caracterização

A avaliação prévia das condições do território onde se insere a área de estudo levou a que fosse considerada a utilidade de definir áreas especificas. Estas áreas de análise e intervenção (áreas AI) procuraram espelhar não só as condições do território, mas também atender às características heterogéneas das culturas e dos modelos culturais em análise. Ou seja, se por um lado o território tem características específicas, tais como o relevo, as condições edáficas ou a hidrografia, por outro lado, esse território nos seus usos e ocupações é também diversificado; sendo que muitas vezes as condições influenciam-se mutuamente criando contextos que partilham características prévias e de uso. A definição de áreas AI a partira da área de estudo decorreu da análise de caracterizações prévias expressas no estudo das unidades de paisagem. A área de estudo divide-se por diferentes unidades de paisagem (Cancela d'Abreu et al., 2004) : 86 – Charnecas do Tejo; 94 – Charnecas do Sado; 97 – Montados do Sado; Montados e Campos Abertos do Alentejo Central; 100- Maciço Calcário Borba-Estremoz-Vila Viçosa; 101 – Serra de Ossa; 102 – Terra de Alandroal e Terena; 103 – Serra de Monfurado; 104 – Campos Abertos de Évora; 105 – Campos Reguengos de Monsaraz; 106 – Albufeira de Alqueva e envolventes; 107 – Terras de Amareleja – Mourão; 108 – Terras de Viana – Alvito; 109 – Serra de Portel.

A criação das áreas AI partiu dessas unidades que depois de analisadas de acordo com os limites da área de estudo e tendo em conta especificidades do terreno resultaram na divisão em 9 áreas distintas (Figura 7):

- Charnecas do Alentejo Central
- Montados e campos da bacia do Sado
- Serra de Monfurado
- Montados e campos abertos do Alentejo Central
- Campos abertos de Évora e Reguengos
- Serra do Mendro
- Terras do Guadiana
- Serra de Ossa
- Maciço calcário

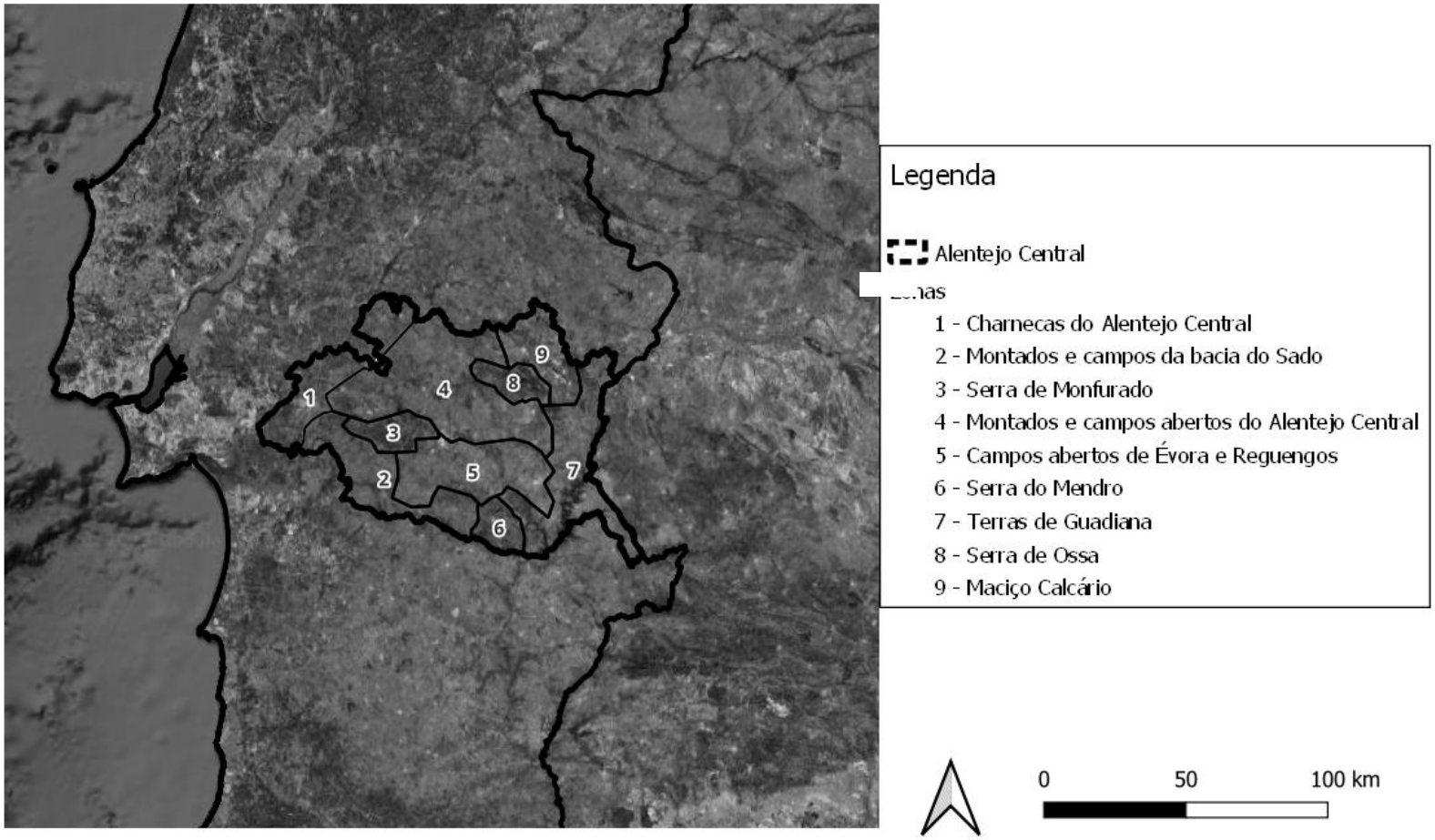

FIGURA 7 – ÀREAS DE ANÁLISE E INTERVENÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A caraterização das 9 áreas AI distintas é a seguinte:

- **Charnecas do Alentejo Central** – Esta área AI situada no Oeste e Noroeste da área de estudo tem características singulares ao nível edáfico, sendo maioritariamente composta por podzóis e alguns luvissolos gleizados nas imediações de Vendas Novas e Lavre. A nível da morfologia do terreno apresenta-se maioritariamente em planícies ou colinas suaves espelhando as baixas altitudes - 50m a 180m. As linhas de água mais importantes são a ribeira da Raia, rio Divor, ribeira de Lavre e ribeira da Marateca. Os usos do solo principais são: SAF de sobro, SAF de pinheiro manso com sobro, surgindo também algumas florestas de pinheiro manso, eucalipto – maioritariamente a Oeste – e por fim algumas áreas de regadio a Sul de Lavre e na envolvência de Mora-Cabeção. A nível climático a área tem variações internas quer ao nível da precipitação, quer ao nível das temperaturas, sendo que a área Sudoeste é mais amena e pluviosa do que a área Nordeste, existindo, portanto, uma variação no intervalo de valores no sentido SO-NE. (Tabela 3)

TABELA 3 - DESCRIÇÃO BIOCLIMÁTICA ÁREA 1 – CHARNECAS DO ALENTEJO CENTRAL

Variável Bioclimática	Valores
Precipitação	630mm-690mm
Temperatura média anual	16°C-17°C
Temperatura média do quartil mais frio	10°C-11,5°C
Temperatura média do quartil mais quente	22°C-23°C
Temperatura mínima do mês mais frio	5,5°C-7°C
Temperatura Máxima do mês mais quente	29°C-31,5°C

- **Montados e campos da Bacia do Sado –** Nesta área AI os luvissolos são dominantes com prevalência para os luvissolos gleizados álbicos, existindo apenas uma mancha de litossolos êutricos na região mais a Noroeste. Área maioritariamente plana ou de relevo pouco acentuado, sendo mais acidentada na confluência com as serras de Monfurado e do Mendro onde atinge as altitudes mais elevadas – 350m – sendo que a maioria do território se distribui entre os 140 e os 260m. A nível hidrológico, os cursos drenantes de maior importância são a ribeira de Odivelas, o Rio Xarrama, a ribeira das Alcáçovas, a ribeira de São Martinho e a ribeira da Marateca. Os usos do solo são maioritariamente agroflorestais, predominando as SAF de azinho no Sudeste, as SAF mistas de azinho e sobro na parte central e SAF de sobreiro na parte Noroeste onde existem alguns povoamentos florestais de sobreiro. Também se identificam algumas pastagens abertas a Sul das Alcáçovas e olival tradicional juntos das povoações. A nível de regadio apenas existem alguns regadios particulares com culturas temporárias. A nível climático existe uma tendência de amenização e de aumento de precipitação no sentido Este-Oeste, sendo também evidente a influência da altitude, condições que se resumem na Tabela 4.

TABELA 4 - DESCRIÇÃO BIOCLIMÁTICA ÁREA 2 – MONTADOS E CAMPOS DA BACIA DO SADO

Variável Bioclimática	Valores
Precipitação	570mm-700mm
Temperatura média anual	15,5°C-17°C
Temperatura média do quartil mais frio	9,5°C-11,5°C
Temperatura média do quartil mais quente	22°C-23°C
Temperatura mínima do mês mais frio	5°C-6,5°C
Temperatura Máxima do mês mais quente	29,5°C-32,5°C

- **Serra de Monfurado** – Esta área AI caracteriza-se pela presença de luvissolos órticos e de cambissolos eutricos – mais perto de Évora. A serra de Monfurado é uma das três principais elevações do Alentejo Central, distribuindo-se entre os 240m e os 440m de altitude. O terreno é relativamente acidentado e nesta serra nascem afluentes das ribeiras das Alcáçovas e Marateca e dos rios Divor e Xarrama. A principal ocupação de solo é agroflorestal com maior prevalência de SAF de sobreiro, mas com a presença de SAF mistas de sobro e azinho nos extremos Este e Oeste e também SAF de azinho. Existe uma importante mancha florestal de eucalipto no Sudeste da área. Em menor escala existem algumas vinhas e olivais bem como pastagens de sequeiro e pequenos regadios particulares. A proeminência serrana em relação ao território envolvente e a relativa proximidade ao mar fazem com que possua um clima mais temperado no Verão e mais pluvioso do que a maior parte do Alentejo Central, conforme se pode observar na Tabela 5 - Descrição bioclimática área 3 - Serra de Monfurado.

TABELA 5 - DESCRIÇÃO BIOCLIMÁTICA ÁREA 3 - SERRA DE MONFURADO

Variável Bioclimática	Valores
Precipitação	630mm-720mm
Temperatura média anual	15°C-16,1°C
Temperatura média do quartil mais frio	9,3°C-10,4°C
Temperatura média do quartil mais quente	21,5°C-23°C
Temperatura mínima do mês mais frio	4,8°C-6,7°C
Temperatura Máxima do mês mais quente	29°C-31,5°C

- **Montados e campos abertos do Alentejo Central –** Os solos desta área são maioritariamente luvissolos (órticos no Sudoeste, rondocrómicos ou Gleizados a Norte e vérticos no centro) existindo também uma importante presença de Cambissolos eutricos a Oeste. Área de altitude variável, entre os 100m e os 380m, ficando limitada pelas duas maiores elevações da região – Serra de Monfurado e Serra de Ossa. Tem algum relevo, estando distribuída por duas das três grandes bacias hidrográficas da região – Tejo e Guadiana. Os principais cursos drenantes são as ribeiras de Tera e de Lavre, e os rios Divor, Almansor e Degebe. É uma área com ocupação e uso do solo diversificados; predominando as SAF de sobro a Norte, SAF de azinho a Este. O centro é maioritariamente composto por campos abertos com pastagens ou culturas anuais. Existem três perímetros de rega públicos na área: Minutos, Divor e Vigia. Nestes perímetros de rega as culturas permanentes têm-se vindo a tornar maioritárias, sendo já quase exclusivas em grande parte dos perímetros, com especial relevância para olival. Existem importantes manchas de vinha em torno de Redondo, Freixo e S. Miguel de Machede, e algumas menos expressivas nas imediações de Arraiolos e Montemor-o-Novo. Surgem ainda áreas relevantes de olival tradicional em volta das povoações e em algumas propriedades de maior dimensão. Em termos climáticos, a descrição é a que se apresenta na Tabela 6.

TABELA 6 - DESCRIÇÃO BIOCLIMÁTICA ÁREA 4 - MONTADOS E CAMPOS DO ALENTEJO CENTRAL

Variável Bioclimática	Valores
Precipitação	580mm-695mm
Temperatura média anual	15,5°C-16,5°C
Temperatura média do quartil mais frio	9,3°C-11°C
Temperatura média do quartil mais quente	22°C-23°C
Temperatura mínima do mês mais frio	4,5°C-6,3°C
Temperatura Máxima do mês mais quente	30°C-32°C

- **Campos abertos de Évora e Reguengos -** Os solos predominantes são luvissolos (vérticos, órticos e férricos) com uma mancha de cambissolos eutricos no extremo Este. Área pouca acidentada, distribuindo-se maioritariamente entre os 160m e os 250m, excetuando o extremo Nordeste, onde tem uma orografia mais acidentada que atinge os 310m de altitude. Os principais cursos drenantes são a ribeira de Peramanca e o rio Xarrama da bacia do rio Sado e a ribeira da Azambuja e o rio Degebe da bacia do Guadiana. Os usos e ocupação do solo são diversificados, estando marcados pela existência de dois perímetros de rega Monte Novo e Vigia onde se tem desenvolvido uma forte componente monocultural de olival e amendoal. A Oeste predomina a agricultura de sequeiro (pastagens ou culturas anuais) entrecortadas por alguns regadios particulares. No Norte e Nordeste da área predominam as SAF de azinho, com pequenas manchas de sobro em torno de Santiago Maior. Em termos climáticos esta área é marcadamente quente e menos pluviosa, com uma variação Oeste-Este (Tabela 7). Sendo que o vale do Xarrama atinge das temperaturas mais altas da região e do país.

