



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Florestal: Sistemas Mediterrâneos

Dissertação

Estudo diacrónico da evolução de eventos pontuais de mortalidade de sobreiro: construção de um modelo espacial explicativo

João Miguel Rodrigues Pinto Ribeiro

Orientador(es) | Nuno de Almeida Ribeiro
Constança Camilo-Alves

Évora 2023



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Florestal: Sistemas Mediterrâneos

Dissertação

Estudo diacrónico da evolução de eventos pontuais de mortalidade de sobreiro: construção de um modelo espacial explicativo

João Miguel Rodrigues Pinto Ribeiro

Orientador(es) | Nuno de Almeida Ribeiro
Constança Camilo-Alves

Évora 2023



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Carlos Alexandre (Universidade de Évora)

Vogais | Constança Camilo-Alves (Universidade de Évora) (Orientador)
Nuno Alexandre Neves (Universidade de Évora) (Arguente)

Resumo

Neste trabalho realizou-se um estudo diacrónico da mortalidade de sobreiro (*Quercus suber* L.) em ZIF de Coruche, utilizando ferramentas SIG. Estas permitiram realizar análises focais e combinar factores para análise estatística. Destacou-se a importância do grau de coberto dos povoamentos no declínio, e o seu efeito protector acima dos 35-40% de cobertura. Nesse limite o efeito da radiação solar é significativamente negativo e o impacto do uso do solo é visível. Em povoamentos mais expostos (< 35% grau de coberto) as árvores mostraram-se mais suscetíveis às alterações da qualidade da estação, em função das alterações climáticas sentidas durante os três períodos de estudo (2005, 2010, 2015). Estes resultados estão em concordância com a revisão do Estado da Arte, mas destacaram a importância da cobertura das copas como efeito protector, ainda muito pouco estudada. Sugere-se que os modelos de silvicultura nesta região considerem graus de cobertura superiores a 35-40%.

Palavras-chave: Mortalidade; Sobreiro; Gestão; SIG; Diacrónico

Diachronic study of the evolution of individual cork oak mortality events: construction of an explanatory spatial model

Abstract

In this study, a diachronic study on the cork oak (*Quercus suber* L.) mortality in the ZIF of Coruche was performed, using GIS tools. These allowed the performance of focal analysis and factor combinations for statistical analysis. It highlighted the importance of the stand's crown cover on the decline, and its protective effect above the 35-40% cover. Within this limit the solar radiation effect is significantly negative and the soil use impact is visible. In more exposed stands (< 35% crown cover) the trees showed more susceptibility to the site's quality changes, according to the climatic changes occurring during the three study periods (2005, 2010, 2015). These results are in accordance with the State of the Art review, but the importance of the crown cover's protective effect (still understudied) was prominent. It's suggested that the silviculture models for this region consider a crown cover above 35-40%.

Keywords: Mortality; Cork Oak; Management; GIS; Diachronic

Agradecimentos

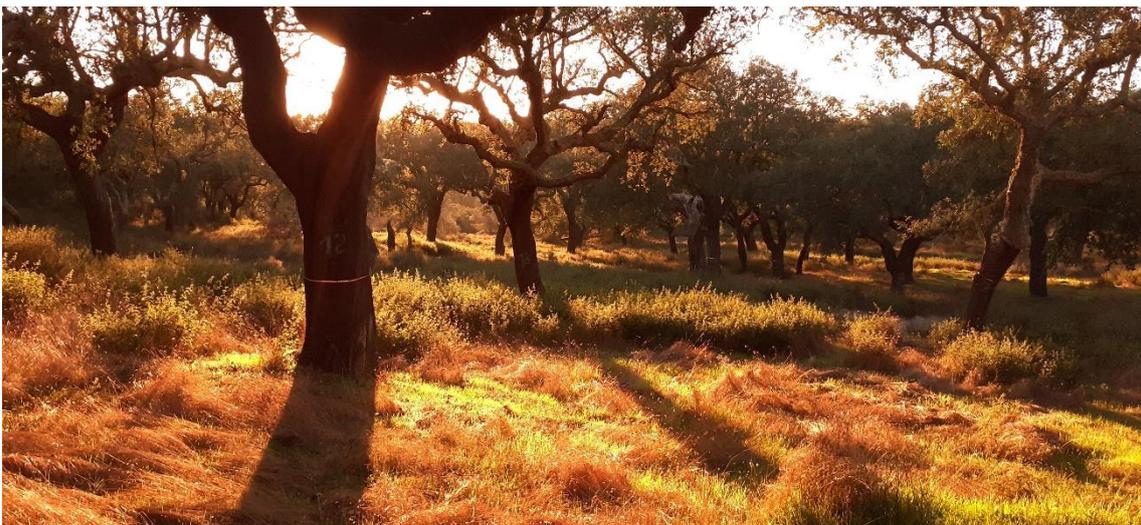
Em primeiro lugar, quero expressar os meus mais sinceros agradecimentos aos meus orientadores, não só pela sua sabedoria e conhecimento como pela paciência e boa-disposição com que encararam o percurso deste trabalho.

Em segundo lugar, queria agradecer aos meus colegas José Nunes, Ana Poeiras e Susana Saraiva pelo apoio que me deram não só para esta dissertação como por aquele que dão no trabalho todos os dias. Gostaria ainda de dar uma palavra de agradecimento às novas colegas Marta Maymone e Manuela Correia, pelo tempo que me concederam numa altura crucial sem o qual não teria avançado consideravelmente este trabalho. Agradeço também a todos os meus professores com os quais aprendi imenso neste curso.

Agradeço ainda à Cátedra de Energias Renováveis da Universidade de Évora pela disponibilização dos dados da radiação.

Por último, agradeço também à minha Família todo o apoio sempre presente em toda a minha vida.

Gostaria ainda de dar uma palavra de apreço e amizade à minha colega de mestrado Eva Barrocas, fazendo minhas as palavras dela: “Foi um prazer fazer este caminho a teu lado como minha colega!”



Legenda

1 – Introdução.....	12
2 – Objectivos.....	13
3 –Revisão bibliográfica.....	14
3.1 – Espécies arbóreas	14
3.1.1 – Sobreiro (<i>Quercus suber</i> L.).....	14
3.1.2 – Azinheira, <i>Quercus rotundifolia</i> Lam.	19
3.2 – Sistemas de exploração	21
3.3 – Declínio	25
3.3.1 – Nota histórica.....	25
3.3.2 – Definição	26
3.3.3 – Factores de predisposição.....	29
Solo.....	29
Clima	32
Exposição solar	32
3.3.4 – Factores temporários (que incitam).....	33
3.3.4.1 – Práticas culturais.....	33
Mobilização do solo	33
Gado – Pastoreio	34
Podas	36
Desbastes	38
Descortiçamento.....	38
3.3.4.2 – Factores meteorológicos.....	39
Secas.....	39
Radiação solar	40
Incêndios.....	41
3.3.5 – Factores que aceleram	41
Pragas e doenças	41

3.3.6 – Regeneração natural	43
3.3.7 – Interações entre factores – “gestão” do declínio	44
4 – Metodologia.....	49
4.1 – Carta Administrativa do Ordenamento do Território (CAOP)	52
4.2 – Carta de Ocupação de solo	52
4.3 – Modelo Digital do Terreno	53
4.3.1 – Hipsometria	53
4.3.2 – Declive	53
4.3.3 – Exposição	53
4.4 – Solos.....	53
4.5 – Índices climáticos.....	54
4.5.1 – Índice de termicidade	54
4.5.2 – Índice ombrotérmico	54
4.5.3 – Índice de continentalidade.....	54
4.5.4 – Qualidade da estação.....	54
4.5.5 – Radiação	55
4.6 – Aptidão florestal do sobreiro	55
4.6.1 – Aptidão edáfica – Características de diagnóstico.....	55
4.6.2 – Aptidão bioclimática – Índices bioclimáticos.....	56
4.6.3 – Aptidão florestal	56
4.7 – Árvores mortas.....	57
4.8 – Grau de coberto arbóreo	58
4.9 – Índice de mortalidade	58
4.10 – Estimação das densidades de Kernel.....	58
4.11 – Análise estatística.....	60
4.11.1 – Estudo diacrónico.....	60
4.11.2 – Análise de interacção da radiação com o grau de coberto	61
4.12 – Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica (CGPR).....	61

5 – Resultados.....	62
5.1 – Carta Administrativa e Ordenamento de Portugal (CAOP).....	62
5.2 – Carta de Ocupação de Solo (COS).....	63
5.3 – Modelo Digital do Terreno	64
5.3.1 – Carta hipsométrica	64
5.3.2 – Carta de declives	65
5.3.3 – Carta de exposições.....	67
5.4 – Carta de Solos	67
5.5 – Cartas de Índices Climáticos	69
5.5.1 – Carta do Índice de Termicidade	69
5.5.2 – Carta do Índice Ombrotérmico anual	69
5.5.3 – Carta do Índice de Continentalidade simples	70
5.5.4 – Qualidade da estação.....	70
5.5.5 – Carta de Radiação	70
5.6 – Aptidão florestal do sobreiro	71
5.6.1 – Aptidão edáfica – Características de diagnóstico.....	71
5.6.2- Aptidão bioclimática – Índices bioclimáticos	73
5.6.3 – Aptidão florestal	73
5.7 – Identificação das árvores mortas.....	74
5.8 – Grau de coberto arbóreo	75
5.9 – Índice de mortalidade	76
5.10 – Estimação das densidades de <i>Kernel</i>	77
5.10.1 – Densidade de mortalidade para a área de estudo total (2004-2010).....	77
2004.....	77
2010.....	77
Taxa de mortalidade de 2004 para 2010.....	78
5.4.2 – Densidade de mortalidade para as ZIF Sul (2004-2010-2015).....	79
2004.....	79

2010.....	79
2015.....	79
Taxa de mortalidade de 2004 para 2010.....	80
5.11 – Análise estatística e espacial.....	81
5.11.1 – Estudo diacrónico.....	81
5.11.2 – Análise da interacção da radiação com o grau de coberto	82
Grau de coberto menor que 20 %	82
Grau de coberto entre 20 e 29 %	82
Grau de coberto entre 30 a 34 %	85
Grau de coberto entre 35 e 40 %	85
Grau de coberto superior a 40 %	86
5.12 – Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica (CGPR).....	86
6 – Discussão.....	89
Bibliografia.....	92
Anexos	105