TABELA 7 - DESCRIÇÃO BIOCLIMÁTICA ÁREA 5 - CAMPOS ABERTOS DE ÉVORA E REGUENGOS

Variável Bioclimática	Valores
Precipitação	550mm-640mm
Temperatura média anual	15,5°C-16,5°C
Temperatura média do quartil mais frio	9,7°C-10,5°C
Temperatura média do quartil mais quente	22°C-23°C
Temperatura mínima do mês mais frio	4,6°C-5,8°C
Temperatura Máxima do mês mais quente	31°C-32,6°C

Serra do Mendro – Esta área tem uma composição edáfica em que são exclusivos os luvissolos – férricos, rondocrómicos e órticos. A Serra do Mendro ou de Portel, é acidentada e apesar da sua reduzida dimensão varia entre os 150m e os 420m de altitude. A serra é drenada pelas ribeiras de Oriola/Odivelas, Marmelar e Cagavai. O uso do solo é dividido por grandes manchas de olival tradicional nas cotas mais baixas nas imediações de Portel e Vera Cruz; SAF e florestas de sobreiro a Oeste e Sudoeste e SAF mistas de sobreiro e azinho na restante área. Existem alguns povoamentos de pinheiro manso. Em termos climáticos as variações são maioritariamente decorrentes da altitude, existindo, porém, valores de precipitação mais elevados nas vertentes viradas a Oeste e Noroeste devido ao efeito barreira da serra em relação às massas de ar oceânicas (Tabela 8)

TABELA 8 - DESCRIÇÃO BIOCLIMÁTICA ÁREA 6 - SERRA DO MENDRO

Variável Bioclimática	Valores
Precipitação	550mm-630mm
Temperatura média anual	15,5°C-16,4°C
Temperatura média do quartil mais frio	9,5°C-10,3°C
Temperatura média do quartil mais quente	22,4°C-23,2°C
Temperatura mínima do mês mais frio	4,7°C-5,5°C
Temperatura Máxima do mês mais quente	31,2°C-31,9°C

- **Terras de Guadiana** – A maior parte da área é composta por litossolos, existindo algumas manchas de luvissolos na área de Mourão e também Portel. É uma área acidentada, com alguns vales profundos e escarpados - Degebe e Lucefécit – e com picos com alguma proeminência. A altitude varia entre os 100m

e os 400m. Área muito influenciada pelo rio Guadiana e pela Albufeira de Alqueva, sendo drenada quer para o rio quer para a albufeira pelas ribeiras da Asseca, Pardais, Azével, Pega, Lucefécit e Álamo e pelo rio Degebe. Parte considerável da área é ocupada pela Albufeira de Alqueva, sendo o outro uso do solo dominante as SAF de Azinheira, existem também áreas de olival tradicional – Amieira, Alqueva, Mourão, Monsaraz e Alandroal; vinha – Granja, Mourão e Alandroal. Existem ainda áreas ocupadas por culturas anuais de Outono/Inverno. Em termos climáticos é a área com menores níveis de pluviosidade, principalmente a Sul junto de Mourão/Granja, e também a mais quente também na envolvência de Mourão/Granja. Admite-se, porém algum efeito de termalização da albufeira. Em termos climáticos, a descrição é a que se apresenta na Tabela 9.

TABELA 9 . DESCRIÇÃO BIOCLIMÁTICA ÁREA 7 - TERRAS DE GUADIANA

Variável Bioclimática	Valores
Precipitação	520mm-590mm
Temperatura média anual	15,3°C-16,7°C
Temperatura média do quartil mais frio	9,5°C-11°C
Temperatura média do quartil mais quente	22°C-23,7°C
Temperatura mínima do mês mais frio	4,6°C-6°C
Temperatura Máxima do mês mais quente	31°C-33°C

- **Serra de Ossa –** Esta área é composta exclusivamente por litossolos. A serra de Ossa é a serra que atinge a maior altitude em todo o Alentejo Central, chegando aos 640 m de altitude e variando entre esse valor e os 210m. É um

território relativamente acidentado e que apresenta pouca variação em termos de ocupação e uso do solo. Existe uma grande mancha florestal de eucalipto em toda a sua vertente Este e Nordeste; a Oeste e a Sudoeste prevalecem as SAF e principalmente florestas de sobreiro. Nas vertentes a Sul e Sudeste, entre a Aldeia da Serra e o Redondo aparecem vinhas. Por fim, existe também uma forte presença de olival tradicional junto de Évoramonte e da Aldeia da Serra. A serra de Ossa esta na origem de várias linhas de água: ribeiras de Têra, Canal, Fargela, Calado, Seca, São Bento, Palheta, Freixo, Piscina e Lucefécit. Em termos climáticos a Serra proporciona condicionantes microclimáticas de amenização no Verão e a nível da precipitação, havendo variação com a altitude e também no sentido Sudeste-Noroeste. Os valores bioclimáticos desta área são os que se apresentam na Tabela 10.

TABELA 10 - DESCRIÇÃO BIOCLIMÁTICA ÁREA 8 - SERRA DE OSSA

Variável Bioclimática	Valores
Precipitação	580mm-715mm
Temperatura média anual	14,5°C-16°C
Temperatura média do quartil mais frio	8,5°C-10,2°C
Temperatura média do quartil mais quente	21,6°C-22,8°C
Temperatura mínima do mês mais frio	4,4°C-5,4°C
Temperatura Máxima do mês mais quente	29,3°C-31,3°C

- **Maciço calcário –** A área tem duas componentes edáficas distintas. O maciço Calcário, propriamente dito, tem luvissolos rondocrómicos cálcicos, enquanto a

peneplanície situada a norte tem luvissolos férricos. É uma área com altitude variável entre os 210 e os 515m de altitude, tendo, porém, um relevo relativamente suave sem vertentes declivosas. As cotas mais baixas encontram-se na peneplanície a Norte. A área divide-se pelas bacias do Tejo e do Guadiana; sendo que da primeira fazem parte as ribeiras de Ana Loura, Sousel, Alcaravissa, Têra e seus afluentes; enquanto da bacia do Guadiana fazem parte as ribeiras de Lucefecit, Pardais, Borba, São Francisco e Asseca. Nas áreas de maior altitude do maciço Calcário assim como na envolvência das povoações predominam os olivais tradicionais. A meia encosta nas imediações de Borba e Estremoz é ocupada por vinhas. Existem algumas manchas florestas de azinho a Sudeste e SAF de sobreiro e/ou azinheira na envolvência da Glória. Na peneplanície prevalecem os usos agroflorestais – SAF mistos e de azinheira e as culturas temporárias de sequeiro. Em termos climáticos devem considerar-se fatores como a altitude e a interioridade para explicar as variações existentes – existindo uma variação no sentido Sudeste-Noroeste (Tabela 11).

TABELA 11 - DESCRIÇÃO BIOCLIMÁTICA ÁREA 9 - MACIÇO CALCÁRIO

Variável Bioclimática	Valores
Precipitação	570mm-690mm
Temperatura média anual	14,9°C-15,9°C
Temperatura média do quartil mais frio	8,8°C-10°C
Temperatura média do quartil mais quente	21,8°C-22,8°C
Temperatura mínima do mês mais frio	4,4°C-5,2°C
Temperatura Máxima do mês mais quente	30°C-31,4°C

4.2. Cenários climáticos e clima do futuro no Alentejo Central

A modelação climática tem-se tornado mais complexa e, espera-se que mais realista em relação ao que serão as condições de clima no futuro. Estes modelos de nova geração, do CMIP6, sugerem condições mais gravosas do que os seus antecessores para os mesmos cenários de emissões. A previsão é de que as condições atuais a nível de emissões e de implementação – ou não – de políticas que façam regredir a concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera farão com que o planeta esteja 2,7°C mais quente em 2100 (Secretariado - Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement, 2021). Os cenários trabalhados SSP1-2.6 e SSP2-4.5, na média de simulações dos diferentes modelos do CMIP6 (Hausfather, 2019), estão próximos dos 2°C e dos 3°C respetivamente. Os valores apresentados (Figura 8) estão abaixo ou muito pouco acima do que serão as condições prováveis do clima futuro. Estes valores, referentes às variáveis bioclimáticas que foram consideradas para a análise de viabilidade das espécies, procuram descrever aquilo que é a evolução desde uma situação histórica (1971-2000) considerando dois períodos distintos em cada um dos dois cenários. Desta forma, procura entender-se também as consequências que a diferença de 1°C pode ter na complexidade cultural-económica do território em análise.

O território do Alentejo Central, sofrerá, qualquer que seja o cenário, uma diminuição da precipitação, quer anual quer estival. Desta forma, prevê-se não só que a disponibilidade hídrica seja menor como que o período seco seja mais prolongado. Considerando toda a região, a área com precipitação mais baixa, situada no vale do Guadiana e na envolvência de Mourão, entre 1971 e 2000 tinha uma precipitação média anual de cerca de 520mm, existindo um gradiente de aumento desta precipitação no sentido Noroeste, com influência da altitude. Por outro lado, as precipitações mais elevadas encontravam-se no Noroeste da região, nos concelhos de Montemor, Vendas Novas, Arraiolos e nos pontos mais elevados da Serra de Ossa, a precipitação máxima histórica modelada ocorreria na serra de Monfurado onde atingiria os 720mm anuais. A modelação baseada no cenário SSP1-2.6 prevê que este intervalo de 520mm-720mm, passe a ser de 485mm-671mm no período 2041-2060, e de 461mm-633mm para o período de 2081-2100, portanto uma diminuição de mais de 11% no mínimo do intervalo e de 12 % no máximo do intervalo. Já a modelação para o cenário SPP2-4.5 prevê

intervalos de 482mm-665mm para o período de 2041-2060, e de 477mm-661mm para o intervalo de 2081-2100. Isto significará uma diminuição de 8% tanto no mínimo como no máximo do intervalo. Toda a região, e como tal todas as áreas definidas, sofrerão uma diminuição de precipitação sendo, todavia, de salientar que grande parte da área Terras de Guadiana e também parte da Serra do Mendro ficarão abaixo dos 500mm no ano de 2100.

A precipitação do período estival – trimestre mais quente – também diminui de forma acentuada apesar de nesse período do ano a precipitação histórica ser também bastante baixa (Figura 9 - Precipitação estival - Normal histórica - SSP1-2.6 - SSP2-4.). Assim para o período histórico (1971-2000) temos uma precipitação de 29mm – 45mm, para o cenário SSP1-2.6 no período de 2041-2060 uma precipitação de 24mm-36mm e para o cenário SSP1-2.6 no período de 2081-2100 uma precipitação de 25mm-37mm, o que corresponde a uma diminuição de sensivelmente 17% até 2100. Relativamente ao cenário SSP2-4.5 no período de 2041-2060 o intervalo de precipitação previsto é de 24mm-36mm e para o cenário SSP2-4.5 no período de 2081-2100 uma precipitação de 22mm-34mm, neste caso a variação em 2100 será de 24%.

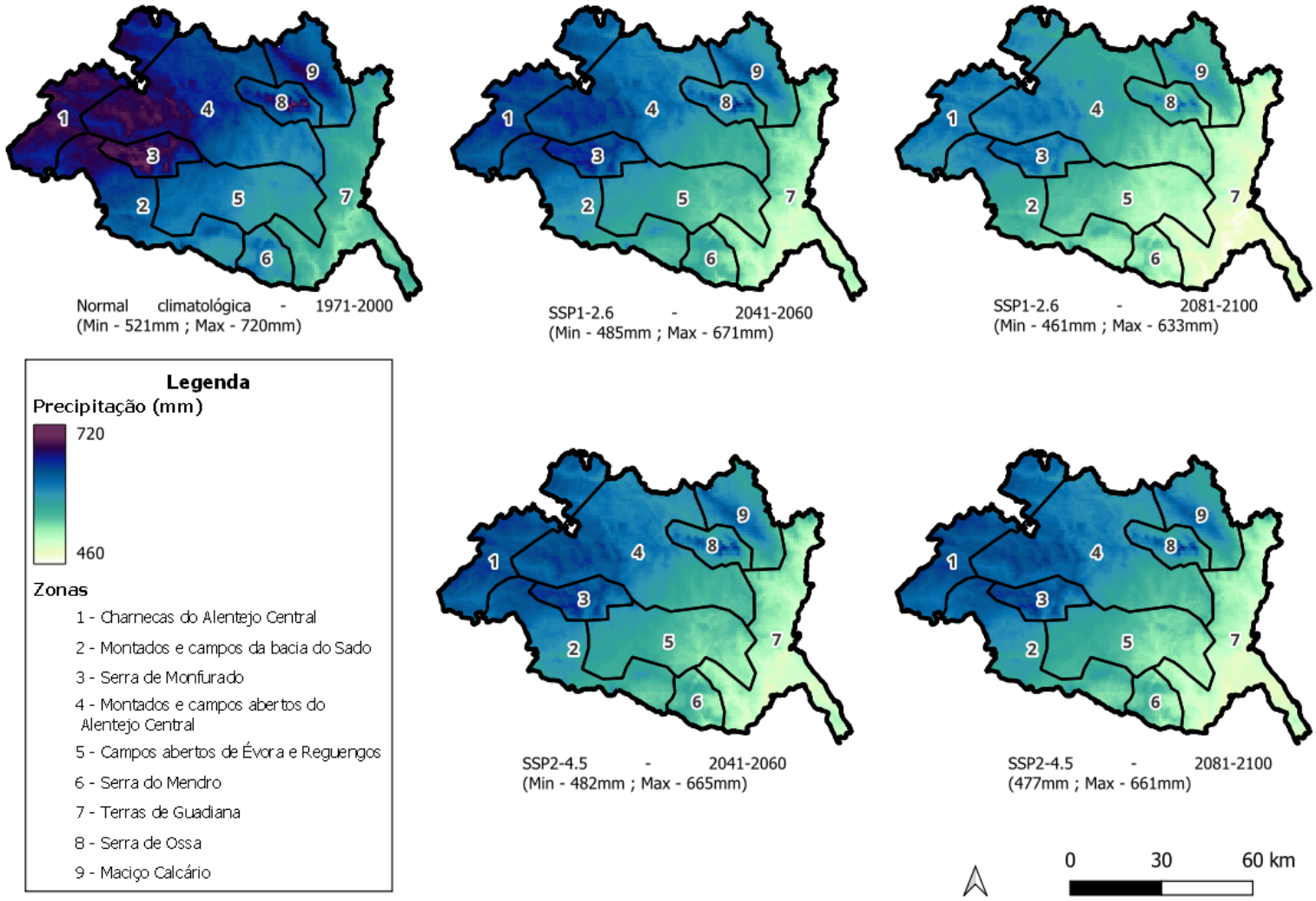

FIGURA 8 - PRECIPITAÇÃO - NORMAL HISTÓRICA - SSP1-2.6 - SSP2-4.5

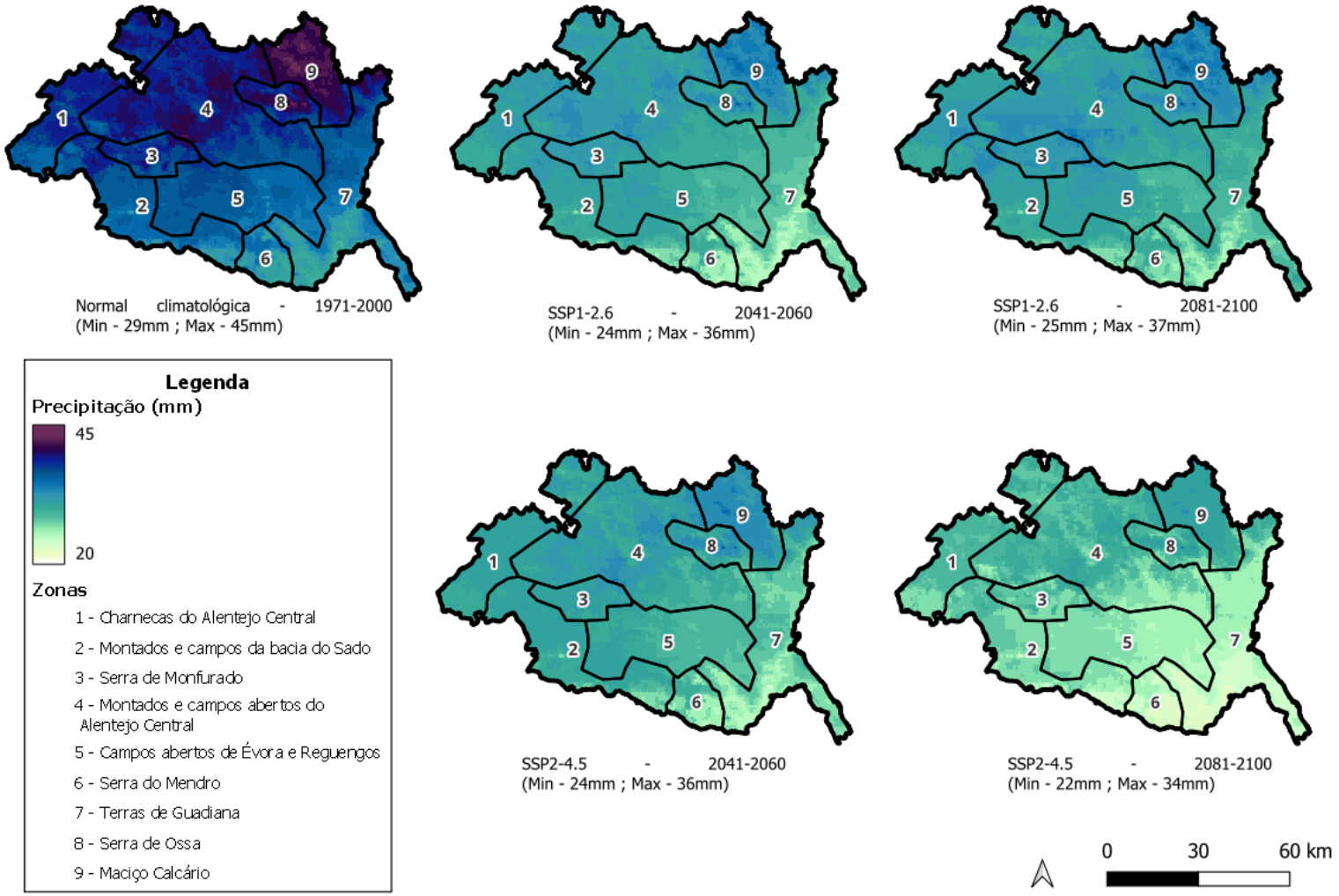

FIGURA 9 - PRECIPITAÇÃO ESTIVAL - NORMAL HISTÓRICA - SSP1-2.6 - SSP2-4.

A evolução da temperatura decorrerá de forma inversa àquela prevista para precipitação. Em todos os cenários a temperatura aumenta e aumenta também em todas as variáveis bioclimáticas referentes à temperatura. Desde logo, a temperatura média anual que no período histórico (1971-2000) variava na região entre os 14,6°C, na serra de Ossa, e os 16,4, nos extremos Oeste e Sudeste da área de estudo, deverá atingir valores entre os 16,2°C e 18,3°C no período 2041-2060 e entre os 16,4°C e os 18,5°C no cenário SSP1-2.6. Já o cenário SSP2-4.5 prevê temperaturas de 16,4°C-18,5°C no período 2041-2060 e 17,4°C-19,6°C no período 2081-2100 (Figura 10).

Já no trimestre mais quente, a temperatura média sofrerá um aumento mais pronunciado do que no global anual (Figura 11), passando de um intervalo 21,6°C-23,8ªC (1971-2000), para segundo o SSP1-2.6 intervalos de 23,8°C-26,3°C (2041-2060) e 23,9°C-26,4°C (2081-2100) e segundo o SSP2-4.5 para intervalos 23,8°C-26,4°C (2041-2060) e 25°C-27,9°C (2081-2100).

As temperaturas máximas do mês mais quente sofrerão um aumento também muito pronunciado (Figura 12). Passando de um intervalo 29,1°C-33°C no período histórico para 31°C-35,8°C no período 2041-2060 e 31,2°C-36,2 no período 2081-2100 segundo o SSP1-2.6 ou 31,1°C-35,8°C no período de 2041-2060 e 32,4°C-37,3°C no período 2081-2100 segundo o SSP2-4.5.

As temperaturas mínimas do mês mais frio têm uma tendência de subida mais suave do que no global anual ou no período estival (Figura 13). No período histórico as temperaturas modeladas situam esta variável no intervalo 4,4°C-6,9°C, enquanto no SSP1-2.6 estes valores passam para 4,9°C-7,5°C no período 2041-2060 e 5°C-7,7°C no período de 2081-2100. No cenário SSP2-4.5 as temperaturas previstas para o período de 2041-2060 são de 5,2°C-7,9°C e para o período 2081-2100 de 6,2°C-8,7°C.

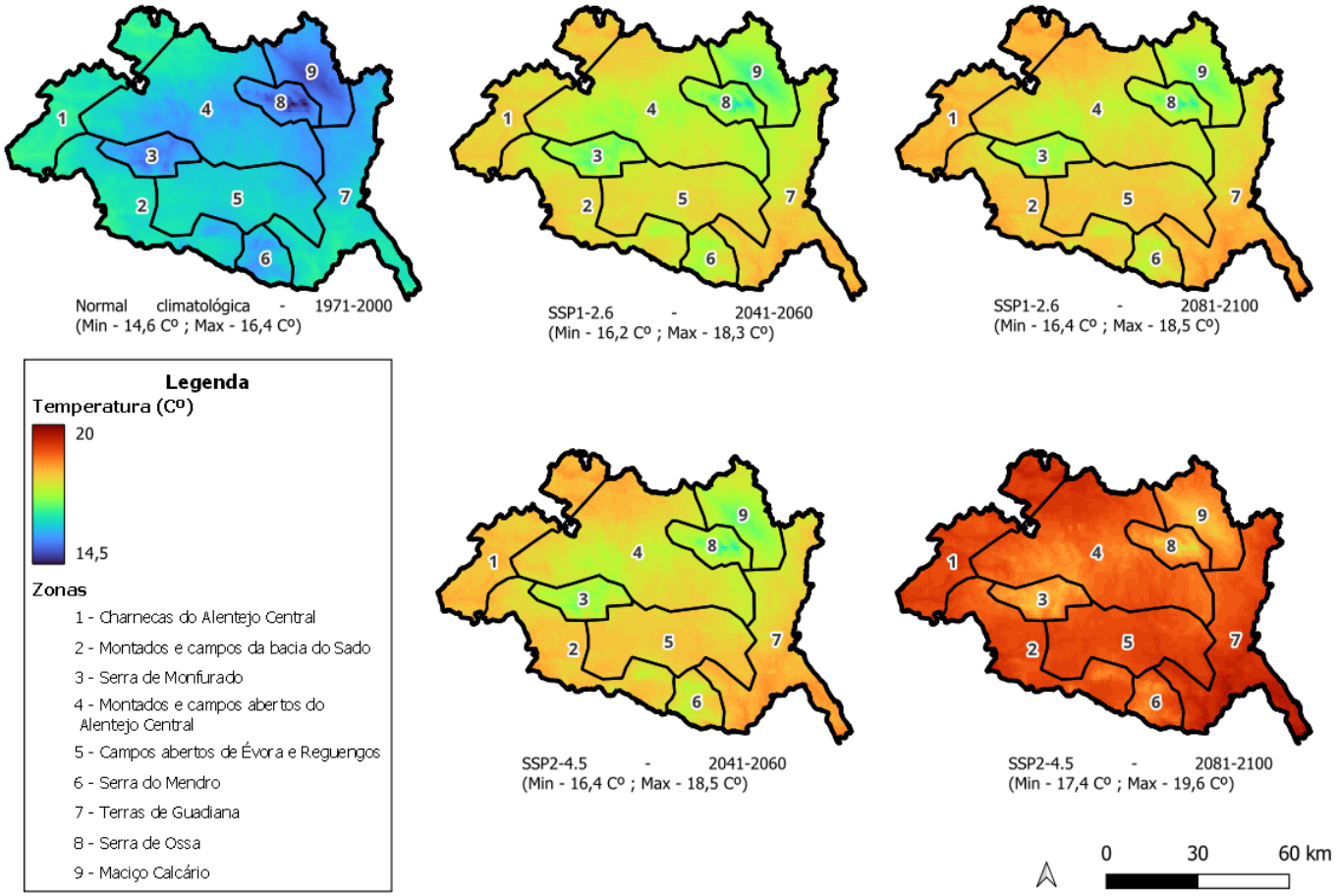

FIGURA 10 - TEMPERATURA MÉDIA – NORMAL HISTÓRICA; SSP1-2.6 (2041-2060; 2081-2100); SSP2-4.5 (2041-2060; 2081-2100)

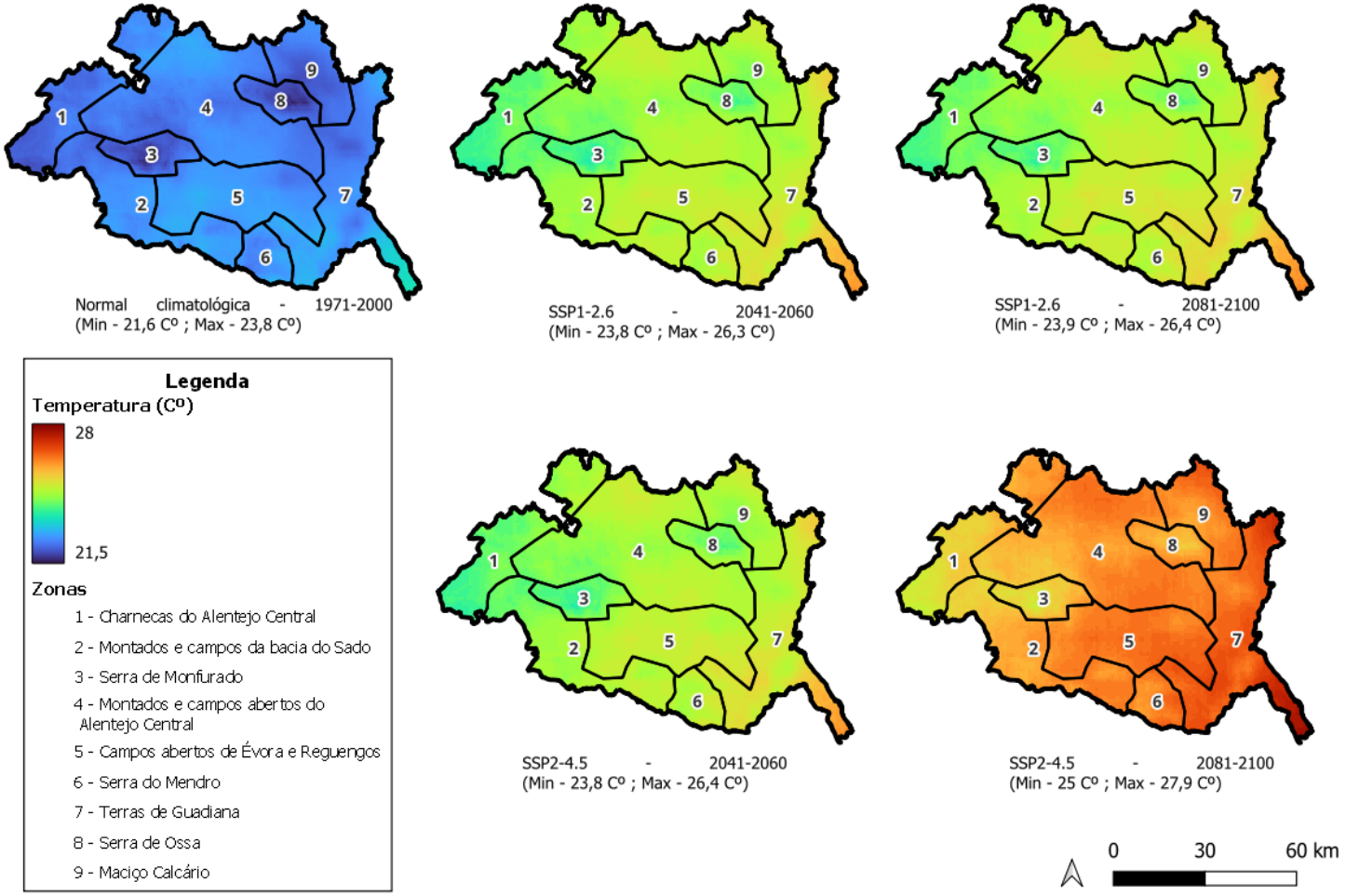

FIGURA 11 - TEMPERATURA MÉDIA TRIMESTRE MAIS QUENTE – NORMAL HISTÓRICA; SSP1-2.6 (2041-2060; 2081-2100); SSP2-4.5 (2041-2060; 2081-2100)