Lista de figuras

Figura 1 – Sobreiro com cerca de 19 metros de altura, na Herdade da Mitra, Évora	14
Figura 2 – Distribuição espacial dos sistemas aéreo e radicular de um sobreiro. Verde: copa, castanho: sistema radicular.....	16
Figura 3 – Aproveitamento da cortiça.....	18
Figura 4 – Azinheira (Oliva de Plasencia, Extremadura, Espanha).....	19
Figura 5 – Exemplo de sobreiral.....	21
Figura 6 e 7 – Exemplos de montado: montado da esquerda com coberto arbóreo pouco denso e presença de gado bovino; montado da direita com árvores dispersas e cerealicultura	22
Figura 8 – Esquema das duas principais sintomatologias de stress hídrico em sobreiros e azinheiras: morte súbita e declínio crónico, respectivamente.....	26
Figura 9 – Espiral de doença de Manion adaptada	27
Figura 10 – Exemplo de montado em franco declínio, em Barrancos	28
Figura 11 e 12 – Exemplo de danos provocados à regeneração natural de azinheira pelo gado (bovino).....	35
Figura 13 – Azinheira exageradamente podada.....	37
Figura 14 – Evolução da precipitação e temperatura anuais no período de 1871-2008, para a estação meteorológica de Évora	40
Figura 15 – Regeneração natural de sobreiro	44
Figura 16 – Regeneração natural de azinheira constantemente atacada pelo gado (“emoitada”).....	46
Figura 17 – Abandono numa área de sobreiral dominada agora pela esteva.....	46
Figura 18 – Exemplo de toxicidade do solo fora e debaixo das copas das árvores	48
Figura 19 – Área de estudo.....	49
Figura 20 – Caso extremo de um buraco na zona limítrofe de NUT’s, com muitos polígonos incompletos	51
Figura 21 – Esquemática do processo de análise espacial em SIG.....	52
Figura 22 – Tratamento espectral para obtenção de imagem de falsa cor.....	57
Figura 23 – Área de estudo com as divisões administrativas correspondentes aos concelhos. ...	62

Figura 24 – Gráfico de sectores (por área) dos concelhos pertencentes à área de estudo.	62
Figura 25 – Área de estudo com rede viária (linhas pretas), linhas de água principais (linhas azuis) e locais principais (pontos devidamente etiquetados)	63
Figura 26 – Ocupação do Solo (COS 2007).....	63
Figura 27 – Gráfico de sectores da ocupação do solo de 2007.....	64
Figura 28 – Hipsometria da área de estudo	65
Figura 29 – Declives	65
Figura 30 – Declives reclassificados.....	65
Figura 31 – Gráfico de sectores dos declives reclassificados	65
Figura 33 – Gráfico de sectores da exposição	67
Figura 34 – Solos (Carta de Solos 1:25 000, reclassificada)	68
Figura 35 – Gráfico de proporções das famílias de solos.....	68
Figura 36 – Índice de termicidade	69
Figura 37 – Índice ombrotérmico anual	69
Figura 38 – Índice de continentalidade simples.....	70
Figura 39 – Radiação global horizontal (GHI). Valores em kWh/m ²	71
Figura 40 – Características de diagnóstico.....	71
Figura 41 – Gráfico de sectores das características de diagnóstico da área de estudo	72
Figura 42 – Aptidão edáfica da área de estudo para o sobreiro	72
Figura 43 – Aptidão climática da área de estudo para o sobreiro	73
Figura 44 – Aptidão edafo-climática da área de estudo para o sobreiro	74
Figura 45 – Aptidão edafo-climática da área de estudo para o sobreiro em 2004.....	74
Figura 46 – Aptidão	74
Figura 47 – Sobreiros mortos em 2004	75
Figura 48 – Sobreiros mortos em 2010	75
Figura 49 – Sobreiros mortos em 2015, para as ZIF Sul.....	75
Figura 50 – Coberto arbóreo (em percentagem) nas áreas de Sistemas Agro-Florestais de sobreiro e Florestas de sobreiro em 2004 e 2010, respectivamente	76
Figura 51 – Densidade de Kernel reclassificada para a área de estudo total em 2004.....	77

Figura 52 – Densidade de Kernel reclassificada para a área de estudo total em 2010.....	78
Figura 53 – Taxa de densidade de mortalidade	78
Figura 54 – Densidade de Kernel reclassificada para a ZIF Sul em 2004.....	79
Figura 55 – Densidade de Kernel reclassificada para a ZIF Sul em 2010.....	79
Figura 56 – Densidade de Kernel reclassificada para a ZIF Sul em 2015.....	79
Figura 57 – Taxa de densidade de mortalidade entre 2004 e 2010.....	80
Figura 58 – Taxa de densidade de mortalidade entre 2010 e 2015	80
Figura 59 – Média e intervalo de confiança do índice de mortalidade (IM) relativamente à aptidão climática (Cli_Sb) para os modelos mistos	81
Figura 60 - Média e intervalo de confiança do índice de mortalidade (IM) relativamente aos períodos em análise para os modelos mistos.	81
Figura 61 – Média e intervalo de confiança do índice de mortalidade relativamente aos graus de coberto, para os modelos mistos	82
Figura 62 – Média e intervalo de confiança da mortalidade total/ha relativamente à ocupação do solo (Des4_07), com o grau de coberto entre 20 e 29 %, para os modelos mistos	83
Figuras 63 e 64 – Relação da densidade de mortalidade com os SAF de sobreiro e SAF de sobreiro com azinheira, em 2004 e 2010, respectivamente, na área de estudo total	83
Figuras 65 a 67 – Relação da densidade de mortalidade com os SAF de sobreiro e SAF de sobreiro com azinheira, em 2004, 2010 e 2015, respectivamente, nas ZIF Sul.....	84
Figura 68 – Média e intervalo de confiança da mortalidade total/ha relativamente à aptidão climática (Cli_Sb), com o grau de coberto entre 20 e 29 %, para os modelos mistos	84
Figura 69 – Média e intervalo de confiança da mortalidade/ha relativamente à aptidão climática (Cli_Sb), com o grau de coberto entre 30 e 34 %, para os modelos mistos	85
Figura 70 – Média e intervalo de confiança da mortalidade total/ha, relativamente à aptidão climática (Cli_Sb), com o grau de coberto entre 35 e 40 %, para os modelos mistos	86
Figura 71 – Exemplo de densidade elevada de mortalidade ligada ao CGPR, em 2004.....	87
Figura 72 – Exemplo de densidade elevada de mortalidade ligada ao CGPR, em 2010.....	87
Figura 73 – Exemplo de densidade elevada de mortalidade ligada ao CGPR, em 2015.....	87
Figuras 74 e 75 – Exemplo de relação espacial da densidade de mortalidade com o Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica (linhas azuis), em 2004 e 2010, respectivamente	88

Lista de tabelas

Tabela 1 – Áreas de estudo.....	49
Tabela 2 – Classes de declive	53
Tabela 3 – Intervalos das exposições	53
Tabela 4 – Características de diagnóstico	55
Tabela 5 – Aptidão edáfica para o sobreiro.....	56
Tabela 6 – Aptidão bioclimática para o sobreiro	56
Tabela 7 – Classes do Índice de Mortalidade	58
Tabela 8 – Número de árvores mortas nos anos em estudo.....	75
Tabela 9 – Frequência de Índice de Mortalidade (%) para os momentos em estudo. Nota: em 2015 os valores referem-se às ZIF Sul.....	76
Tabela 10 – Coeficientes fixos, sendo mortas/ha a variável dependente	81
Tabela 11 – Parâmetros estimados dos efeitos fixos independentes nas árvores mortas por hectare, dos modelos mistos (<i>Savage score</i>), para o caso do grau de coberto entre 20 a 29 %...83	
Tabela 12 – Parâmetros estimados dos efeitos fixos independentes nas árvores mortas por hectare, dos modelos mistos (<i>Savage score</i>), para o caso do grau de coberto entre 30 a 34 %...85	
Tabela 13 – Parâmetros estimados dos efeitos fixos independentes nas árvores mortas por hectare, dos modelos mistos (<i>Savage score</i>), para o caso do grau de coberto entre 35 a 40 %...85	
Tabela 14 – Parâmetros estimados dos efeitos fixos independentes nas árvores mortas por hectare, dos modelos mistos (<i>Savage score</i>), para o caso do grau de coberto superior a 40 %...86	

1 – Introdução

As espécies arbóreas do género *Quercus* mais importantes da Bacia Mediterrânea são o sobreiro e a azinheira, não só constituindo uma parte significativa das essências florestais mediterrânicas como também assumindo grande relevância socio-económica, especialmente na Península Ibérica. O declínio destes carvalhos bem como dos sistemas de exploração onde eles se inserem – montados, sobreirais/aziniais – tem vindo nos últimos tempos a tomar proporções preocupantes, razão pela qual várias linhas de investigação têm sido exploradas visando perceber este processo de degradação assim como encontrar possíveis soluções para o travar e/ou reverter. Vários trabalhos já foram publicados sobre o declínio dos sobreiros e azinheiras. Nos anos 80/90, após grandes surtos de mortalidade em Portugal e Espanha, foi detectada a presença do agente patogénico radicular *Phytophthora cinnamomi* Rands nas zonas mais afectadas (Brasier *et al.*, 1993). Posteriormente, outros trabalhos mostraram a importância da combinação de vários factores bióticos e abióticos actuando em sinergismo nos eventos de mortalidade, como, por exemplo, o impacto da mobilização frequente do solo, particularmente em solos delgados, no sistema radicular dos sobreiros, determinando uma maior ocorrência de mortalidade nas zonas com maior actividade humana (terrenos menos acidentados) ao mesmo tempo notando a sua ausência em locais mais protegidos (encostas íngremes expostas a Norte) (Camilo-Alves *et al.*, 2020; Ribeiro *et al.*, 2008). Também se tornou evidente a importância de estudos diacrónicos para a compreensão dos fenómenos de declínio (Camilo-Alves *et al.*, 2020; Silvestre, 2014). De facto, em trabalhos como o de Camilo-Alves *et al.* (2020), com o decorrer do tempo a taxa de mortalidade igualou-se em todos os povoamentos em declínio, sugerindo que há, de facto, factores que podem influenciar mais directamente a presença de mortalidade “pontual”, isto é, num determinado momento num determinado espaço, mas outros há que podem ter mais influência na evolução deste processo. Deste modo, o estudo do processo de declínio ao longo do tempo reveste-se de grande importância, de forma a melhorar a sua compreensão e possíveis medidas de mitigação a serem incorporadas na gestão dos povoamentos.

Deste modo, neste trabalho analisa-se a relação entre variáveis edafoclimáticas e o processo de declínio numa perspectiva diacrónica.