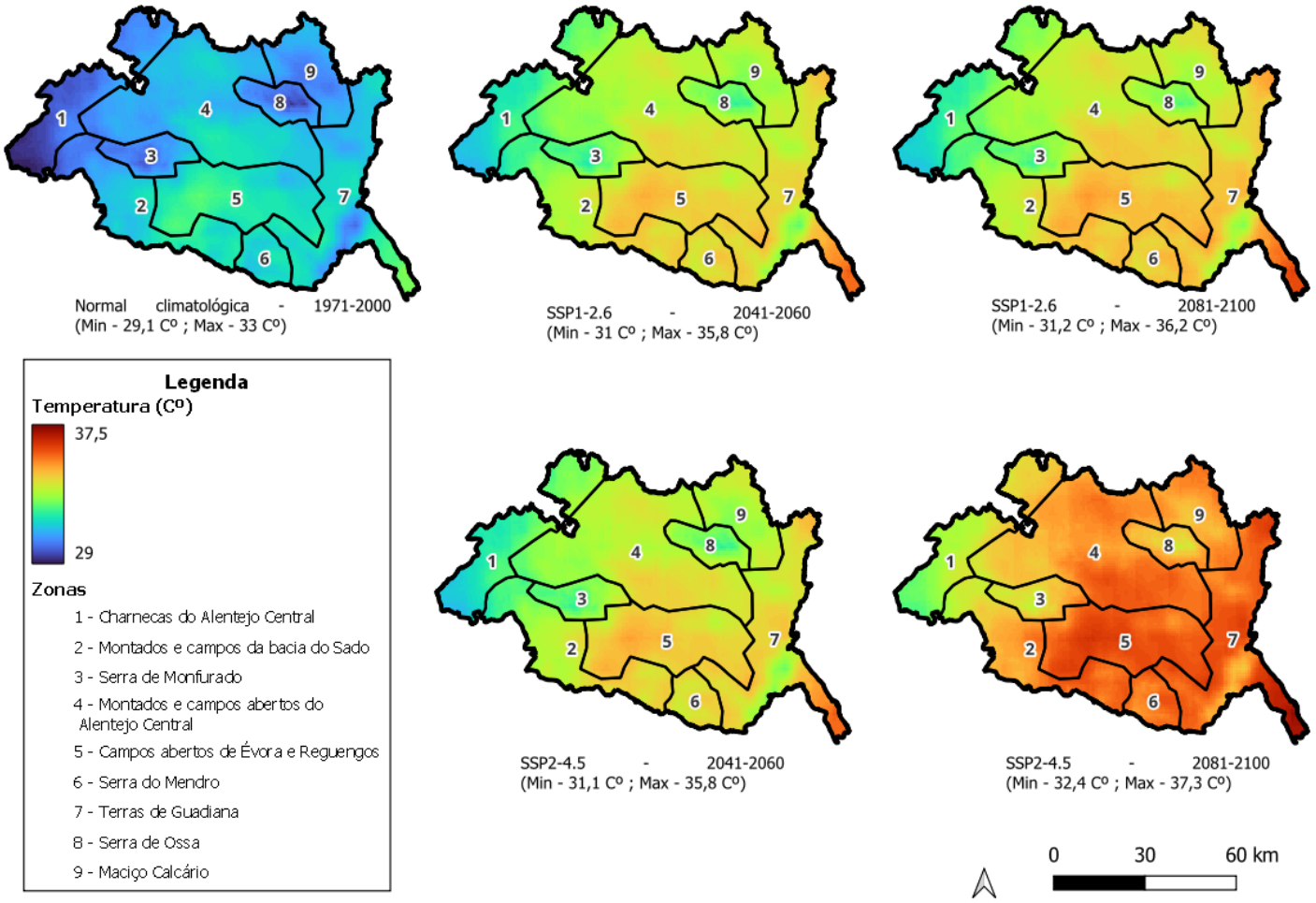

FIGURA 12- TEMPERATURA MÁXIMA DO MÊS MAIS QUENTE - NORMAL HISTÓRICA; SSP1-2.6 (2041-2060; 2081-2100); SSP2-4.5 (2041-2060; 2081-2100)

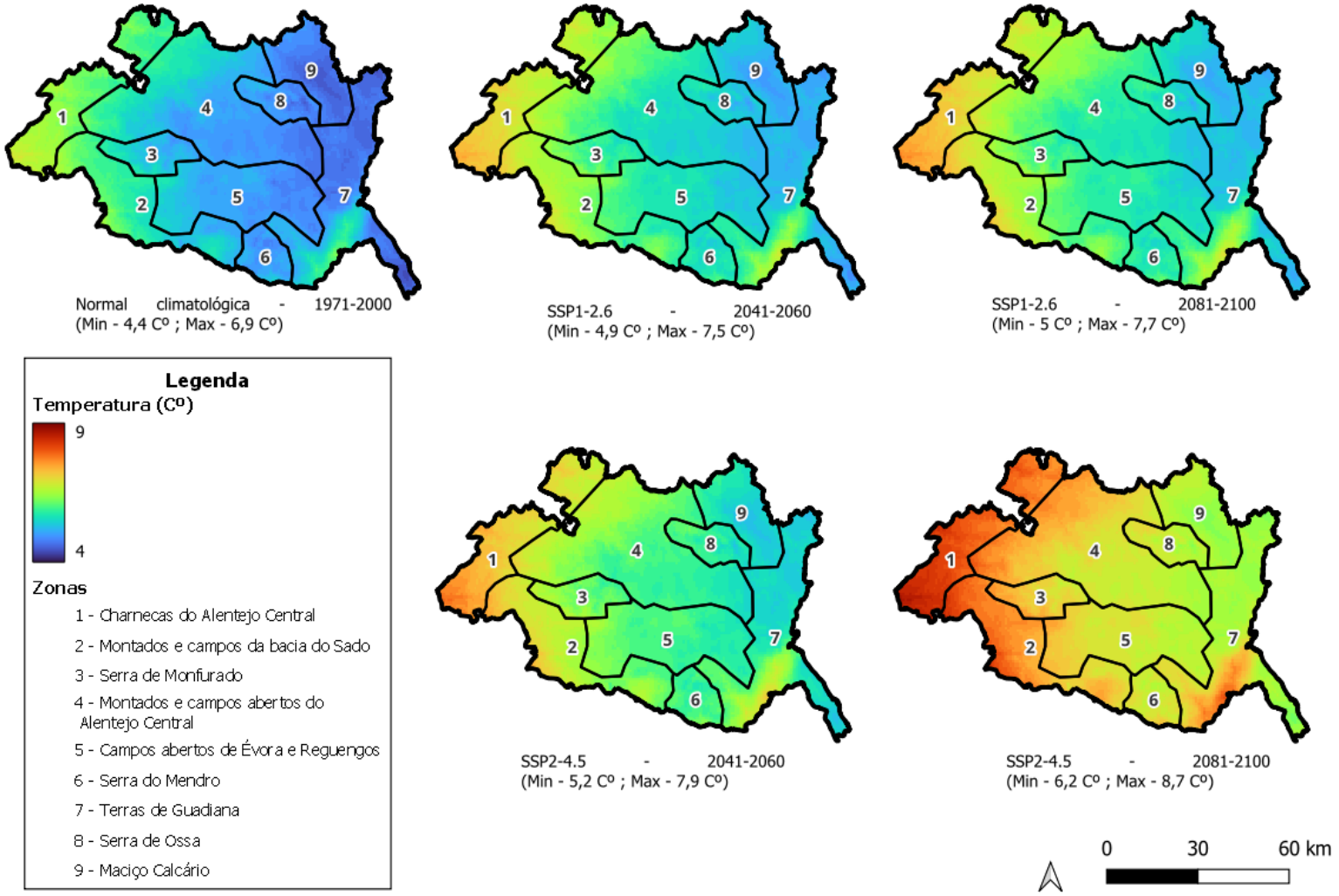

FIGURA 13 - TEMPERATURA MÍNIMA DO MÊS MAIS FRIO - NORMAL HISTÓRICA; SSP1-2.6 (2041-2060; 2081-2100); SSP2-4.5 (2041-2060; 2081-2100)

4.3. Viabilidade bioclimática de espécies lenhosas no Alentejo Central – análise multicritério

4.3.1 Azinheira

A viabilidade produtiva da azinheira (Figura 144) será afetada pela evolução das condições climáticas. Considerando as condições históricas (1971-2000), todo o território do Alentejo Central se poderia considerar com sendo de **alta** viabilidade produtiva. Tendo em conta as condições previstas no cenário SSP1-2.6 esta viabilidade produtiva será afetada em ambos os períodos temporais em estudo. No que diz respeito ao período de 2041-2060, apenas as áreas da Charnecas (1), Monfurado (3) e serra de Ossa (8), se mantêm com **alta** viabilidade, o restante território passará para uma condição de **moderada** viabilidade. O período 2081-2100, apresenta uma perspetiva um pouco mais gravosa com uma área considerável das Terras de Guadiana a ficarem numa condição de **inviabilidade** mantendo-se o restante território na mesma condição existente no período de 2041-2060. No que diz respeito ao cenário SSP2-4.5, as condições para o período 2041-2060 são idênticas às do mesmo período no cenário SSP1-2.6. Já o período 2081-2100 prevê uma quase inexistência de áreas com viabilidade **alta,** apenas o extremo sudoeste da Charneca (1), com quase todo o território a apresentar uma viabilidade moderada à exceção de uma área na serra do Mendro (6) confinante com uma pequena área com os montados e campo da bacia do Sado (2) com viabilidade **baixa**. Existe também uma área nas Terras de Guadiana considerada **inviável.**

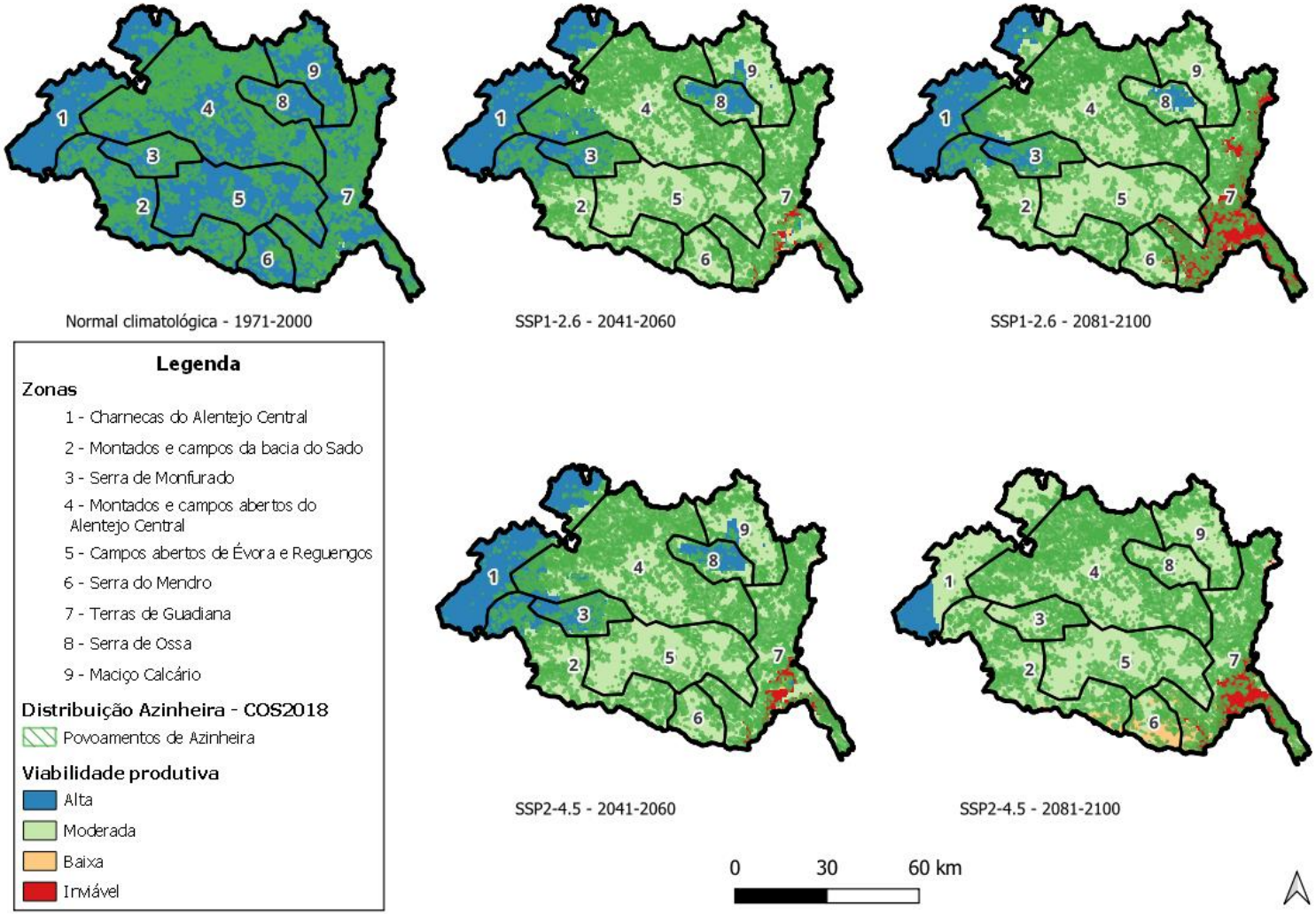

FIGURA 14 - VIABILIDADE PRODUTIVA AZINHEIRA - ANÁLISE MULTICRITÉRIO - HISTÓRICA; SSP1-2.6 (2041-2060; 2081-2100); SSP2-4.5 (2041-2060; 2081-2100)

4.3.2 Eucalipto

O eucalipto é uma cultura cuja presença no Alentejo central se concentra em algumas bolsas. Historicamente (1971-2000) as áreas com viabilidade **alta** são na serra de Ossa (8), Monfurado (3), Charneca (1) e o Maciço calcário (9) (Figura 15). A faixa central de Norte a Sul da região apresentava uma viabilidade **moderada** enquanto a área oeste da região apresentava-se como **inviável**. No cenário SSP1-2.6 as condições de viabilidade serão muito mais gravosas, sendo que para o período 2041-2060 todo Sul e Este da região serão inviáveis, com exceção dos pontos mais altos da serra de Ossa (8) e do Maciço Calcário (9) que tal como o Noroeste da região apresentarão uma viabilidade **baixa**. Já para o período de 2081-2100 quase toda a região será **inviável**, surgindo com baixa produtividade apenas a serra de Monfurado (8) e algumas partes dos montado e campos aberto do Alentejo Central (4) e da Charneca (1). No cenário SPP2-4.5 a situação é muito idêntica para os dois períodos sendo quase semelhante ao que se prevê no cenário SSP1-2.6 para o período 2041-2060.

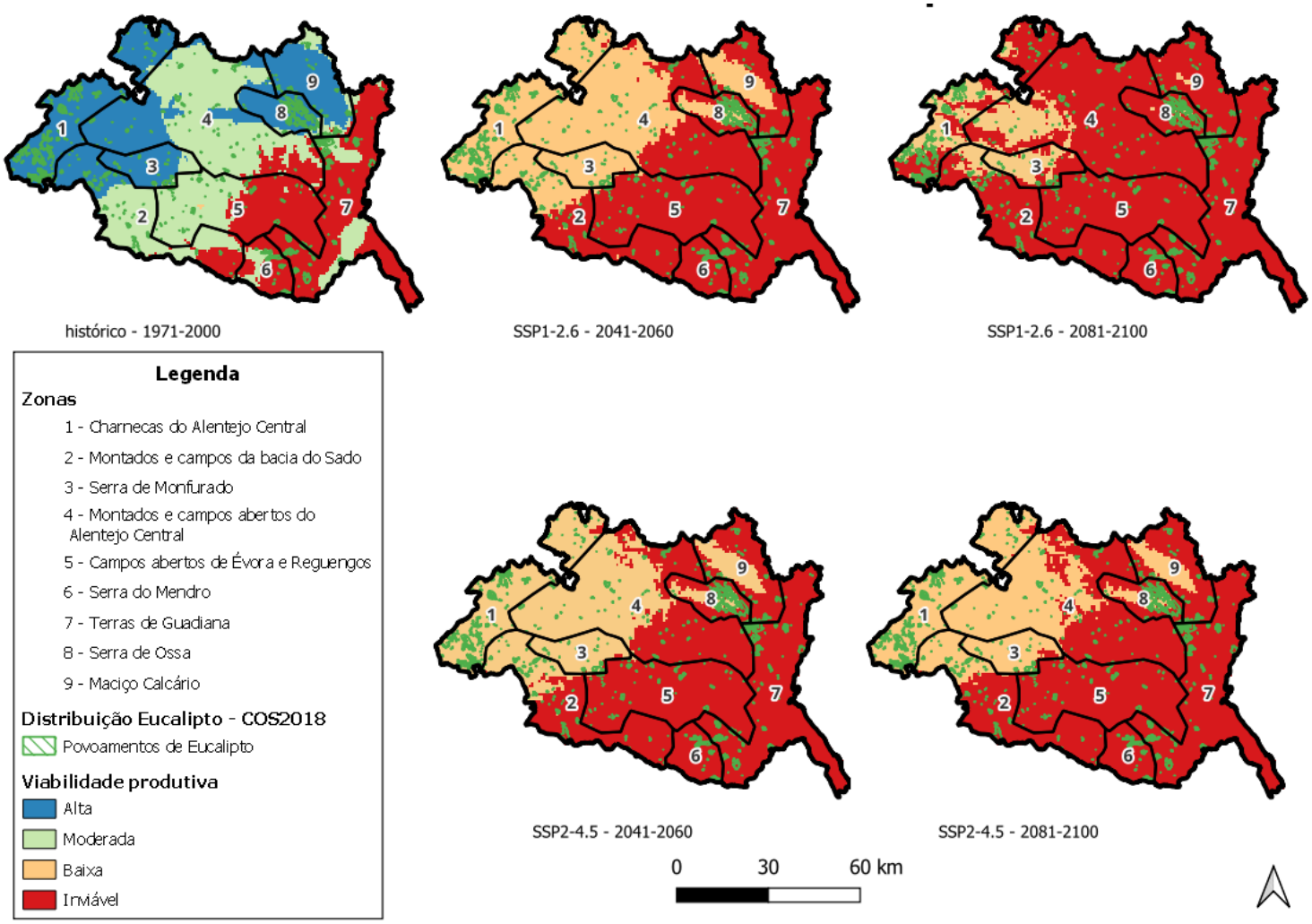

FIGURA 15 - VIABILIDADE PRODUTIVA EUCALIPTO - ANÁLISE MULTICRITÉRIO - HISTÓRICA; SSP1-2.6 (2041-2060; 2081-2100); SSP2-4.5 (2041-2060; 2081-2100)

4.3.3 Oliveira

As condições bioclimáticas foram historicamente bastante favoráveis para o cultivo da Oliveira. De acordo com os dados para o período histórico toda a área do Alentejo Central tinha uma viabilidade produtiva **alta** (Figura 16)**.** Esta situação manter-se-á quase inalterada no cenário SSP1-2.6, existindo, todavia, uma alteração na área Terras de Guadiana em que previsivelmente no período 2081-2100 ficará com baixa viabilidade para a cultura da espécie, sendo que na parte a Sul da albufeira de Alqueva esta cultura poderá mesmo ser **inviável.** Já no cenário SSP2-4.5 a viabilidade manter-se-á dentro dos mesmos patamares no período 2041-2060, mas sofrerá alterações no período 2081- 2100. Neste período a penas a parte Oeste do Alentejo Central e as áreas da serra de Ossa e do Maciço Calcário (9) manterão uma **alta** viabilidade produtiva, tornando a parte Sudeste da área Terra de Guadiana (7) **inviável** ou com viabilidade **baixa** assim como a serra do Mendro (6) que terá **baixa** viabilidade. A restante área ficará dentro um nível de viabilidade **moderada**.

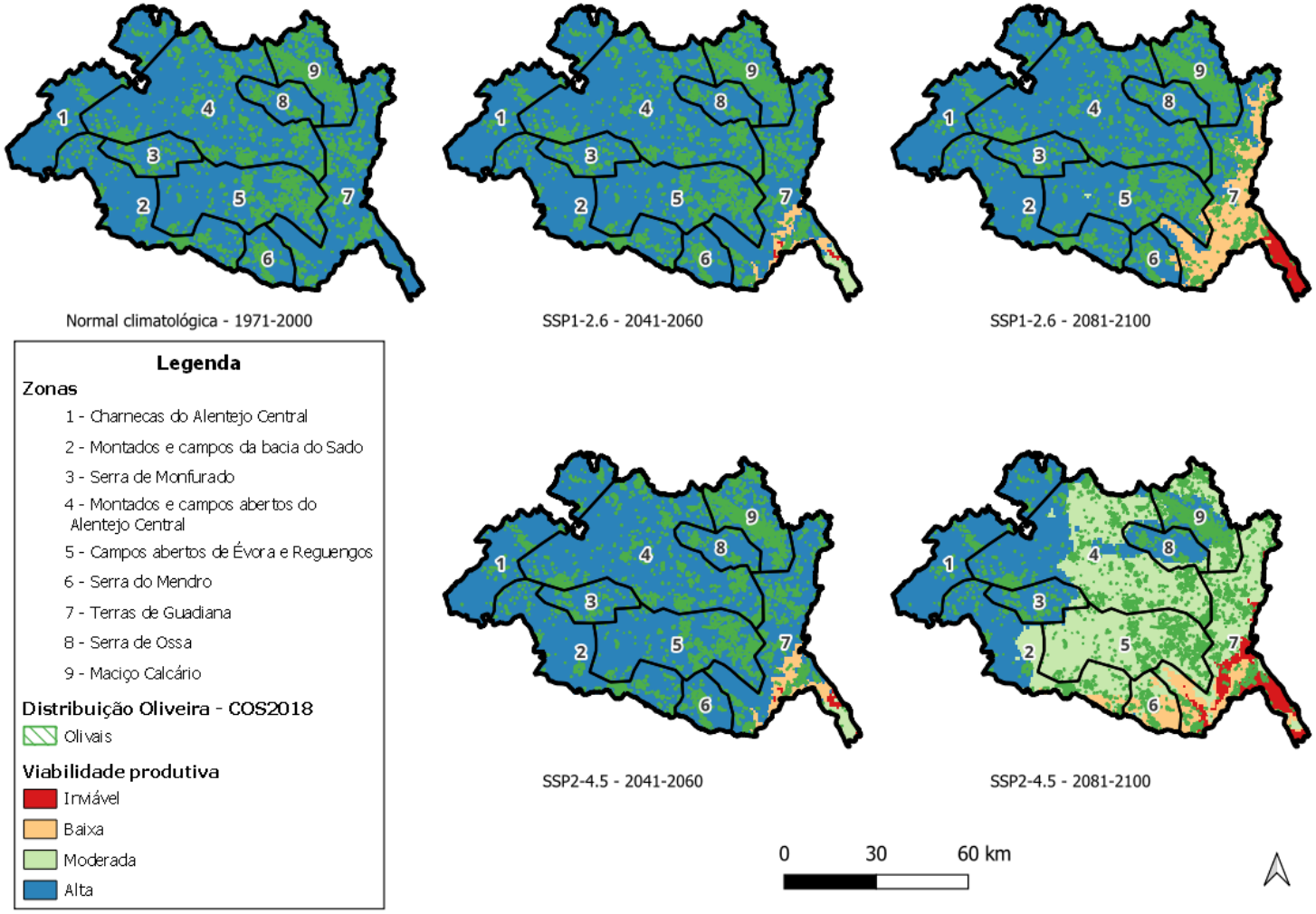

FIGURA 16 - VIABILIDADE PRODUTIVA OLIVEIRA - ANÁLISE MULTICRITÉRIO - HISTÓRICA; SSP1-2.6 (2041-2060; 2081-2100); SSP2-4.5 (2041-2060; 2081-2100)

4.3.4 Pinheiro manso

O clima da região do Alentejo Central nunca foi o mais propício para a cultura do pinheiro manso (Figura 17). Em termos históricos (1971-2000) apenas as franjas mais a Noroeste e Oeste se apresentavam como de **alta** viabilidade, estando a maioria da restante área avaliada como de **moderada** viabilidade, existindo apenas algumas manchas com **baixa** viabilidade. No cenário SPP1-2.6 as condições para produção desta espécie tornam-se menos vantajosas, passando no período 2041-2060 grande parte da área a estar classificada como de **baixa** viabilidade, mantendo-se uma condição de viabilidade **moderada** na área Oeste e de **alta** viabilidade numa pequena área do extremo Oeste. No período 2081-2100 as condições permanecem com a exceção da área Terras de Guadiana (7) que passa para a condição de **inviabilidade** produtiva. No cenário SPP2-4.5 as condições de produção também se tornam menos vantajosas comparando com o período histórico. No período 2041-2060 a parte Este da região tem **baixa** viabilidade, ou a produção é mesmo **inviável** no extreme Sudeste, enquanto a parte Oeste apresenta condições de **moderada** viabilidade, com a exceção do Sudoeste da Charneca (1) que apresenta **alta** viabilidade. Por fim, o período 2081-2100 apresenta condições de baixa viabilidade em toda a região com exceção dos pontos mais altos das serras de Monfurado (3), de Ossa (8) e Maciço Calcário (9) que têm viabilidade **moderada** e a parte Sudeste da área Terras de Guadiana que a cultura é **inviável**.

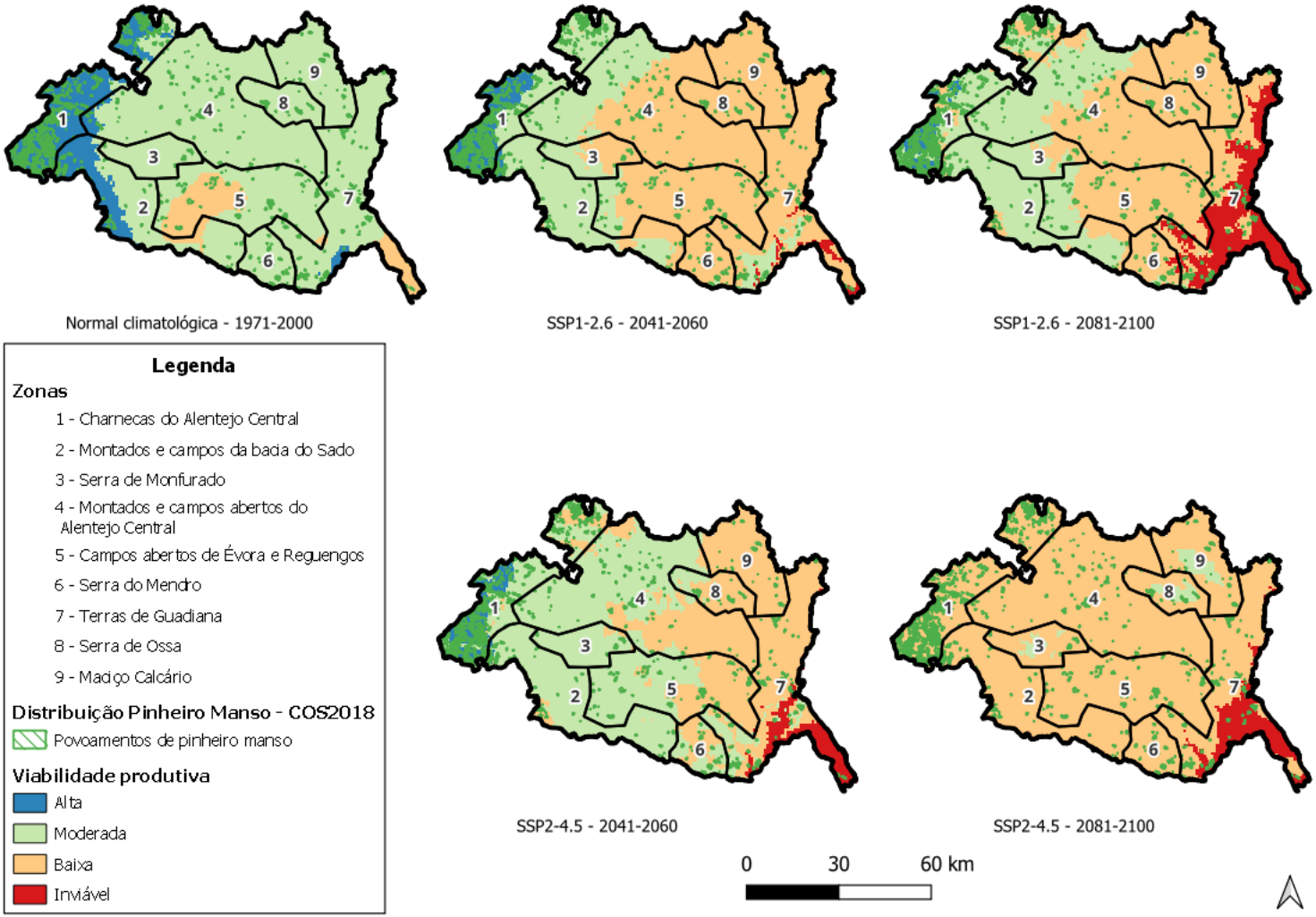

FIGURA 17 - VIABILIDADE PRODUTIVA PINHEIRO MANSO - ANÁLISE MULTICRITÉRIO - HISTÓRICA; SSP1-2.6 (2041-2060; 2081-2100); SSP2-4.5 (2041-2060; 2081-2100)

4.3.5 Sobreiro

A área entendida como de alta viabilidade para o sobreiro sofrerá uma elevada regressão em qualquer dos cenários estudados (Figura 18). No período histórico (1971-2000) quase toda a região apresentava **alta** viabilidade. As exceções eram a área Terras de Guadiana (7) em que grande parte da área se classifica como de **baixa** viabilidade bem como parte do vale do rio Degebe no extremo Este da área Campos aberto de Évora e Reguengos (5) com a mesma classificação; na mesma área, mas a Oeste, o vale do Rio Xarrama tem uma classificação de viabilidade **moderada**. Considerando o cenário SSP1-2.6, as alterações de viabilidade são acentuadas, no período (2041-2060) nas partes Este e Sudeste a região obtém a condição de **inviável** para a produção, enquanto a parte Oeste e Norte se mantém com uma viabilidade **moderada**, sendo apenas **alta** no extremo **Oeste.** No período 2081-2100 as condições são mais gravosas, alargando-se a condição de inviável para Norte e Oeste, ficando apenas a parte Noroeste da região com viabilidade **moderada**, o extremo Oeste com viabilidade **alta**. O cenário SSP2-4.5 também apresenta uma grande alteração das condições de viabilidade para a espécie. No período de 2041-2060 as condições são muito idênticas às do cenário SSP1-2.6 para o mesmo período. Para o período de 2081-2100 não existem grande alterações, verificando-se apenas que a o extremo Oeste deixa de ser classificado como de **alta** viabilidade para passar a ser considerado como de **moderada** viabilidade.