2 – Objectivos

O principal objectivo deste trabalho é a identificação de factores associados à mortalidade dos sobreiros ao longo do tempo, em 5 ZIF (Zonas de Intervenção Florestal) da zona de Coruche. Para este efeito, é realizado um estudo diacrónico do processo de mortalidade e declínio do sobreiro, em três momentos diferentes: 2004, 2010 e 2015, sobre a mesma área.

Na primeira parte, faz-se uma revisão bibliográfica dos processos gerais associados ao declínio dos sobreiros e azinheiras.

Em segundo lugar, procura-se descrever a área de estudo com o maior detalhe possível, com especial relevância às características que podem ter influência no processo de declínio do arvoredo e consequente mortalidade dos sobreiros. Todas estas características são analisadas individualmente e em conjunto visto este processo de declínio do sobreiro bem como dos sistemas onde ele se insere apresentar elevada complexidade e variabilidade.

Em terceiro lugar, é efectuada uma análise espacial em conjunto com uma análise estatística de modo a perceber quais os factores mais relevantes no declínio dos sobreiros na área de estudo, em cada momento, previamente apresentados.

É ainda efectuada uma análise espácio-temporal do fenómeno da mortalidade do sobreiro, isto é, é efectuada uma comparação do fenómeno nos três momentos de estudo, de forma a compreender a sua evolução ao longo do tempo.

Assim, pretende-se identificar os factores associados ao declínio para melhor compreensão do fenómeno, de forma a poder ajustar os modelos de silvicultura para uma gestão sustentável dos povoamentos de sobreiros.

3 – Revisão bibliográfica

3.1 – Espécies arbóreas

3.1.1 – Sobreiro (*Quercus suber* L.)

“Apesar da aparente robustez e das numerosas especializações xerofíticas, reforçadas ainda por uma sumptuosa couraça de cortiça, o sobreiro é uma árvore delicada, caprichosa, tímida, vulnerável” (Joaquim V. Natividade, 1969)



Figura 1 – Sobreiro com cerca de 19 metros de altura, na Herdade da Mitra, Évora (acervo pessoal)

O sobreiro, de ritidoma espesso, suberoso e muito característico (Franco, 1943), em condições edafo-climáticas favoráveis, sem sofrer despela ou quando submetido apenas a descortiçamento discreto e sem mutilações na ramaria, pode atingir enorme arborescência e nobres proporções, até mesmo a 20 metros de altura (Natividade, 1950). O sobreiro é uma espécie de meia-luz (beneficiando de ensombramento nos primeiros anos de vida), de crescimento lento e rebentação de toiça (Gonçalves, 2017a). Este carvalho é de difícil propagação vegetativa quer por enxertia quer por estacaria (Cordeiro *et al.*, 2001). É também uma espécie que apresenta acentuado polimorfismo observando-se na mesma progenitura diferenças morfológicas extremamente salientes de indivíduo para indivíduo, mesmo dentro dos próprios povoamentos (Natividade, 1950). Alguns estudos com o objectivo de correlacionar alguns sistemas isoenzimáticos com a qualidade da cortiça asseguram este polimorfismo, já que se provaram infrutíferos na tentativa de isolar qualquer padrão de diferenciação mais significativo que os restantes (Nóbrega, 1997). Quanto à sua morfologia externa, esta quercínea apresenta acentuada heterofilia, isto é, existe grande variabilidade, de árvore para árvore, quanto à forma e dimensão das folhas. A florescência dá-se normalmente de Abril a Julho (Coutinho, 1939) e tendo em conta este prolongado período de floração, as glandes (ou *boletas*) do sobreiro não amadurecem

simultaneamente, sendo o período de frutificação desde Setembro a Dezembro, havendo várias camadas de amadurecimento das bolotas: inicia-se com o *bastão*, seguindo-se a camada mais abundante e valiosa denominada *lande*, que assegura principalmente a propagação, e, por fim, o *landisco*, camada de frutos de maturação tardia e imperfeita (Franco, 1943; Natividade, 1950). Assim como as folhas, a forma e dimensão das glandes apresentam grandes variações entre indivíduos. Quanto à morfologia interna, existe muita variação no número, forma e dimensões das lentículas da periderme, na constituição anatómica do entrecasco, etc. (Natividade, 1950).

No germinar da *lande*, é emitida uma radícula vigorosa, aprumada e profundadora, tendo esta um crescimento inicial activo (Natividade, 1950). O sobreiro apresenta um sistema radicular dimórfico, composto por um sub-sistema mais superficial, aproximadamente até 40 cm de profundidade, e outro mais profundo até mais do que 1 m, sendo condicionado pelas características do solo (Dinis, 2014). No entanto, tendo em conta as características pobres de muitos solos onde o sobreiro está presente (incluindo muitos dos portugueses), pode-se frequentemente encontrar uma parte significativa do sistema radicular destes a pouca profundidade. Nestes casos, o sistema radicular é impedido de penetrar em profundidade, em particular quando o solo apresenta impedância elevada, indicando uma estrutura demasiado rígida (Dinis, 2014). Os sobreiros apresentam raízes denominadas *sinkers*, normalmente de 2ª ou 3ª ordem, de estrutura lenhosa e desenvolvimento vertical, originadas de raízes parentais horizontalmente desenvolvidas, e cuja principal função é capturar água em profundidade. Estas raízes *sinkers* são especialmente importantes durante a época quente e seca (Verão), quando os níveis mais superficiais do solo apresentam baixa humidade, mas também porque são parte essencial de um fenómeno passivo chamado *hydraulic lift* – processo que consiste na absorção e transporte de água durante a noite, sendo libertada nos níveis mais superficiais do solo, no sentido do maior gradiente hídrico para o menor, sendo posteriormente re-absorvida pelo sub-sistema radicular superficial e usada na transpiração da árvore (David *et al.*, 2017). Por último, convém notar que são as raízes finas as principais responsáveis pela absorção de água e nutrientes (Camilo-Alves *et al.*, 2020).

Com o trabalho de Dinis (2014) verificou-se que uma percentagem significativa do sistema radicular encontra-se até 2,5 vezes a área da projecção da copa, algumas raízes chegando até 4 vezes a mesma área.

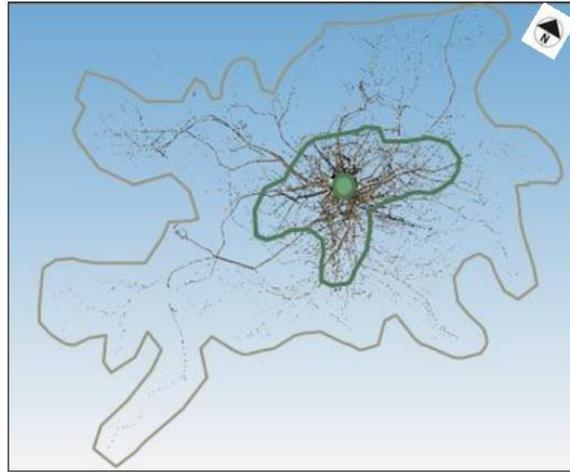


Figura 2 – Distribuição espacial dos sistemas aéreo e radicular de um sobreiro. Verde: copa, castanho: sistema radicular (retirado de Dinis, 2014)

O sobreiro distribui-se um pouco por toda a Europa Meridional e Norte de África (Franco, 1943), e em Portugal encontra-se em todo o território, ocupando uma maior superfície no Alentejo, Algarve, Ribatejo, região Sul da Beira-Baixa e na região quente de Trás-os-Montes, regiões estas onde tem maior importância económica. Na realidade, apenas as temperaturas mínimas invernais das regiões montanhosas mais frias do Centro e Norte, as zonas excessivamente húmidas e salinas junto ao litoral e as zonas de acentuada aridez e continentalidade do Sudeste Alentejano e da zona fronteiriça do Centro, expulsam o sobreiro de algumas zonas ecológicas portuguesas (Gonçalves, 2017a; Natividade, 1950).

“É incontestável a origem mediterrânea do sobreiro” (Natividade, 1950). Assim, vegeta em zonas de clima tipicamente mediterrânico, com verões quentes e secos e invernos suaves, sem presença de neve, sendo muito sensível às geadas e muito resistente ao vento e salsugem (Gonçalves, 2017a). No entanto, apesar da sua resiliência, assim que a coluna pluviométrica baixa dos 400-600 mm o sobreiro pode entrar em regressão (Macara, 1975; Gonçalves a, 2017).

Quanto ao solo, os sobreiros exigem um conjunto modesto de condições físicas que proporcionem a livre expansão radicular, principalmente: arejamento elevado, boa ou regular drenagem interna, ausência de compactação na zona de expansão radicular, ausência de calcário activo e ausência de hidromorfia, e é, por isso, uma espécie bem adaptada a uma gama variada de tipos de solo (Ribeiro, 2006; Franco, 1943; Gonçalves, 2017a). Além disso, a ausência destas condições minimamente desejáveis não expulsa completamente esta quercínea, apresentando alguma capacidade para suportar solos compactados, hidromórficos, etc. Assim, relativamente ao solo, a distribuição actual do sobreiro em Portugal não corresponde a uma predilecção agrológica, mas sim à acção do Homem, que foi “empurrando-o” das áreas mais férteis em lugar de produções agrícolas (Natividade, 1950). O sobreiro prefere os solos derivados de granitos, pórfiros, feldspatos e xistos, conseguindo tirar partido dos solos arenosos e descalcificados,

assim como solos pobres em matéria orgânica (Franco, 1943; Gonçalves, 2017a). Além disso, o facto de não tolerar bem os solos com encharcamento está relacionado não só com o tipo de solo, mas também com a topografia, uma vez que esta afecta a circulação e drenagem da água, a presença de calcário em percentagem apreciável, a profundidade da toalha freática, etc. (Natividade, 1950).

O valor do sobreiro, durante muito tempo, consistiu principalmente no valor alimentar da sua bolota, usada largamente tanto na alimentação humana como na do gado. É no reinado de D. Fernando, aquando dos primórdios da época dos Descobrimentos, que começa a madeira do sobreiro a ser usada para produzir o *liame*, utilizado no fabrico das embarcações (naus, caravelas e galeões) (Pereira, 1941). Neste período de expansão ultramarina e de desenvolvimento do comércio internacional a cortiça passou a ocupar lugar relevante nas exportações portuguesas (Pereira, 1941) e, hoje em dia, é o produto do sobreiro com maior importância, sendo utilizada não só para a produção de rolhas como também para um vasto número de produtos e aplicações (revestimento, isolamento, controlo de poluição, escudos térmicos, aplicações científicas, artigos/acessórios desportivos, etc.), aplicações estas que dependem naturalmente da qualidade e características da cortiça.

Sabe-se que as principais características da cortiça – flutuabilidade devido à elevada impermeabilidade das células; compressibilidade e elasticidade; alta eficiência isoladora do ponto de vista acústico, térmico e vibratório; não absorve humidade; leveza; elevado coeficiente de fricção; etc – já são conhecidas desde o berço da civilização, pois há indícios (provenientes de várias fontes literárias e arqueológicas) que tenha sido utilizada para isolamento de habitações, vedação de recipientes (rolhas), bóias e redes de pesca, calçado de Inverno, etc, nas regiões mais variadas do globo como na Sardenha entre os cartagineses nos finais do primeiro milénio a.C, entre muitos outros (Natividade, 1950). No entanto, apenas nos dias de hoje, podemos afirmar, sem sombra de dúvida, que esta casca tão versátil é 100% aproveitada.

É também importante referir que apesar de toda a cortiça ser aproveitada, apenas 30-40% desta matéria-prima é usada para a produção de rolha natural, correspondendo à cortiça de melhor qualidade, já que esta matéria-prima pode apresentar, além de fracas características para aproveitamento de rolhas, vários defeitos que depreciam a sua qualidade – cortiça formigada, cobrilhada, folhada, com presença de manchas de verde e de podre, demasiado porosa, terrenta ou barrenta, etc. (Natividade, 1934). Esta percentagem torna-se bastante relevante pois o aumento da produção vinícola nas últimas décadas foi acompanhado por uma procura cada vez maior de cortiça, em particular de boa qualidade (Sousa et al, 2007), estando cerca de 70% da produção de rolhas associada à indústria vinícola (APCOR, 2020). Os últimos dados da Associação Portuguesa de Cortiça (APCOR, 2020) apresentam as seguintes estatísticas para o

aproveitamento da cortiça: 41.1% para rolha natural, 32.4% para outras rolhas, 24.1% para materiais de construção, 1.5% para outros produtos de cortiça e 0.9% em matéria-prima.

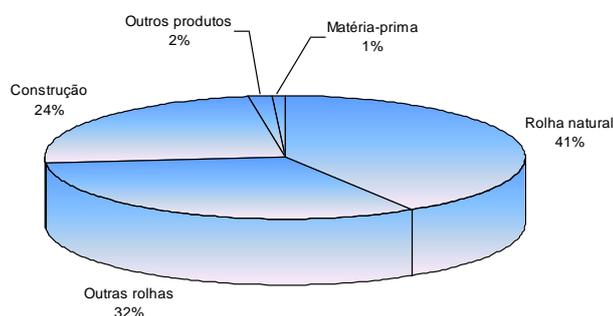


Figura 3 – Aproveitamento da cortiça

A cortiça tem um peso significativo na economia portuguesa, sendo Portugal o líder mundial na:

- Produção (média anual de cerca de 50%, sendo em 2020 46%) (APCOR, 2020)
- Transformação e comercialização, correspondendo as exportações a 62.1% a nível mundial, representando 2% das exportações de bens portugueses (APCOR, 2020)
- Portugal continua a ocupar lugar de destaque nas importações, estando em terceiro lugar com 11% a nível mundial (APCOR, 2020)

Para além da cortiça, também são explorados: o fruto, para a alimentação do gado; a madeira, tendo sido muito utilizada para construção naval, e hoje em dia para mobiliário, parquetes, construções rurais, lenha etc., tendo ainda excelentes qualidades para carvão; o entrecasco, muito rico em tanino, ótimo para a curtimenta de coiros e peles. Este último poderia corresponder a um aproveitamento de árvores indesejáveis para a produção de cortiça e fracas características silvícolas (mal conformadas, dominadas, doentes, etc.) (Gonçalves, 2017a; Franco, 1943; Natividade, 1950). No entanto, torna-se necessário lembrar que foi este aproveitamento do entrecasco, pelos curtidores, e da madeira, pelos carvoeiros, que levou, no passado, a grandes devastações em toda a área suberícola na Bacia Mediterrânea, não só em Portugal e Espanha, como também nas ilhas do Mediterrâneo e no Norte de África (Natividade, 1950). Uma das razões principais para o declínio do sobreiro nos países norte-africanos continua a ser o depauperamento desta espécie para aproveitamento de lenha e entrecasco.

3.1.2 – Azinheira, *Quercus rotundifolia* Lam.



Figura 4 – Azinheira (Oliva de Plasencia, Extremadura, España; acervo pessoal)

A azinheira é uma espécie natural da região mediterrânica com distribuição em toda a Europa Meridional, e, assim como o sobreiro, em Portugal distribui-se um pouco por todo o território, mas encontrando-se com maior frequência a Sul do Tejo, nas regiões mais áridas e mais interiores (Franco, 1943; Gonçalves, 2017a), adaptando-se bem à continentalidade (Ribeiro *et al.*, 2016). Sendo uma espécie heterozigótica, as suas folhas e frutos (glande) apresentam também uma grande variedade quanto à forma e tamanho, assim como quanto à quantidade e qualidade da bolota (Rodrigues, 1992), sendo a sua maior “doçura” a característica mais relevante, pois é alimento predilecto do gado, sendo muito usada para a engorda na produção suinícola, em particular para o famoso porco de montanha. A sua floração dá-se em Abril-Junho e frutificação em Setembro-Outubro, estendendo-se até Janeiro (Coutinho, 1939, Gonçalves, 2017a, Franco, 1943).

Assim como o sobreiro é uma espécie que apresenta grande resistência às temperaturas elevadas e ao frio, ao vento e salsugem, sendo, no entanto, sensível às geadas (Gonçalves, 2017a), mas apresenta mais resiliência que o primeiro, principalmente relativamente às maiores amplitudes térmicas (continentalidade), apresentando por isso características importantes que poderão servir como barreira natural às alterações climáticas futuras (Ribeiro *et al.*, 2016).

Este carvalho desenvolve-se bem em todos os tipos de solo, mesmo os pobres e esqueléticos, suportando também os solos húmidos e argilosos. No entanto, tal como o sobreiro, não tolera solos compactos e encharcados (Gonçalves, 2017a).

David *et al.* (2002) verificaram que as raízes acedem a lençóis freáticos (em profundidade) motivo pelo qual as azinheiras mantêm elevadas taxas de transpiração durante a quadra estival,

quando escasseia a precipitação, e o solo apresenta características mais agrestes (reduzida espessura e fraca capacidade de armazenamento de água, por exemplo).

O principal produto da azinheira é a bolota, seguido da lenha e madeira, possuindo grande poder calorífico e excelentes qualidades para carvão.

Embora tenha havido, desde os anos 60, um decréscimo acentuado da área ocupada pela azinheira, devido principalmente à desvalorização do porco de montanha após a peste suína africana, ao acréscimo da cerealicultura mecanizada e à valorização da cortiça do sobreiro e da madeira do eucalipto, o que levou à conversão de muitas áreas em eucaliptais (instalados muitas vezes em condições edafo-climáticas precárias e tecnicamente desaconselháveis) (Rodrigues, 1992), esta quercínea ainda constitui cerca de 11% da área florestal nacional, segundo o último inventário florestal nacional (Ribeiro *et al.*, 2016; ICNF, 2015).



O sobreiro e azinheira estão protegidos por lei desde 2001 (DL 169/2001), não sendo possível o seu abate, ou mesmo podas, sem devida autorização pelas autoridades competentes (Instituto de Conservação da Natureza e Florestas – ICNF). Além disso, em 2011 a Assembleia da República declarou o sobreiro como árvore nacional.

Ambas estas quercíneas têm a tendência para bifurcar cedo no seu crescimento o que tem implicações económicas importantes, dependendo dos objectivos de exploração.

Por último, note-se que ambas as espécies, como é comum nas quercíneas, apresentam elevada aptidão para hibridar. No caso do sobreiro esta característica toma particular interesse pois a casca dos elementos híbridos muitas vezes não apresenta boas características podendo até nem se conseguir descortiçar, dependendo do nível de hibridação, e podendo afectar economicamente o rendimento do povoamento.

3.2 – Sistemas de exploração

“Onde procurarem o velho saber da experiência feito, apenas encontram a maliciosa imprevidência”
(Joaquim V. Natividade, 1937)

Torna-se igualmente importante descrever os sistemas de gestão tipicamente associados a estas duas espécies (sobreiro e azinheira), pois tanto as suas características como a forma e intensidade com que são explorados os seus recursos poderão estar ligadas ao seu declínio, directa e indirectamente, como mostra muitas vezes o passado.

Ambas as espécies em estudo são exploradas principalmente de duas formas: ou como povoamentos silvícolas ou silvopastoris (sobreiral/azinhal), ou em sistemas onde haverá aproveitamento do mesmo espaço para agricultura e/ou pastorícia, os agro-silvo-pastoris.

Quanto aos sistemas silvícolas/silvopastoris (sobreiral/azinhal) o objectivo principal é a valorização dos produtos obtidos directamente da árvore: fruto, casca e madeira. Neste tipo de sistemas, a pastorícia em transumância, sujeita a um criterioso ordenamento silvo-pastoril, adequada à qualidade da estação e características do povoamento assim como aos objectivos de gestão, dificilmente trará prejuízos (Guerreiro, 1957). Por exemplo, num sistema florestal equilibrado poderá representar uma solução pontual e de custo e impacto relativamente baixos para controlo de matos.



Figura 5 – Exemplo de sobreiral (acervo pessoal)

Os sistemas de exploração agro-silvo-pastoris destas duas espécies de carvalhos, onde tipicamente a agricultura e a pastorícia se juntam à floresta, denominam-se, no geral, por *montado* em Portugal e *dehesa* em Espanha. No entanto, embora em ambos os casos se tratem de sistemas aparentemente semelhantes, os principais objectivos assim como a forma como são geridos, tornam-nos, de facto, conceptualmente diferentes. Esta artificialização das florestas

naturais em sistemas de uso humano no território português remonta a tempos muito antigos e a história dos montados, apesar de ter extensa bibliografia, não interessa expor neste trabalho.

De um modo geral, os montados são sistemas multifuncionais de origem antrópica, com presença de quercíneas em povoamentos abertos e irregulares e com subcoberto constituído por matos, cultura agrícola ou pastagem, que partilham o mesmo espaço de desenvolvimento, formando uma paisagem caracterizada pela sua variabilidade (Pinto-Correia *et al.* 2011).