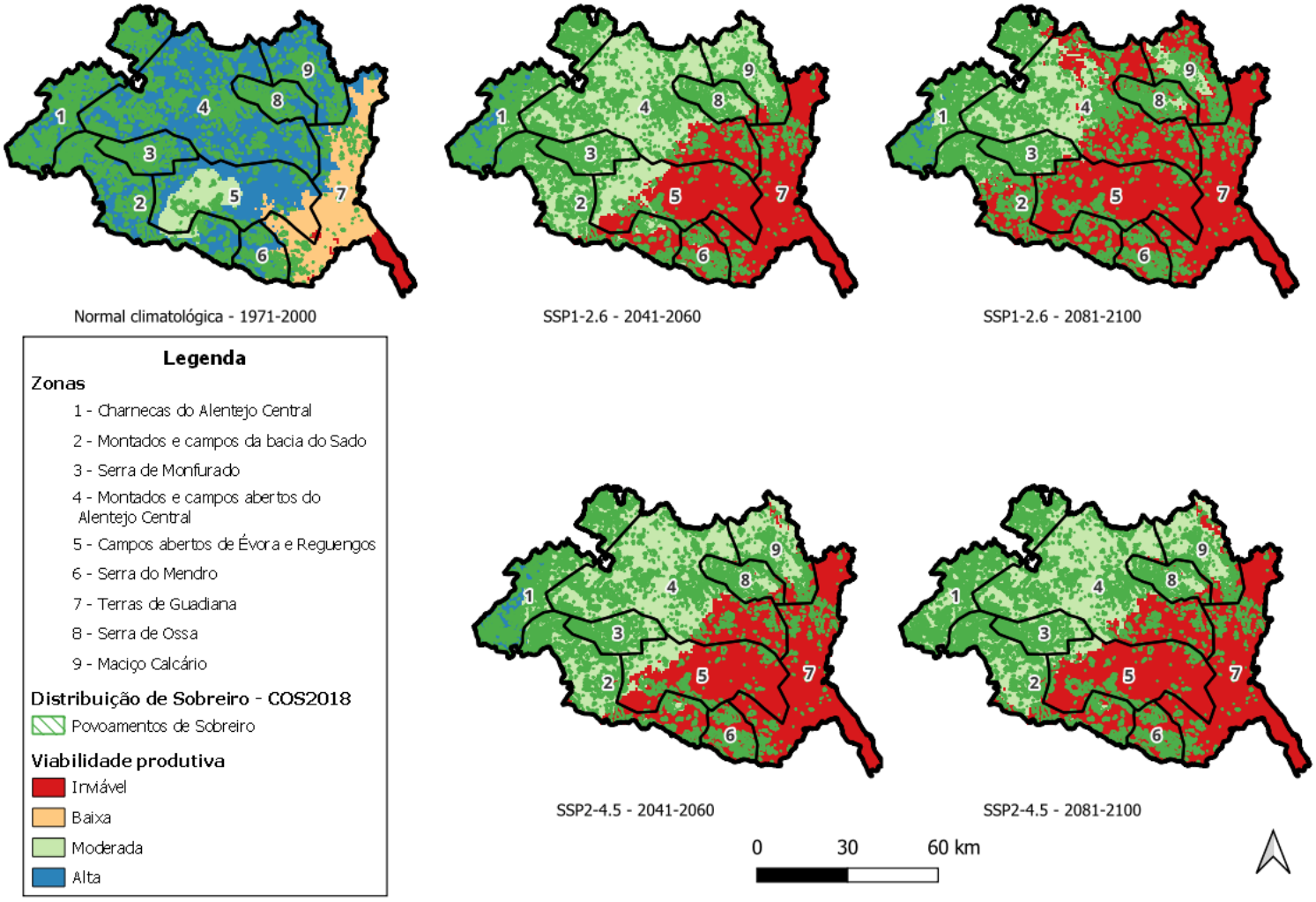

FIGURA 18 - VIABILIDADE PRODUTIVA SOBREIRO - ANÁLISE MULTICRITÉRIO - HISTÓRICA; SSP1-2.6 (2041-2060; 2081-2100); SSP2-4.5 (2041-2060; 2081-2100)

4.3.6 Vinha

Os cenários analisados apresentam grande alterações nas condições de viabilidade para a vinha (Figura 19). Historicamente (1971-2000) toda a região do Alentejo Central apresentava **alta** viabilidade produtiva para a cultura da Vinha. No cenário SSP1-2.6 essas alterações são bem identificáveis já no período 2041-2060. A parte Oeste e Norte mantém condições de **alta** viabilidade com exceção da parte Norte da área Montados e campos abertos de Évora e Reguengos (4) que tal como a sua parte sul e Este estará numa condição de viabilidade moderada. O Sudeste e o extremo Este do Alentejo Central passarão a ter uma **baixa** viabilidade para a cultura da vinha. No período 2081-2100 a área com alta viabilidade estará circunscrita ao Oeste da região e às áreas da Serra de Ossa (8) e Maciço Calcário (9). O Norte, Centro e Sul da região estarão numa condição de baixa viabilidade ou moderada viabilidade, ficando a parte mais a Este, na área Terra de Guadiana (7) sujeita a uma condição de **inviabilidade**. No cenário SSP2-4.5 as condições de viabilidade são também bastante agravadas. No período 2041-2060, a situação tem semelhanças com as condições identificadas para igual período no cenário SSP1-2.6, embora um pouco menos vantajosas. No período de 2081-2100, quase toda a região estará numa condição de baixa viabilidade, com exceção do extremo Oeste que terá uma viabilidade moderada e do extremo Sudeste que estará numa condição de inviabilidade.

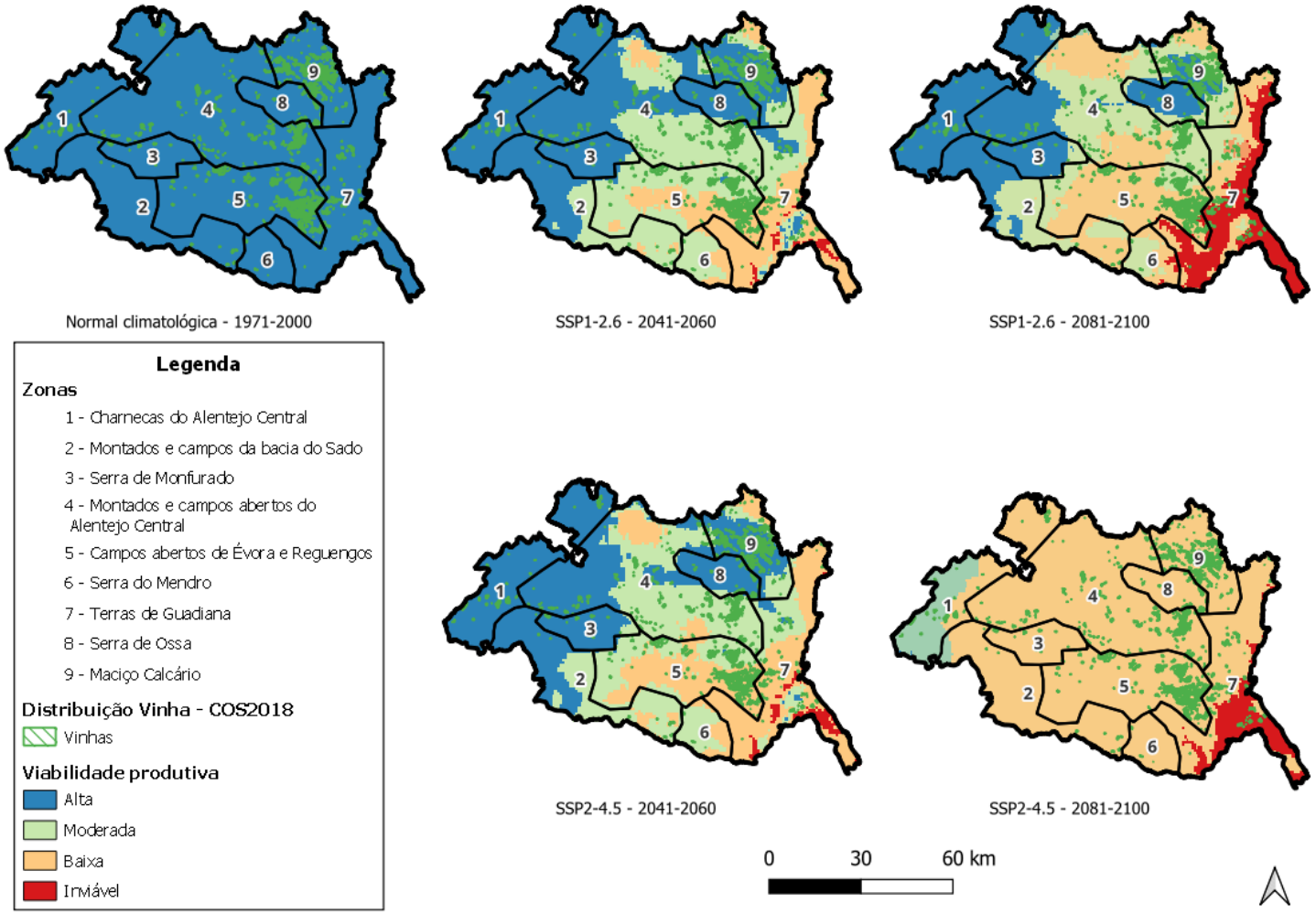

FIGURA 19 - VIABILIDADE PRODUTIVA VINHA - ANÁLISE MULTICRITÉRIO - HISTÓRICA; SSP1-2.6 (2041-2060; 2081-2100); SSP2-4.5 (2041-2060; 2081-2100)

5. Discussão

5.1. O clima do Alentejo Central – áreas e impactos sócio-económicos

As condições futuras do clima são incertas. Porém, essa incerteza é delimitada por algumas condições de elevada previsibilidade em relação à região em estudo neste trabalho: as temperaturas médias subirão e a precipitação diminuirá. Estas duas são condições implícitas nos dados levantados e utilizados neste trabalho. Destas condições decorrerão outras como o aumento de episódios extremos, sejam secas, chuvas torrenciais ou ondas de calor (Calvin et al., 2023) .Estas alterações criarão stress adicional numa região em que o clima já tem condições propícias à irregularidade e a situações de stress sazonais ou cíclicas. A concentração prevista da pluviosidade no Outono e no Inverno levará ao aumento do período seco que será também enfrentado com uma menor recarga de água no solo, nos aquíferos e nos reservatórios derivada da menor pluviosidade anual. Com isto aumentam os riscos intrínsecos de aridez, principalmente nas áreas em que se prevê que as precipitações venham a baixar ou estar muito próximas dos 500mm anuais e que sofrerão inevitavelmente com o aumento das temperaturas. Também fenómenos como a erosão dos solos poderão ser facilitados com a expectável diminuição do coberto vegetal, seja por diminuição das condições de vegetação de algumas espécies seja pelo sobrepastoreio, e o aumento de chuvadas torrenciais. A complexidade das relações entre o coberto vegetal, as condições de solo e o clima poderão agravar o risco de desertificação de parte da região. De certa forma, as condições que podemos esperar vão em certa medida sendo antevistas pelas condições existentes nos territórios adjacentes que já lidam com condições semelhantes às do futuro próximo como são os casos o sul da Extremadura espanhola ou o interior do Baixo Alentejo.

As alterações das condições do clima que se repercutirão nas condições de solos e nas culturas trarão inevitáveis perturbações à atividade económica das populações rurais. A própria dinâmica sociocultural de algumas áreas enfrentará desafios impactantes. Comunidades que se constituíram culturalmente também em torno de práticas e produtos poderão ver-se privadas dessas mesmas culturas agrícolas ou florestais. Existem

alguns exemplos muito paradigmáticos destes riscos de rutura económico-cultural na região do Alentejo Central, no futuro próximo será bastante visível que a cultura da oliveira poderá estar em causa na envolvência de Portel, onde tem a sua expressão no conceituado azeite do Lagar da Cooperativa Agrícola de Portel (Azeite São Pedro); ou como a cultura da vinha poderá estar em risco em Reguengos de Monsaraz, Granja-Mourão, Évora-Vendinha já antes do período 2041-2060, qualquer que seja o cenário considerado; ou a viabilidade produtiva de porco de montanheira por ausência de bolota ou ainda a produção corticeira que poderá ser praticamente inviável em toda a região.

A determinação de áreas permite localizar o impacto das alterações climáticas e assim ajudar a compreender a verdadeira dimensão das alterações. Com criação de áreas pode compreender-se mais rigorosamente os efeitos das alterações em cada cultura numa determinada área que partilha características biofísicas e geofísicas e proximidade económica e cultural. Este zonamento pode ainda permitir pensar as intervenções de uma perspetiva de integridade de num território diverso. Isto porque os desafios técnicos são seguramente distintos entre áreas que têm uma diferença térmica de mais de 2 graus ou que têm uma diferença de precipitação de 150 mm anuais. Esta segmentação procura conciliar o conhecimento científico com a ação no território, criando unidades que sejam empiricamente viáveis não só do ponto de vista da análise das condições futuras como da concretização desta análise em perceção real por parte dos atores chave – *stakeholders* – em relação àquilo que serão as condições com que terão de trabalhar. Anunciar que a temperatura média global, e local, anual subirá 2 ou 3 graus é preposição abstrata. Porém, entender-se que as temperaturas máximas estivais estarão acima das condições de determinada cultura em determinada região são uma condição de trabalho concreta com que os agentes têm de lidar. A título de exemplo, que será mais explorado adiante, veja-se o caso da vinha em Reguengos de Monsaraz: Reguengos é a maior sub-região vitivinícola do Alentejo, a vinha é uma cultura com longa implantação, a adega cooperativa de Reguengos é um agregador de produção de diversos pequenos e médios produtores locais; porém previsivelmente a região de Reguengos, inserida na área 5 definida neste trabalho, terá uma temperatura máxima no mês mais quente no cenário SSP2-4.5 período 2041-2060 de cerca de 35°C (Figura 12), sendo esta a temperatura em que se considera que o desenvolvimento fisiológico da videira fica comprometido (Xyrafis et al., 2022). Esta condição levaria a que nos meses de julho e agosto em grande parte dos dias o valor fosse ultrapassado. Podemos evidentemente somar a estes entraves fisiológicos as

condições de elevada desidratação e risco de escaldão. Salientando que este é um período a relativamente curto prazo e que o cenário SSP2-4.5 é um cenário moderado e eventualmente o que apresenta as modelações dentro do que é mais próximo das previsões mais aceites em 2023 (Secretariado - Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement, 2021).