Na verdade, a definição de montado abrange uma gama muito variada de mosaicos, pelo que se torna difícil, por vezes, definir os seus limites. O habitat 6310, da Rede Natura 2000, define o montado como: “mosaico de pastagens naturais perenes sob coberto variável, pouco denso, de sobreiros e/ou azinheiras, associado a um sistema de pastorícia extensiva por ovinos e por vezes incluindo parcialmente sistemas de agricultura arvense extensiva em rotações longas. São dominadas por hemicriptófitos cespitosos, principalmente *Poa bulbosa*, *Trifolium* sp. pl. e *Plantago* sp. pl. e mais raramente correspondem a pastagens anuais”. No entanto, no mesmo documento, na caracterização deste habitat o copado pode variar de quase cerrado a pouco denso, com a possível presença de plantas remanescentes do sub-bosque (que esteve na origem destes sistemas), e pode nem sequer haver pastorícia (ALFA 6310, 2005). Ribeiro J. *et al.* (2020) definem o montado como “floresta aberta de sobreiro e/ou azinheira, associando actividades agrosilvopastoris (Alves *et al.*, 2012), numa óptica de rentabilidade e maximização da produção, dependendo o aproveitamento das actividades associadas à floresta do uso pretendido, sendo o principal objectivo a alimentação animal de pequenos ruminantes, caça maior, rebanhos esporádicos de ovinos e caprinos”.



Figura 6 e 7 – Exemplos de montado (acervo pessoal): montado da esquerda com coberto arbóreo pouco denso e presença de gado bovino; montado da direita com árvores dispersas e cerealicultura

A característica mais importante dos montados é a sua multifuncionalidade que, além dos mais variados produtos que pode produzir, tem várias escalas temporais a actuar num mesmo espaço, dependendo do elemento seu constituinte. Deste modo, é possível conjugar a actividade agrícola e pastoril (geralmente de curto prazo) com a florestal (longo prazo). A grande vantagem de semelhante sistema está nas várias produções disponíveis e, por conseguinte, várias fontes de

rendimento com horizontes temporais distintos. Além disso, a multifuncionalidade do sistema diminui os riscos associados à variabilidade climática, especialmente naqueles climas mais irregulares, caracteristicamente mediterrânicos. Ainda oferece alguma margem de manobra face às flutuações dos mercados. Cada vez mais estudos mostram que o valor total do uso multifuncional de paisagens naturais e semi-naturais é frequentemente mais benéfico, mesmo em termos económicos, que o valor dos sistemas convertidos (Rudolf de Groot, 2005). No entanto, uma das principais características de um sistema multifuncional é a sua impossibilidade de atingir o máximo de uma única produção sem desequilibrar as restantes e, por conseguinte, todo o sistema. São, deste modo, muitas e variadas as possíveis conjugações entre estas três componentes (agrícola, silvícola e pastoril), podendo existir exploração agrícola de pastagens ou culturas arvenses em modo extensivo; gado ovino, suíno, caprino, bovino e/ou equino; e o coberto arbóreo ser constituído por sobreiros e azinheiras (dominantes na maioria dos montados), mas também por pinheiro-manso (*Pinus pinea* L.), carvalho-cerquinho (*Quercus broteroi* (Cout.) Rivas Mart), carvalho-negral (*Quercus pyrenaica* Willd.), entre outras espécies florestais.

Independentemente dos limites da sua definição, e apesar de ser um sistema artificial (Pereira, 2018), os diferentes graus de cobertura arbórea, arbustiva e herbácea conferem aos montados uma grande diversidade na estrutura vertical e horizontal da vegetação que raramente se encontra noutros sistemas florestais ou agrícolas portugueses (Pinto-Correia et al, 2013). Além disso, à grande heterogeneidade espacial e estrutural dos montados se deve o número elevado de espécies de aves que lhes estão associados. As diferentes tipologias de montado bem como as práticas e intensidade de gestão associadas causam diferentes efeitos na composição das comunidades de aves, havendo, de um modo geral, uma clara associação das espécies de aves florestais às tipologias com maior densidade arbórea e menor número de intervenções culturais e, por outro lado, de aves agrícolas nos montados mais esparsos ou frequentemente intervencionados (Pereira *et al.*, 2015).

É graças a esta grande diversidade de fauna e flora, assim como às diferentes tipologias possíveis, que o montado é considerado um sistema de elevado grau de complexidade e biodiversamente rico.

O bom estado de conservação do montado depende, em grande parte, do equilíbrio entre as três componentes. Por conseguinte, o seu declínio está frequentemente ligado à sua gestão. Por um lado, existe muitas vezes a intensificação de uma das componentes em detrimento das outras (em verdade, algumas vezes verifica-se a intensificação de todas as componentes, quando prevalecem ainda os sistemas de arrendamento da terra (David *et al.*, 1992)). Por outro lado, nalgumas propriedades é o abandono que domina. Além desta intensificação e/ou abandono, são frequentes técnicas culturais inadequadas e muitas vezes destrutivas, que em conjunto com

outros factores (como por exemplo factores climáticos) podem levar ao colapso de todo o sistema. Além disso, verifica-se em muitos destes casos um aumento de ocorrência de pragas e doenças, muitas delas causadas por insectos que sempre viveram na dependência dos sobreiros, azinheiras e outros carvalhos (Fabião, 1987).

Apesar da definição do montado ser composta por estas três componentes, é importante notar que uma delas pode ser considerada o pilar do sistema: a componente florestal, pois todas estas componentes dependem das árvores para que o equilíbrio possa ser atingido (Ribeiro, 2015). Assim sendo, da mesma forma que num sistema agrícola é possível deixar certa área em pousio sem que o sistema deixe de ser agrícola, podendo a mesma lógica ser aplicada à pastorícia (sistemas de exploração de curto prazo), é também possível deixar a componente agrícola e pastoril do montado inexplorada temporariamente sem que o sistema deixe de ser considerado montado. Por outro lado, obviamente, sem o coberto arbóreo o sistema passaria a ser agrícola e/ou pastoril, já que a componente florestal é aquela a que corresponde uma escala temporal mais longa, tanto no seu desenvolvimento como na sua exploração. Este pormenor torna-se ainda mais importante quando estudamos o declínio destes ecossistemas.

Para que o equilíbrio do sistema seja atingido é necessário ter em consideração a sua resiliência, caracterizada por: “dinâmica da estrutura e densidade do povoamento ao longo do tempo, com um regime de regeneração adequado aos objectivos de gestão e às taxas de mortalidade, permitindo, deste modo, a manutenção do grau de coberto contínuo” (Ribeiro, 2015).

Numa última nota, este equilíbrio torna-se ainda mais relevante, como referido anteriormente, na distinção entre montado e dehesa. No primeiro caso, a definição assenta neste equilíbrio entre as componentes do sistema bem como da sua exploração, com a clara noção que sem árvores não existe montado, enquanto que a gestão da dehesa espanhola tem sido consistentemente focada numa profunda hierarquização destas componentes, tomando a pastorícia o primeiro lugar, a agricultura o segundo e em último a componente florestal. Igualada *et al.* (2005) define a dehesa (em termos funcionais) como um sistema agro-silvo-pastoril cuja principal produção directa é o pastoreio extensivo. Montero & Cañellas (2003) consideram a regulação do pastoreio e da carga ganadeira questões imprescindíveis à silvicultura dos *alcornocales* de Espanha. De facto, esta distinção entre tipos de gestão deverá ter, naturalmente, implicações no estado de conservação destes ecossistemas, apesar de serem reconhecidos os mesmos problemas que em Portugal: ausência de regeneração, pastoreio intensivo com excesso de carga animal, influência das secas, ataques de agentes patogénicos, etc. (Barrón, 2005).

3.3 – Declínio

3.3.1 – Nota histórica

“Chegou o homem, talhou as clareiras de culturas pelo processo mais antigo e universal que se conhece, a derrubada e a queimada, e derramou os gados pelo pedregal” (Orlando Ribeiro, 1968)

Remonta ao início da formação da nação portuguesa a preocupação com o bem-estar destas quercíneas (sobreiro e azinheira), bem como com a sua destruição e declínio, havendo amplos exemplos ao longo da história da legislação portuguesa com vista à sua protecção, penalizando severamente o seu corte, tantas vezes desmesurado. No entanto, nem a legislação nem as pesadas punições conseguiram travar a destruição destes carvalhos ao longo do tempo.

As coutadas e matas onde eles se inseriam eram quase exclusivas para o uso (desportivo) da nobreza e dos ricos-homens o que, por outro lado, ajuda a explicar a grande animosidade do povo em relação a estes ambientes, pois também representavam para eles: o seu desaproveitamento, já que o povo muito cobiçava os seus frutos e a sua lenha; o local de acolhimento de animais que dizimavam os rebanhos ou destruíam as culturas; obstáculo ao pastoreio que correspondia ao recurso principal das populações (Natividade, 1950).

Para mais, foi na época dos Descobrimentos que se iniciou uma avultosa destruição destas quercíneas (ganhando a madeira do sobreiro grande relevo nos nossos estaleiros) e das matas que as acolhiam, ao mesmo tempo que se começou a desenvolver o comércio internacional da cortiça do sobreiro. Mas, mais uma vez, este comércio foi, durante muito tempo, monopolizado pela realza e nobreza, não contando com nenhum proveito para o povo (Pereira, 1941).

Mais recentemente, nos séculos XIX e XX, devido a várias flutuações nos interesses dos mercados (valorização das cortiças virgens, entrecasco e carvão; valorização da cortiça amadia aquando do aumento da procura de cortiça de qualidade para a indústria rolheira, acompanhando o aumento da produção vinícola; valorização do gado bovino; desvalorização do porco de montanha devido à peste suína; etc.) procedeu-se à delapidação de muitos montados, sobreirais e azinhais, seja pelas podas exageradas (culminando na arreia, onde mais de 90% da ramaria é abatida) (Natividade, 1950), seja por descortiçamentos exagerados, deixando as árvores mais fragilizadas, seja pela intensificação do gado, mecanização dos trabalhos rurais, principalmente a mobilização dos solos, entre muitas outras técnicas culturais que se mostraram ser altamente destrutivas para estes ecossistemas.

3.3.2 – Definição

“Um ecossistema é um complexo dinâmico de comunidades de plantas, animais e micro-organismos e os seus ambientes não-vivos interagindo como uma unidade funcional” (Convention on Biological Diversity in Millenium Ecosystem Assessment, 2003)

O declínio de um ecossistema é principalmente interpretado pela mudança na vegetação (WWF Canada, 2005). Deste modo, quando falamos do declínio dos montados e/ou sobreirais/aziniais falamos naturalmente do declínio da componente florestal, tomando lugar de especial destaque já que, como referido anteriormente, as árvores são o pilar destes ecossistemas. Mesmo relativamente aos montados pouco densos, a Carta de Ocupação e Uso do solo (nas várias versões, ao longo do tempo) consideram os 10% de coberto arbóreo como o limite entre montado e culturas agrícolas, pastagens ou matos, dependendo do uso em si (DGT, 2019).

Quanto ao declínio dos carvalhos (no geral), são tipicamente observados e associados dois tipos de síndromes:

- Morte súbita da árvore, também denominado declínio agudo, caracterizado pela rápida secura da folhagem (Denman *et al.*, 2010; Jamâa *et al.*, 2005), seguida da morte da árvore apenas numa ou duas estações (Camilo-Alves *et al.*, 2013).
- Declínio progressivo, também denominado declínio crónico (Denman *et al.*, 2010), com perda gradual da folhagem da copa, normalmente iniciando-se no topo, seguindo-se a emissão de ramos epicórmicos, e uma perda de folhas e ramos finos mais intensa ao longo do tempo (que pode estender-se a algumas décadas) (Camilo-Alves *et al.*, 2013; Denman *et al.*, 2010), podendo também apresentar sintomas no tronco e ramos, nomeadamente lesões com sangramento de seiva ou cancrios.

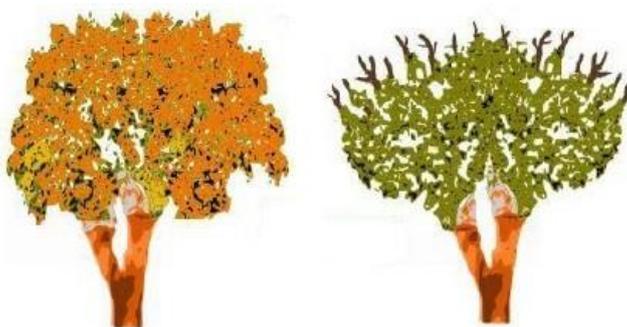


Figura 8 – Esquema das duas principais sintomatologias de stress hídrico em sobreiros e azinheiras: morte súbita e declínio crónico, respectivamente (Camilo-Alves, 2013)

Além disso, convém referir que o declínio das espécies florestais (no caso deste trabalho, o sobreiro) bem como dos sistemas que as integram é um fenómeno complexo com múltiplos

factores, normalmente, interrelacionados (Camilo-Alves *et al.*, 2013). É sabido que nas florestas certos factores podem induzir stress que directa ou indirectamente provocam a perda gradual do vigor das árvores, normalmente seguido de uma diminuição das suas capacidades de defesa e culminando no estabelecimento de condições favoráveis ao aparecimento e instalação de agentes bióticos (oportunistas) (Sousa *et al.*, 2007). Esta sequência de eventos, a sua importância e o seu encadeamento são melhor explicados pela espiral de Manion.

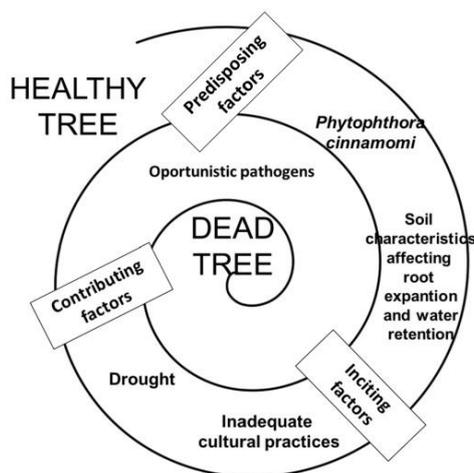


Figura 9 – Espiral de doença de Manion adaptada

Deste modo, temos um certo encadeamento de factores/eventos que são responsáveis pelo declínio das árvores e são especialmente acentuados pelas más práticas de gestão que são patentes em muitos dos nossos montados e sobreirais/aziniais.

Em primeiro lugar, temos os factores permanentes que predisõem a árvore saudável ao início do seu declínio, normalmente associados às condições da estação, principalmente as que afectam o desenvolvimento radicular como as condições do solo (Camilo-Alves *et al.*, 2013). As condições da estação incluem também os factores climáticos, dado que, apesar de tanto o sobreiro como a azinheira apresentarem uma distribuição bem espalhada por todo o território, são ambos excluídos das zonas cujas condições edafo-climáticas lhes são adversas (ver características das espécies anteriormente descritas).

De seguida, temos os factores temporários que desencadeiam ou incitam o declínio, tanto de natureza aleatória – por exemplo eventos climáticos extremos como as secas – como antrópica, nomeadamente más práticas culturais que acentuam a degradação da condição das estações. Ainda pode-se considerar nestes factores temporários os objectivos de gestão dos proprietários, já que são estes que irão afectar a forma como se conduzirá o palco de operações nos povoamentos. Nesta fase já se notam alguns sintomas, como por exemplo, a rebentação anormal de ramos epicórmicos, resultado de podas e desramações intensas (Sousa *et al.*, 2007) ou perda acentuada de folhas por stress hídrico que podem corresponder ao início de doenças causadas

por stress frequente e/ou contínuo. No entanto, ainda nesta fase é possível a recuperação de muitos indivíduos dado que estes sintomas se apresentam muitas vezes como resposta das árvores a estes factores temporários.

Na fase final desta espiral de declínio das árvores, e talvez a mais visível, corresponde aos factores de contribuição que o aceleram, caracterizado pela instalação e desenvolvimento de agentes patogénicos oportunistas (Camilo-Alves *et al.*, 2013). Embora haja casos em que alguns destes agentes patogénicos ataquem árvores aparentemente saudáveis, o facto é que atacam tipicamente indivíduos decrepitos e/ou enfraquecidos.



Figura 10 – Exemplo de montado em franco declínio, em Barrancos (acervo pessoal)

A par deste declínio do coberto vegetal é importante referir outro aspecto que o acentua, como a ausência de regeneração natural.

Por último, é importante referir que, embora a espiral de Manion explique adequadamente o declínio de essências florestais, a importância de cada factor na mortalidade das árvores pode variar muito dependendo da espécie em questão, da qualidade da estação (condições edafo-climáticas locais), etc.

Nageleisen (1994) e Dreger (1994) estabelecem a conjugação seca-desfoliadores particularmente desfavorável aos povoamentos de carvalho da floresta francesa, incluindo as duas espécies principais, *Quercus robur* L. e *Quercus patraea* (Matt.) Liebl. – correspondendo estas espécies a 34% da floresta do país (Becker, 1984) –, bem como *Quercus rubra* L., *Quercus pubescens* Willd., e também o sobreiro, entre outros.

Se parece evidente que o agente patogénico *Phytophthora cinnamomi* Rands apresente destaque na mortalidade dos sobreiros e azinheiras na Península Ibérica, parece não ser o caso nos sobreirais norte africanos, onde o agente *Diplodia mutila* (Fr.) Mont. apresenta maior poder patogénico que a restante microflora associada ao declínio do sobreiro, sendo independente do regime hídrico das plantas e responsável pelos estragos que afectaram muitos indivíduos dos

sobreirais atlânticos de Marrocos (Bakry, 1996). Nestes sobreirais marroquinos o sobrepastoreio toma proporções alarmantes, agravado ainda pelo fraco potencial forrageiro destes sistemas, verificando-se uma quase total ausência de regeneração natural de sobreiro e um incremento cada vez maior de plantas herbáceas e arbustivas heliófilas de baixo valor forrageiro e alto risco de incêndio (Machouri, 2009).

Na Argélia, o factor preponderante no declínio dos sobreiros parece ser na verdade a aliança entre alguns factores – a idade avançada do coberto arbóreo (e ausência de regeneração) e as práticas culturais inadequadas e prejudiciais ao vigor do arvoredado (exemplo: descortiçamentos mal efectuados) – e o facto destes sobreirais se encontrarem no limiar da seca mediterrânea, ou seja, a duração das secas ultrapassa o nível de tolerância da vegetação podendo causar efeitos nefastos (em particular ao sobreiro) (Rouibah *et al.*, 2018).

Nos sobreirais tunisinos, apesar de existirem as mesmas condicionantes para o declínio das árvores (conjugação de factores dos quais: exposição a Sul, secas e ventos quentes, solos pobres e delgados, etc.), o factor antrópico é considerado o principal agente de degradação: desflorestação, varejo, descortiçamentos e podas mal efectuados, etc. (Hasnaoui *et al.*, 2018).



Apresentado o panorama geral do declínio dos carvalhos e um breve contexto histórico, seguir-se-á um aprofundamento desta questão, seguindo a esprial de Manion, relativamente ao carvalho em estudo: sobreiro, e mais concretamente em Portugal.

3.3.3 – Factores de predisposição

Solo

“Degradado o solo, destrói-se o ambiente suberícola.” (Joaquim Natividade, 1950)

O solo constitui a base de qualquer sistema produtivo, seja ele agrícola, de pastoreio ou florestal, pois é o meio natural para o crescimento das plantas. O solo é um recurso finito dado que além de estar confinado a um espaço limitado demora muito tempo a formar-se (estimativa média geral é a formação de 1 cm de solo a cada 100 anos – escala temporal geológica). Além disso, equivale a um conjunto de funções importantes em qualquer ecossistema: sequestro de carbono, regulação do clima, ciclagem de nutrientes, fornecedor de comida, fibra e combustível, assim como é a fundação para infraestruturas e sustenta os recursos agrícolas, florestais, sendo ainda uma grande fonte de biodiversidade (pensa-se que se conhece apenas 1% da vida no sub-solo) (MA, 2003). Assim sendo, a sua degradação tem efeitos nefastos sobre a vida que suporta,

nomeadamente: erosão, deslizamento de terras, compactação, encharcamento, perda de matéria orgânica e de biodiversidade, etc.