5.2. Condições de viabilidade das espécies lenhosas

O impacto das alterações climáticas será relevante para todas as espécies em análise em todos os cenários e períodos em análise se a região for considerada na sua totalidade. Existem, como foi referido, variações entre as diferentes áreas e mesmo dentro das áreas definidas. As condições do terreno, principalmente a altitude, mas também a orientação das encostas, influenciam as condições climáticas, sendo localmente muitas vezes reconhecidas condições microclimáticas relevantes. A presente análise socorreu-se das variáveis bioclimáticas como condição de viabilidade das espécies para a sua função produtiva; entenda-se, portanto, que aqui não se procura se determinada espécie tem potencial vegetativo, mas sim potencial vegetativo com condições de produção, seja de uva, azeitona, lenho, bolota, pinha ou cortiça. Subjaz ainda a condição de que apenas se avalia a condição bioclimática e não condições edáficas, sejam estas químicas, texturais ou estruturais.

A azinheira é a espécie florestal/agroflorestal mais disseminada pelo território do Alentejo Central (Figura 14), é uma espécie estruturante do ponto de vista paisagístico e produtivo como elemento constituidor de montados. A economia em torno da azinheira tem uma importância histórica longeva (Fonseca, 2004) assente nas suas funções de fornecedora de combustível, produtora de alimento humano e para o gado, como zona de abrigo, caça, etc. No presente e derivado da especialização e simplificação dos sistemas produtivos, a sua principal função produtiva é a de produção de bolota para animais, tendo particular importância a produção de porco preto - raça alentejana/ibérica. Menor produção de bolota implicará necessariamente menor contributo direto na alimentação dos suínos posto à montanheira e desde logo menor remuneração direta ou indireta consoante a exploração seja do proprietário ou de terceiros. Indiretamente a azinheira

continua a ser fundamental do ponto de vista dos serviços de ecossistema – regulação hídrica, fixação de solo, amenização das condições climáticas, etc. – e será avisado considerar que plantas com melhores condições produtivas e vegetativas serão também plantas mais capazes para cumprir essas suas funções.

A condição de espécie mais disseminada faz com que uma eventual retração possa ser mais generalizada na região do Alentejo Central. Porém, o efeito será sempre mais observável em áreas mais interiores e que já têm condições bioclimáticas mais severas. Se como se viu (Figura 14) todo o território era perfeitamente viável para a produtividade da azinheira essa condição não está garantida para o futuro. As variáveis bioclimáticas mais determinantes para estas dificuldades prendem-se com a diminuição da precipitação estival (Figura 9) e da precipitação anual (Figura 8). Nas áreas em que o território passa de alta para viabilidade moderada a condição determinante é a diminuição da precipitação no período estival, e pressupõe-se, no fim da primavera (Figura 9). Na área nomeada Terras de Guadiana (7), as elevadas temperaturas estivais e queda das precipitações anuais para um valor inferior a 500mm anuais levarão a que a produção seja inviável no cenário SSP1-2.6 no período 2081-2100. Existe alguma variação no cenário SSP2-4.5 em relação ao cenário SSP1-2.6 devido às condições de maior pluviosidade previsíveis existindo, porém, um agravamento das condições na serra do Mendro (6) resultante das elevadas temperaturas.

O eucalipto é uma espécie com pouca disseminação no território do Alentejo Central com exceção da serra de Ossa (8) onde existe um povoamento florestal de grande dimensão na sua parte oriental e algumas bolsas de média dimensão na Charneca (1), no sul da Serra de Monfurado (3) e na interceção da Serra do Mendro (6) com as Terras de Guadiana (7). Alguns destes povoamentos estão instalados em áreas que nunca tiveram uma boa aptidão produtiva. No período histórico existiam algumas áreas com alta viabilidade como é o caso da Charneca (1), de Monfurado (3), Ossa (8) e Maciço Calcário (9). Os cenários de futuro apresentam baixa viabilidade ou inviabilidade da cultura no território em ambos os cenários e em ambos os períodos analisados. Prevê-se, portanto, que os povoamentos produtivos, como são o caso dos existentes na serra de Ossa, Monfurado e Charneca venham a desaparecer à medida que a cultura se vai tornando menos rentável por ter crescimentos menores ou por implicar períodos de espera entre cortes cada vez mais prolongados. O principal fator limitante para a cultura é a pluviosidade anual (Figura 10) que deve manter-se acima do 600mm de forma manter

boas taxas de crescimentos. Outra condição importante é a temperatura máxima estival (Figura 12) que encontra o seu limite nos 31°C.

A previsível diminuição da área de eucalipto pode levar à disponibilização de áreas para espécies que possam estar em regressão noutras áreas, mas ainda encontrem nas áreas atualmente ocupadas com eucalipto condições para vegetar e produzir. Esta situação aplica-se particularmente à serra de Ossa.

A oliveira é uma espécie disseminada pelo território do Alentejo Central, tem presença em todas as áreas definidas ainda que o tipo de ocupação seja distinto em algumas delas. Na maioria do território predominam os olivais tradicionais de sequeiro, quer na envolvência periurbana das localidades que em alguns olivais mais extensos em propriedades de maior dimensão. Nas áreas onde existe regadio público existem grandes manchas de olival de alta ou muito alta densidade cultivados com recurso ao regadio; estas manchas de regadio ocorrem principalmente na área Campos abertos de Évora e Reguengos (5), embora também se encontrem nos Montados e campos aberto do Alentejo Central (4). Existem ainda alguns olivais com recurso a regadios particulares.

Historicamente o Alentejo Central é uma região com altas condições de viabilidade em toda a sua extensão. A regressão das condições de produtividade será mais lenta e até menor do que noutras espécies. Em qualquer dos cenários, o período de 2041-2060, será um período em que a maior parte do território manterá alta viabilidade produtiva com apenas algumas áreas no extremo sudeste onde se preveem já condições difíceis. No período 2081-2100 as alterações serão já bastante mais marcantes e a diferença entre cenários é de certa forma relevante. As temperaturas estivais mais elevadas previstas no cenário SSP2-4.5 levarão a que mais área fique acima dos 35°C como temperatura máxima tida como o limite vegetativo produtivo da oliveira. Esta situação leva a que mais área do território passe de alta viabilidade para viabilidade moderada; porém a previsão de maior precipitação (Figura 8) neste cenário do que no cenário SSP1-2.6 faz com menos área fique com baixa viabilidade. Neste último cenário no período 2081-2100 grande parte da área Terras de Guadiana (7) ficaria na condição de fraca viabilidade.

A importância económica, social e paisagística dos olivais e da oliveira, poderá manter-se numa parte considerável do território de acordo com os cenários analisados, porém áreas em que a olivicultura tradicional mantém importância para as populações

locais poderão ser fortemente afetadas. Talvez o exemplo mais evidente seja o da serra de Mendro (6) e área adjacente pertencente às Terras de Guadiana (7) em que o azeite proveniente da cooperativa de Portel envolve cerca de 600 sócios. Também mais a norte na envolvência de Reguengos de Monsaraz e Alandroal existe uma dinâmica própria associada ao azeite proveniente de olivais tradicionais, que poderá ser igualmente impactada.

O pinheiro manso enquanto espécie produtiva tem uma distribuição limitada no território do Alentejo Central. Os povoamentos concentram-se na área de Charneca (1), nas imediações de Vendas Novas e Cabrela, compondo povoamentos extremes ou em consociação com o sobreiro. Existem outros povoamentos de pinheiro manso dispersos pela região, mas que não têm a mesma expressão paisagística e, supõe-se, produtiva. As condições bioclimáticas históricas para o pinheiro manso no Alentejo Central apenas se podiam considerar de alta viabilidade precisamente nas áreas onde se concentram estes povoamentos, estando ainda grande parte do território dentro de uma condição de viabilidade moderada. As condições determinantes desta análise são a temperatura máxima estival que deve ser inferior a 32°C e a temperatura média anual que deve situar-se entre os 15°C e os 18°C (Figura 12, Tabela 1). As condições de vegetação produtiva do pinheiro manso ver-se-ão mais limitadas geograficamente em qualquer dos cenários e em qualquer dos períodos. As limitações estão ligadas precisamente às condições de temperatura quer máxima quer média que sofrerão alterações limitativas (Figura 10, Figura 12). Desta forma, o cenário SSP2-4.5 apresenta condições mais gravosos sendo até de prever que na área em que a espécie tem mais importância esta venha a ficar comprometida uma vez que para o período de 2081-2100 toda a área da Charneca (1) ficará na condição de fraca viabilidade (Figura 17).

O sobreiro é uma espécie com elevada importância económica, paisagística e simbólica na região do Alentejo Central. A sua distribuição no Alentejo Central é bastante alargada, estando ausente no Sudeste da região e em parte da bacia do rio Degebe na área dos Campos abertos de Évora e Reguengos (5). Esta distribuição espelha as condições bioclimáticas históricas (Figura 18) que em grande parte desta área de distribuição apresentavam uma alta viabilidade embora em algumas áreas apresentasse uma viabilidade moderada ou até fraca. De qualquer forma, a correspondência entre a distribuição e a viabilidade é muito notória. Os cenários climáticos estudados apontam para uma diminuição considerável da área com viabilidade alta ou moderada. A variável

que determina a diferença entre as áreas de alta viabilidade e de viabilidade moderada é a da temperatura máxima estival, sendo considerado como o limite os 32ºC. Assim, apenas uma pequena área da área de Charneca (1) se manterá como de alta viabilidade nos cenários SSP1-2.6 em ambos os períodos e no cenário SSP2-4.5 no período de 2041-2060, já que no período de 2081-2100 para este cenário nenhuma área será de alta viabilidade. Os valores de precipitação estival e anual marcam a diferença para as áreas em o sobreiro será inviável, pois as precipitações anuais estarão abaixo do 575mm e as estivais abaixo dos 25mm. Existem indicadores de que as alterações do presente se refletem na condição de declínio existente nos montados (Silva & Castro, 2021).

A retração da área de sobreiro que se pode antever após analisar estes cenários poderá ter efeitos de gravidade e complexidades difíceis de antever. Considerando a componente económica pode depreender-se desde logo que menores taxas de crescimento da cortiça, maiores intervalos de tempo entre tiragens ou a baixa de preço por perda de qualidade da cortiça terão efeitos na rentabilidade e, portanto, na viabilidade das explorações em que o peso da actividade corticeira é elevado. Por outro lado, do ponto de vista da própria gestão do território, esta menor viabilidade ou inviabilidade pode levar ao abandono ou a condições de sobrepastoreio para tentar compensar a perda de rendimento, acelerando assim as condições de stress sobre o sistema de um ponto de vista ecológico. Desta forma, fenómenos como a degradação dos solos, fenómenos de desregulação hídrica, propagação de doenças e desertificação poderão aumentar. Por outro lado, as questões socioculturais e de especialização do trabalho também poderão ser afetadas. Veja-se a importância simbólica da cortiça no artesanato e no turismo numa cidade como Évora ou ainda a dinâmica laboral, que é tanto social como económica, da época da cortiça.

Embora a retração da área de sobreiro pareça inevitável e aparentemente já esteja a decorrer, situação observável pelo declínio dos montados de sobro na região, as áreas de aptidão moderada, poderão eventualmente manter-se como áreas viáveis considerando condições de solo, relevo ou limitações na gestão que evitem proliferação de agentes e práticas promotoras de stress. Algumas áreas de sobreiro poderão eventualmente ser substituídas por povoamentos de azinho que embora possam dar um contributo ecológico equiparável implicam uma economia diferente.

A vinha é uma cultura com elevada importância económica e cultural na região do Alentejo Central. A sua distribuição concentra-se principalmente nas cinco sub-regiões vitivinícolas existentes na região: Borba (área 9), Évora (área 5), Redondo (áreas 4 e 5), Reguengos (área 5) totalmente incluídas na região e Granja-Amareleja (área 7) apenas parcialmente incluída no Alentejo Central. A região do Alentejo tem oito sub-regiões vitivinícolas e como mencionado cinco delas estão no Alentejo Central. Não só se entende que o Alentejo Central tem uma importância relativa muito grande na vinha e no vinho da região Alentejo como se entende a importância desta cultura para a região. A cultura da vinha no Alentejo tem uma tradição antiga, e a dinâmica da constituição das sub-regiões respondeu à existência de dinâmicas locais muito fortes a nível produtivo agregadas na maioria dos casos em adegas cooperativas – Borba, Reguengos, Redondo. Porém atualmente existem também uma multiplicidade de adegas privadas que fazem com exista de igual modo uma enorme proliferação de marcas comercializadas de vinho. Para além disso, surgiu um sector enoturístico muito visível e fortemente apoiado pelos organismos oficiais – vide turismo do Alentejo – e com forte presença internacional.

Considerada a importância da cultura é fundamental observar que o impacto das alterações climáticas no caso da vinha será mais localizado do que noutras culturas ou espécies uma vez que a distribuição é mais concentrada. Porém, do ponto de vista de impacto económico a médio prazo este poderá ser mais evidente e profundo. No presente, a cultura da vinha no Alentejo está assente em pressupostos de elevada produtividade com cargas de investimento culturais anuais elevadas – mão-de-obra, rega, fitofármacos e fertilização – e com níveis de investimentos de instalação também elevados – altas densidades de plantação, clones selecionados, preparações de terra onerosas, armações da cultura, etc. O impacto das quebras de produção é tanto maior quanto maior for o investimento anual ou de instalação, portanto oscilações decorrentes de maus anos poderão ter impactos devastadores do ponto de vista económico.

Os cenários analisados apresentam condições evidentes de degradação das condições bioclimáticas para a cultura da vinha em todos os períodos com especial impacto nas sub-regiões vitivinícolas de Reguengos, Évora e Granja-Amareleja. Se historicamente toda a região apresentava condições de alta viabilidade, em qualquer dos cenários já no período 2041-2060 as sub-regiões de Reguengos e Granja-Amareleja ficarão segundo a análise em condição de fraca viabilidade, enquanto as regiões de Évora e Redondo apresentarão viabilidade moderada e Borba manter-se-á com elevada

viabilidade. No cenário SSP1-2.6 no período de 2081-2100 é mais gravoso com as sub-regiões de Reguengos, Évora e parte de Redondo com fraca viabilidade, Granja-Amareleja com condição de inviável, parte de Redondo com viabilidade moderada e apenas Borba a manter-se com alta viabilidade. No mesmo período, mas no cenário SSP2-4.5 toda a região apresentará fraca viabilidade ou inviabilidade para a cultura da vinha à exceção de uma faixa no extremo Oeste.