Tendo em conta que tanto os sobreiros como as azinheiras se conseguem desenvolver bem em solos pobres e delgados, exigindo poucos nutrientes para o seu desenvolvimento e conseguindo “perfurar” o solo em busca dos lençóis freáticos, muitas vezes profundos, a compactação do solo torna-se muito relevante, em particular para o sistema radicular. O solo é composto por matéria orgânica, matéria inorgânica ou mineral, organismos e poros, de diversas dimensões, onde podem estar presentes água ou ar. É sabido que as raízes se movimentam pelos poros existentes no solo, pelo que um solo mais poroso terá obviamente mais espaço disponível que um solo menos poroso. A compactação do solo é muitas vezes vista como a compressão do solo não saturado (Dinis *et al.*, 2014). O efeito mais negativo e mais directo da compactação do solo é a diminuição deste espaço disponível, isto é, a diminuição dos poros, causando por si outros efeitos, como sejam a diminuição da condutividade hidráulica geral, isto é, diminuição da capacidade de infiltração de água no solo e do seu movimento nas camadas sub-superficiais (Sharrow, 2007), aumentando ainda a propensão para ocorrências de encharcamento e também de fenómenos erosivos. Além disto, a compactação também causa uma diminuição de arejamento do solo, uma diminuição de quantidade de oxigénio na rizosfera (podendo causar limitações aos processos metabólicos regulares e favorecer a emergência de pragas), uma diminuição da espessura das camadas mais superficiais (onde estão concentrados a maioria dos nutrientes) e um entrave significativo à emergência de sementes e penetração de raízes, o que afecta directamente a regeneração natural dos sobreiros e azinheiras (Dinis *et al.*, 2014). Naturalmente, a diminuição do espaço disponível no solo causa também um atrofio do sistema radicular das árvores aí existentes.

Este fenómeno da compactação do solo torna-se muito importante para o estudo do declínio das árvores mediterrânicas, pois os solos onde o sobreiro e a azinheira se desenvolvem são na sua maioria pobres em nutrientes e de características físicas menos desejáveis ao seu crescimento (pouco profundos, fraca textura, etc.) sendo extremamente nociva qualquer intervenção que cause o agravamento deste fenómeno. Destas intervenções, merecem algum destaque, não só pela sua eficiência neste aumento de compactação como pela sua aplicação frequente, o pisoteio por parte do gado e a utilização de maquinaria pesada (McKenzie, 2010). Cabral *et al.* (1993) estabelecem uma forte correlação entre a decrepitude do sobreiral juntamente com mortalidade acentuada e o grau de arejamento e capacidade de infiltração do solo. Naturalmente, o vigor das árvores é fortemente condicionado, à partida, pela morfologia do solo e topografia (Cabral *et al.*, 1993).

Quanto ao encharcamento, os factores que mais o influenciam são, em princípio, a natureza do solo e a topografia do terreno. Os solos mais argilosos e mais impermeáveis são mais

susceptíveis de encharcamento que os solos mais arenosos. Quanto à topografia, as zonas de vales de inclinação suave ou nula estão mais sujeitas ao encharcamento. Naturalmente que a conjugação destes factores é relevante, isto é, quanto mais suave a topografia (principalmente nas zonas de vale) e argiloso o solo, mais tendência tem para ficar encharcado. Ao contrário, um solo arenoso com declives acentuado tem pouca tendência para encharcar (salvo se o lençol freático estiver muito superficial). Além disto, como foi referido anteriormente, a compactação do solo diminui a drenagem interna do solo e, por conseguinte, aumenta a possibilidade de encharcamento, facto que se torna agravante nas baixas de declive suave onde se intensifica frequentemente a exploração pecuária. Mais uma vez, torna-se necessário conhecer primeiro as condições da estação e, de acordo com os objectivos, adequar a gestão para que não haja prejuízos às árvores e consequente agravamento do seu declínio.

A temperatura do solo pode afectar o crescimento e o funcionamento das raízes, havendo para a maioria das espécies uma temperatura óptima que acompanha, normalmente, uma maior taxa de crescimento (Sousa *et al.*, 2007). Deste modo, a ausência (mesmo que temporária) dos estratos arbustivo e herbáceo aumentam a temperatura do solo, principalmente nos estios, contribuindo também para a sua secura. Aliada à temperatura, o regime hídrico do solo parece ser determinante no estado de conservação da vegetação (Sousa *et al.*, 2007), especialmente tendo em conta que durante a estação quente e seca esta vegetação está mais propensa a stresses hídricos mais intensos (Costa *et al.*, 2009). Além disso, relativamente ao patógeno *Phytophthora cinnamomi*, na presença de solos mais secos, a maioria dos microorganismos seus supressores é inactivada antes de afectar o agente patogénico, o que pode explicar a sua ocorrência preferencial em encostas orientadas a Sul.

As propriedades químicas, fertilidade e teor em matéria orgânica do solo representam também um factor importante para o desenvolvimento das plantas assim como para o seu declínio. Estas características estão ainda ligadas à actividade microbiana do solo, não só afectando a actividade das micorrizas – fungos que formam simbiose com as raízes, aumentando o poder de absorção e estimulando o seu desenvolvimento, favorecendo, deste modo, o estado de saúde das árvores – como também a actividade de agentes patogénicos que provocam danos consideráveis ao sistema radicular dos sobreiros e azinheiras, nomeadamente *Phytophthora cinnamomi*.

A resposta do crescimento radicular às propriedades do solo não é independente das espécies (Udawatta & Henderson, 2003).

Clima

“A originalidade climática do Mediterrâneo: sujeito, durante o tempo frio, às perturbações ciclónicas, e coberto, no tempo quente, de uma massa de grande estabilidade e de grande secura, que determina o carácter inconfundível do seu longo Estio sem chuvas.” (Orlando Ribeiro, 1968)

Interessa separar os factores climáticos e meteorológicos. Os climáticos são de predisposição – aqueles ligados à qualidade da estação, isto é, relativos a médias anuais ou normais climatológicas; os meteorológicos são temporários e incitam ao declínio, nomeadamente surtos de calor e seca, ou ocorrência frequente de geadas, entre outros. Deste modo, os factores climáticos de predisposição poderão ter influência no declínio do coberto vegetal dos ecossistemas na medida que a qualidade da estação poderá piorar como consequência das alterações climáticas, isto é, a precipitação poderá diminuir e as temperaturas médias (anuais, máximas e mínimas) aumentarem para além de limites razoáveis, em particular para o caso dos sobreiros e azinheiras. A qualidade da estação quanto ao clima é extremamente importante não só no vigor das árvores como também tem influência no sucesso de regeneração destas quercíneas, no entanto, neste caso, nunca desligada dos factores que afectam directamente o solo (secura provocada simultaneamente pelo aumento de temperatura e diminuição de humidade, compactação, etc.).

Exposição

Em Portugal são as encostas viradas a Sul aquelas com maior exposição solar. A exposição, em conjugação com os restantes aspectos físicos, como a topografia (principalmente os declives), a densidade da cobertura vegetal, a fertilidade do solo, profundidade do lençol freático, etc., assim como os factores climáticos extremos, pode influenciar significativamente o estado de saúde e vigor do arvoredo. A produtividade do arvoredo (e.g. cortiça – no caso do sobreiro – e fruto) – podendo apresentar três fases dependendo da intensidade da radiação – com radiação excessiva, particularmente se associado a condições de secura, entra na fase de declínio (Ribeiro J. *et al.*, 2020).

Deste modo, torna-se necessário tomar em consideração esta característica nas tomadas de decisão, em particular, nas práticas culturais.

3.3.4 – Factores temporários (que incitam)

3.3.4.1 – Práticas culturais

Mobilização do solo

“Esses cabeços e gandrás, rareados pela mão do mateiro, espoliados enfim dos últimos fragmentos da sua triste corda de piornos e tojos, achar-se-ão convertidos em arneiros escavados, onde a falta absoluta de húmus torne impossível a vida da erva mais rasteirinha. Então os efeitos dos erros agronómicos, a que a gente do campo tem um afecto tão cego, pesarão terrivelmente sobre ela, vindo depois o remédio só pelo excesso do mal” (Alexandre Herculano, 1849)

As técnicas de mobilização do solo, em particular as mais actuais com maquinaria pesada, modificam a estrutura do solo. Nomeadamente, quebram fisicamente macroagregados em unidades mais pequenas, afectando deste modo a distribuição e tamanho dos poros, o que terá implicações relevantes nas características do solo: compactação, drenagem, arejamento, escoamento, etc., o que trará finalmente consequências significativas para o desenvolvimento radicular das plantas, especialmente nas espécies arbóreas, tanto jovens como adultas (Phiria *et al.*, 2001). Além disso, modifica também a disponibilidade em nutrientes e em carbono orgânico, principalmente nas camadas mais superficiais, sendo uma parte significativa destes evaporada ou lixiviada com os ventos e/ou chuvas. O azoto solúvel é utilizado só em parte pela vegetação herbácea que normalmente surge a seguir (Natividade, 1950). Ainda mais, reduz-se a capacidade de retenção de água e os processos pedogénicos entram numa fase regressiva, além do terreno ficar mais exposto às temperaturas muitas vezes elevadas (Natividade, 1950). Este aumento de temperatura causa um aumento da actividade dos microrganismos responsáveis pela decomposição do húmus¹, levando a uma aceleração deste processo, podendo, mais tarde, levar ao desgaste das suas reservas. A quebra do ciclo de nutrientes, sempre que o solo é mobilizado, corresponde normalmente a uma acidificação do solo (Sousa *et al.*, 2007). Por outro lado, as máquinas poderão representar agentes de disseminação de agentes patogénicos que, associados à perda de fertilidade e degradação das características do solo, poderão provocar danos catastróficos ao coberto vegetal assim como a todo o ecossistema. As máquinas em si, pelo seu enorme peso, também contribuem significativamente para o aumento da compactação do solo (McKenzie, 2010).

Para mais, a mobilização do solo afecta negativamente o sistema radicular dos sobreiros e azinheiras. Como referido anteriormente, o sistema radicular destas espécies constitui-se como dimórfico, explorando todo o perfil do solo (até aos limites possíveis de acordo com as suas

¹ <http://passel-test.unl.edu/beta/pages/index.php?category=top0>

características), o que significa que, dado a natureza pobre e pouco profunda de uma grande parte dos solos mediterrânicos, uma parte considerável das suas raízes poderá estar localizada nas camadas mais superficiais do solo. Lembre-se também que as raízes *sinker* responsáveis pela captação de água nos níveis freáticos mais profundos e pelo processo *hydraulic lift* (ambas as características de extrema importância na época estival) partem de raízes horizontalmente desenvolvidas e sub-superficialmente localizadas, podendo ser destruídas facilmente por uma mobilização de solo (David *et al.*, 2017 in Dinis, 2014). Além disso, se a estrutura do solo é afectada, de modo a diminuir o tamanho e número de poros, aumentando a sua compactação, as raízes terão cada vez menos espaço disponível para o seu desenvolvimento. Este facto pode trazer graves consequências principalmente para a instalação e sucesso de regeneração natural destas quercíneas.