O futuro da cultura da vinha está, portanto em risco no Alentejo Central, principalmente porque as variáveis bioclimáticas que determinam esta diminuição de viabilidade estão relacionadas com as temperaturas máximas estivais. O limite utilizado foi de 33,5 °C, mas mesmo utilizando o valor de 35°C – valor limite considerado como condicionando os processos fisiológicos da vinha – grande parte da região seria afetada de igual modo (Figura 12). Porém, utilizar um valor médio de 33,5°C implica que muitos dos dias terão temperaturas máximas superiores 33,5°C, ainda para mais quando as temperaturas são consideradas à sombra e as condições de campo implicam valores mais elevados do que os medidos à sombra (Xyrafis et al., 2022). Mais ainda deve considerar-se que em termos de análise indicar que as ondas de calor serão tanto mais intensas como mais prolongadas quando maior for o aumento da temperatura. Algumas áreas que estão mais na charneira em termos de viabilidade poderão ter impactos menos significativos com algumas técnicas culturais ou de instalação da cultura (Fraga & Santos, 2018; Santillán et al., 2019) como por exemplo optar por encostas mais frescas viradas a Norte ou Este ou reabilitar técnicas de condução que permitam ensombramento. Não sendo o objetivo deste trabalho apontar esses caminhos, existe, todavia, espaço para explorar soluções de adaptação em regiões em que os limites extremos não tenham sido ultrapassados.

Esta degradação das condições produtivas que se irão agravando ao longo do tempo seja qual for o cenário a ser percorrido, criará constrangimentos a médio (2041-2060) e longo prazo (2081-2100). Este percurso estará sempre condicionado por condições de relevo, solo e seguramente por opções de gestão que aumentem ou diminuam as condições de stress do sistema. O relevo pode ser determinante em razão da retenção de água e/ou exposição solar. O solo também, pela capacidade de armazenar água ou fornecer boas condições nutritivas às plantas. As opções de gestão poderão ser

promotoras de melhores condições ou de aceleração da degradação das condições. Os impactos da gestão podem vir das práticas culturais, da gestão da água no solo, da promoção ou não da existência de vegetação complementar, da promoção ou impedimento da existência de renovação florestal, da escolha de espécies pecuárias ou do maneio do gado. Ainda que medidas locais possam não ter um grande impacto no quadro global das alterações climáticas, estas podem dar um importante contributo para manter ou melhorar condições que permitam enfrentar os desafios em face. Mais ainda, quando outras condições de stress, paralelas ou decorrentes das alterações climáticas, parecem adensar os desafios de futuro de áreas rurais como o Alentejo Central. Pensar em soluções, implica encontrar respostas que respondam tanto à crise climática como à erosão dos solos, à desertificação, à contaminação de água e solos, à perda de património genético ou à escassez de água (Máñez Costa et al., 2011; Quinteiro et al., 2019). Dificilmente se podem considerar as alterações climáticas em curso como uma "oportunidade de mudança". Devem, no entanto, ser seguramente um momento de mudança.

6. Conclusões

1) As alterações climáticas terão um efeito negativo na produtividade, vegetação e distribuição das espécies em análise qualquer que seja o cenário analisado;

2) As espécies em que o impacto será mais alargado são a azinheira, o sobreiro e a vinha. Seja porque estão fortemente disseminadas no território, como é o caso das duas quercíneas, seja, no caso das vinhas, porque tenham promovido uma forte especialização territorial;

3) As restantes espécies embora percam com a alteração das condições climáticas terão efeitos mais localizados, caso do pinheiro manso e da oliveira, ou terão efeitos mais limitados por terem uma lógica de exploração com um tempo já de si limitado e localizado, o caso do eucalipto;

4) Os resultados são verdadeiramente preocupantes porque espelham uma realidade provável ou muito provável ocorrência. Existe um consenso alargado de que a hipótese de atingir a meta de limitar o aumento da temperatura a 1,5°C em 2100 está fortemente comprometida. Perante os cenários estudados, parte do território verá culturas comprometidas já num prazo de 20 a 40 anos (período 2041-2060);

5) Tendo sido apenas estudadas as condições de base proporcionadas pelas variáveis bioclimáticas, pode ser antevisto que as condições reais, no terreno, serão mais difíceis, isto porque, não foram considerados os efeitos potenciais de secas, ondas de calor ou episódios de precipitação violenta, também previstos como consequência das alterações climáticas;

6) Os efeitos das alterações climáticas na produtividade poderão vir a gerar uma inter-relação negativa com outros fenómenos já observados: erosão do solo, desertificação, carência de água, perda de biodiversidade e uma crise ecológica mais generalizada;

7) Existe espaço, e pouco tempo, para adaptar os territórios às condições em rápida situação de alteração. Devem ser consideradas adaptações culturais, de variedades e de práticas de gestão – sejam técnicas ou tecnológicas – de forma a salvaguardar os territórios uma vez que muitas culturas não poderão ser salvaguardas em alguns territórios específicos;

8) A abordagem das problemáticas a partir de uma visão integrada do território, considerando as suas singularidades, foi a motivação para a constituição de áreas e estas poderão ser uma base para mais estudos direcionados para um (melhor) planeamento;

9) A gestão do espaço rural não pode ser feita sem ter em conta as condições de futuro e, desta forma, as políticas ambientais, florestais e agrícolas deveriam ter como base o clima que nos espera.

7. Bibliografia

Andrade, C., Fraga, H., & Santos, J. A. (2014). Climate change multi-model projections for temperature extremes in Portugal. *Atmospheric Science Letters*, *15*(2), 149–156. https://doi.org/10.1002/asl2.485

Bajouco, R., Penedos, C., Velez, J., Velez, S., & Alexandre, C. (2023). O Montado/Dehesa Ibérico face às alterações climáticas: Efeitos no solo (massa volúmica aparente e condutividade hidráulica). *Revista de Ciências Agrárias*, 202-205 Páginas. https://doi.org/10.19084/RCA.28395

Braudel, F. (1979). *Civilisation matérielle, économie et capitalisme, XVe-XVIIIe siècle* (1–3). Armand Collin.

Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P. W., Trisos, C., Romero, J., Aldunce, P., Barrett, K., Blanco, G., Cheung, W. W. L., Connors, S., Denton, F., Diongue-Niang, A., Dodman, D., Garschagen, M., Geden, O., Hayward, B., Jones, C., … Péan, C. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.* (First). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

Cancela d'Abreu, A., Correia, T. P., & Oliveira, R. (2004). *Contributos para a identificação e caracterização da Paisagem em Portugal Continental: Vol. V-grupos de unidades de paisagem R (Alentejo Central) a V (Algarve)*. Direcção-geral do ordenamento do território e desenvolvimento urbano.

Chakrabarty, D. (2009). The Climate of History: Four Theses. *Critical Inquiry*, *35*(2), 197–222. https://doi.org/10.1086/596640

COS2018- Carta de ocupação e uso do solo (DIreção-geral do Território). (2019). [Mapa]. https://www.dgterritorio.gov.pt/Carta-de-Uso-e-Ocupacao-do-Solo-para-2018

Costa, R., Fraga, H., Fernandes, P. M., & Santos, J. A. (2017). Implications of future bioclimatic shifts on Portuguese forests. *Regional Environmental Change*, *17*(1), Artigo 1. https://doi.org/10.1007/s10113-016-0980-9

Cunha, M., & Richter, C. (2016). The impact of climate change on the winegrape vineyards of the Portuguese Douro region. *Climatic Change*, *138*(1–2), 239–251. https://doi.org/10.1007/s10584-016-1719-9

Diamond, J. (2011). *Collapse: How societies choose to fail or survive*. Penguin.

Díaz, M., Sánchez-Mejía, T., & Morán-López, T. (2021). Long-Term Tree Regeneration of Fragmented Agroforestry Systems Under Varying Climatic Conditions. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*, 640143. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.640143

Epic webgis Portugal. (sem data). Epic webgis Portugal. Obtido 10 de outubro de 2023, de http://epic-webgis-portugal.isa.ulisboa.pt/

Espinha da Silveira, L. (1991). Venda de bens nacionais, estrutura da propriedade e estrutura social na região de Évora na primeira metade do século XIX. *Análise Social*, *XXVI*(112–113), 585–612.

Fagan, B. (2019). *The Little Ice Age (Revised): How Climate Made History 1300-1850*. Basic Books.

Fernández-Manjarrés, J., Ruiz-Benito, P., Zavala, M., Camarero, J., Pulido, F., Proença, V., Navarro, L., Sansilvestri, R., Granda, E., Marqués, L., Temunovič, M., Bertelsmeier, C., Drobinski, P., Roturier, S., Benito-Garzón, M., Cortazar-Atauri, I., Simon, L., Dupas, S., Levrel, H., & Sautier, M. (2018). Forest Adaptation to Climate Change along Steep Ecological Gradients: The Case of the Mediterranean-Temperate Transition in South-Western Europe. *Sustainability*, *10*(9), 3065. https://doi.org/10.3390/su10093065

Ferreira, A. G., Gonçalves, A. C., Pinheiro, A. C., Gomes, C. P., Ilhéu, M., Neves, N., Ribeiro, N., & Santos, P. (2001). *Plano Específico de Ordenamento Florestal para o Alentejo* (A. G. Ferreira & A. C. Gonçalves, Eds.; Universidade de Évora).

Ferreira, E. (2020). *Estado, território e população: As ideias, as políticas e as técnicas de colonização interna no Estado Novo*. Universidade de Lisboa, ISCTE, Universidade Católica Portuguesa, Universidade de Évora.

Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*. https://doi.org/10.1002/joc.5086

Fonseca, A. (2004). *O Montado no Alentejo (séc XV-XVIII)*. Edições Colibri.

Fraga, H. (2014). *Viticultural zoning in Europe: Climate scenarios and adaptation measures*.

Fraga, H., & Santos, J. A. (2018). Vineyard mulching as a climate change adaptation measure: Future simulations for Alentejo, Portugal. *Agricultural Systems*, *164*, 107–115. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.04.006

Freire, D., & Lains, P. (Eds.). (2016). *An Agrarian History of Portugal, 1000-2000* (Vol. 7). Brill.

Gonçalves, D. M. N. (2017). *Estudo de caso em Vitis vinifera L.*

Hausfather, Z. (2018, abril 19). *Explainer: How 'Shared Socioeconomic Pathways' explore future climate change*. Carbon Brief. https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change/

Hausfather, Z., & Peters, G. (2020). Emissions – the 'business as usual' story is misleading. *Nature*. https://doi.org/10.1038/d41586-020-00177-3

Hausfather, Zeke. (2019, dezembro 2). *Carbon Brief: CMIP6: The next generation of climate models explained*. Carbon Brief. https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained/

IPMA. (sem data). Normais Climatológicas. Obtido 28 de dezembro de 2023, de https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/?print=true

Lewis, S. L., & Maslin, M. A. (2015). Defining the Anthropocene. *Nature*, *519*(7542), 171–180. https://doi.org/10.1038/nature14258

Lewis, S. L., & Maslin, M. A. (2018). Welcome to the Anthropocene. *IPPR Progressive Review*, *25*(2), 214–219. https://doi.org/10.1111/newe.12101

Lopes, C. M., Costa, J. M., Egipto, R., Zarrouk, O., & Chaves, M. M. (2018). Can Mediterranean terroirs withstand climate change? Case studies at the Alentejo Portuguese winegrowing region. *E3S Web of Conferences*, *50*, 01004. https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185001004

Máñez Costa, M. A., Moors, E. J., & Fraser, E. D. G. (2011). Socioeconomics, Policy, or Climate Change: What is Driving Vulnerability in Southern Portugal? *Ecology and Society*, *16*(1), art28. https://doi.org/10.5751/ES-03703-160128

Noce, S., Caporaso, L., & Santini, M. (2020). A new global dataset of bioclimatic indicators. *Scientific Data*, *7*(1), 398. https://doi.org/10.1038/s41597-020-00726-5

Pieri, P., Lebon, E., & Brisson, N. (2012). CLIMATE CHANGE IMPACT ON FRENCH VINEYARDS AS PREDICTED BY MODELS. *Acta Horticulturae*, *931*, 29–37. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.931.2

Quénol, H., Garcia de Cortazar Atauri, I., Bois, B., Sturman, A., Bonnardot, V., & Le Roux, R. (2017). Which climatic modeling to assess climate change impacts on vineyards? *OENO One*, *51*(2), 91. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2016.0.0.1869

Quinteiro, P., Rafael, S., Vicente, B., Marta-Almeida, M., Rocha, A., Arroja, L., & Dias, A. C. (2019). Mapping green water scarcity under climate change: A case study of Portugal. *Science of The Total Environment*, *696*, 134024. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134024

Ruddiman, W. (2005). *Plows, Plagues and Petroleum: How Humans Took Control of Climate*. Princeton University Press.

Santillán, D., Iglesias, A., La Jeunesse, I., Garrote, L., & Sotes, V. (2019). Vineyards in transition: A global assessment of the adaptation needs of grape producing regions under climate change. *Science of The Total Environment*, *657*, 839–852. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.079

Secretariado - Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris AgreementConference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement. (2021). *Nationally determined contributions under the Paris Agreement—Synthesis report by the secretariat**.

Séférian, R., Nabat, P., Michou, M., Saint-Martin, D., Voldoire, A., & Colin, J. (2019). Evaluation of CNRM Earth System Model, CNRM-ESM2-1: Role of Earth System Processes in Present-Day and Future Climate. *Journal od Advances in Modeling Earth Systems*. https://doi.org/10.1029/2019MS001791

Silva, M., & Castro, I. (2021, dezembro). Biofertilização e biocontrolo em Montado—Medidas de adaptação às alterações climáticas. *Vida Rural*, 62–67.

Vizinho, A., Avelar, D., Branquinho, C., Capela Lourenço, T., Carvalho, S., Nunes, A., Sucena-Paiva, L., Oliveira, H., Fonseca, A. L., Duarte Santos, F., Roxo, M. J., & Penha-Lopes, G. (2021). Framework for Climate Change Adaptation of Agriculture and Forestry in Mediterranean Climate Regions. *Land*, *10*(2), 161. https://doi.org/10.3390/land10020161

Worldclim. (sem data). Worldclim. Obtido 10 de maio de 2023, de https://worldclim.org/data/cmip6/cmip6_clim30s.html

Xyrafis, E. G., Fraga, H., Nakas, C. T., & Koundouras, S. (2022). A study on the effects of climate change on viticulture on Santorini Island. *OENO One*, *56*(1), 259–273. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2022.56.1.4843