É, hoje em dia, do conhecimento geral, que a copa e as raízes da árvore desenvolvem-se de forma equilibrada e de acordo com as suas necessidades e características do meio, pelo que qualquer alteração numa das partes irá afectar a outra. Dado a escala temporal dos processos fisiológicos da árvore, e de acordo com as condições do meio, os efeitos destes distúrbios podem demorar a ser visíveis.

Um resultado importante do estudo de Dinis (2014), é que parece haver indicação que o efeito do corte nas raízes é permanente, isto é, o espaço outrora ocupado pela raiz cortada não voltará a ser ocupado, lançando-se raízes de substituição em direcções diferentes. Além disso, uma das consequências mais relevantes destes cortes radiculares é o facto das raízes cortadas estarem sujeitas à entrada de agentes patogénicos até sararem. Resumindo, afectando as dinâmicas estruturais do sistema radicular também a funcionalidade da árvore fica afectada (Dinis, 2014).

Gado – Pastoreio

“O felá das montanhas argelinas, o pastor das serranias andaluzas e estremenhas, o árabe meio nómada que percorre as estepes marroquinas, são, pela força das circunstâncias, verdadeiros parasitas da floresta” (Natividade, 1969)

Em primeiro lugar, o gado, como parte integrante dos sistemas agro-silvo-pastoris, como o montado, tem um papel importante em vários aspectos, nomeadamente no controlo do crescimento vegetal e retorno dos nutrientes ao solo (ciclagem de nutrientes) através das fezes e urina. De facto, o pastoreio (bem gerido) representa a forma mais natural e eficiente de controlar a vegetação arbustiva e herbácea, tanto no que respeita à sua natureza como à sua densidade, pois o gado tem um grau superior de selectividade (Freixial, 2019).

No entanto, o gado em excesso, ou, por outras palavras, o pastoreio intensivo (como se tem praticado nos últimos anos) pode ter efeitos muito negativos, principalmente no solo, pois:

- Pode aumentar a sua compactação, como consequência do pisoteio. Naturalmente, o tipo de gado (mais especificamente o seu peso) assim como o seu encabeçamento terão um efeito maior quanto maiores forem ambos.
- Pode também ter influência na disseminação de doenças e agentes patogénicos, como, por exemplo, na disseminação passiva (movimento do patogénio sem esforço do próprio) de *P. cinnamomi*. (O’Gara *et al.*, 2005)
- As fezes e urina em excesso podem não ser totalmente incorporadas no solo, e com determinadas circunstâncias climáticas (por exemplo, o escoamento com a chuva) pode ocorrer a lixiviação de parte desses dejectos não incorporados (Sutton e Joern, 1992).
- Pode provocar cedo o desnudamento do solo, pois se a oferta alimentar das pastagens naturais (ou melhoradas) for rapidamente consumida, no Inverno e Primavera, o solo pode ficar exposto durante a época seca.

Além dos efeitos nocivos que provoca no solo, também pode causar muitos danos à regeneração natural das quercíneas e plantas jovens de sobreiro e azinheira. É comum as árvores jovens de sobreiro e azinheira apresentarem reduzido crescimento e aspecto arbustivo (“emoitadas”) durante muito tempo em áreas com pastoreio permanente, com a rebentação anual parcial ou totalmente sujeita a herbivoria pelos animais (Rodrigues, 1992).



Figura 11 e 12 – Exemplo de danos provocados à regeneração natural de azinheira pelo gado (bovino)

Concluindo, o encabeçamento adequado é essencial ao bom estado de conservação do montado. Este encabeçamento terá sempre que ter em conta o tipo de solo e o seu estado de conservação, a topografia, a vegetação, nunca esquecendo a relação entre os efeitos sobre o solo e a regeneração natural, de acordo com o “calibre” do gado. O tipo de gado tipicamente

mediterrâneo sempre foi o ovino e caprino, isto é, o gado miúdo, em regime extensivo, em muitos casos recorrendo-se também à transumância.

Podas

“Entendemos que podar é conduzir a árvore desde tenra idade para que cresça nas condições mais favoráveis para o fim que tivemos em vista ao plantá-la e não a forçar, já em idade madura, a adquirir uma determinada forma.” (Domingos Pereira Machado, 1946)

A poda é uma prática cultural de extrema importância tanto na condução dos povoamentos e frutificação como pode ser altamente destrutiva quando praticada de forma abusiva e muitas vezes criminal. Consiste na eliminação selectiva de ramos com um determinado objectivo, sendo dividida em vários tipos, normalmente os mais relevantes sendo: poda de formação, poda de frutificação e poda sanitária. Ainda se pode considerar um outro tipo denominado poda de rejuvenescimento – consiste numa poda mais intensa, efectuada em árvores decrépitas ou velhas, com a supressão de muita ramaria – mas é muito pouco praticada e no caso de haver uma boa gestão e presença de regeneração assim como de árvores jovens, torna-se desnecessária, sendo substituída pelo corte ou abate.

A poda de formação tem como objectivo evitar a bifurcação baixa (Natividade, 1950) de modo a obter um fuste o mais direito possível. Esta poda é mais relevante no sobreiro pois desta forma as futuras pranchas de cortiça serão igualmente direitas, o que facilita muito o trabalho da sua extracção e baixando os custos desta operação (Santos, 1995).

A poda de frutificação tem como principal objectivo regularizar a produção de fruto já que os frutos do sobreiro e azinheira, como de todos os carvalhos, originam-se sobre lançamentos do próprio ano. No entanto, a poda severa afecta o crescimento do diâmetro do tronco, enfraquece a árvore, reduzindo a sua estatura e diminui a quantidade e qualidade da produção de fruto. Grande parte das energias da árvore depois de uma poda intensa é alocada para a restauração do equilíbrio perdido (Natividade, 1932).

Na poda sanitária eliminam-se todos os ramos doentes, envelhecidos ou secos, sujeitos a apodrecer e a tornarem-se pontos de entrada a pragas e doenças (Santos, 1995).

No entanto, seja qual for o tipo de poda, quando praticada de forma exagerada, isto é, quando há redução acentuada da área foliar, a árvore, para compensar a folhagem perdida, emite profusamente ramos epicórmicos, normalmente nas zonas expostas à radiação ao longo das pernadas (Santos, 1995). Estes renovos (também chamados de mamões) como geralmente são apumados e muito vigorosos poderão perfeitamente estar na origem do mito de que as podas

exageradas rejuvenescem a árvore. Mas, estes sugam a maior parte da seiva bruta destinada a alimentar a perna que conseqüentemente enfraquece (Santos, 1995). Além disto, as podas exageradas causam um grande distúrbio no equilíbrio da árvore, pois se o sistema aéreo é muito decapitado, ao mesmo tempo que a árvore o tenta reconstituir, uma parte do sistema radicular é abortada, causando distúrbio na absorção de nutrientes, podendo afectar, por sua vez, a produção de fotoassimilados pelas folhas, podendo causar ainda mais enfraquecimento (Natividade, 1937). Parte deste distúrbio afecta em grande parte o crescimento da árvore, não só na sua estatura, mas também na cortiça, no caso dos sobreiros (Natividade, 1937). No caso das azinheiras, as podas intensas e exageradas a que foram muito tempo sujeitas, juntamente com a destruição do sistema radicular (mobilização de solo), são a causa de grandes distúrbios (Ribeiro *et al.*, 2016).



Figura 13 – Azinheira exageradamente podada

Um outro problema das podas são as feridas deixadas na árvore, especialmente quando são exageradas pois a probabilidade de haver feridas graves é maior, e quanto maior for o ramo cortado mais tempo demorará a árvore a sarar a ferida e mais tempo ficará o lenho exposto à cárie.

Concluindo, quando exagerada, é uma prática que enfraquece as árvores, desregulando-as, e o que se obtém de receita, mesmo que tenha algum rendimento, não cobre os prejuízos sofridos na produção de cortiça, no caso dos sobreiros (Natividade, 1937), nem o futuro das árvores que fica, em muitos casos, arruinado.

A legislação portuguesa permite a poda do sobreiro “apenas quando vise melhorar as suas características produtivas” (DL 169/2001). Por outro lado, as autorizações desta prática cultural enumeram um conjunto de condições onde figura uma particularmente importante: “não podem ser suprimidos mais de 25% do total da copa viva (30% no caso de árvores muito decrépitas)”.

Desbastes

O desbaste é uma prática cultural silvícola importante em que se removem árvores de um povoamento e a escolha dos indivíduos a eliminar depende da espécie, das características do povoamento e da estação, assim como dos objectivos do desbaste (Gonçalves, 2017b).

Além de um certo limite, os desbastes podem: favorecer a decomposição do húmus, agravar as perdas de água por evaporação, contribuir para o maior desenvolvimento de vegetação concorrente (indesejável) e baixar a fertilidade do solo. Deste modo, pretende-se evitar a formação de clareiras que deixam o solo desprotegido (Natividade, 1950).

Descortiçamento

O descortiçamento consiste na separação do tecido suberoso do entrecasco, pelo rasgamento das membranas das células de cortiça recém-formadas (Natividade, 1950). Desta forma, o fuste, desprovido da sua casca, fica desprotegido até nova formação de cortiça. Por outras palavras, o descortiçamento corresponde a uma crise que, de modo a repor esta casca, motiva uma menor actividade das restantes formas de crescimento da árvore reduzindo-as (grossura do tronco e altura) e enfraquece a árvore, pois fica temporariamente despida de protecção (Santos, 1995), além de haver sempre mais probabilidade de se criarem mais feridas, em particular nas zonas de tiragem difícil como são normalmente as pernas. A janela temporal para o descortiçamento varia de acordo com as condições climáticas além de também variar de indivíduo para indivíduo, isto é, para que a cortiça seja retirada com o mínimo de risco para o sobreiro (na gíria, para que ela dê) é necessário um conjunto mais ou menos restrito de condições de modo a que se consiga retirá-la sem danificar o entrecasco. Além disso, podem haver outros factores que influenciem esta operação, nomeadamente a cobrilha da cortiça, cujas galerias por ela deixadas, entre a cortiça e o entrecasco, dificultam o processo de descortiçamento da árvore, ao mesmo tempo que desvaloriza a própria cortiça. Ao contrário do felogénio, o câmbio não tem, normalmente, possibilidade de se regenerar, deixando-se, nas zonas onde se arranca o entrecasco, o câmbio e o lenho sob a acção do tempo e originando-se uma ferida (Santos, 1995; Natividade, 1950). A cicatrização, que se inicia na zona do câmbio que cerca essa ferida, é muito lenta, durante a qual pode o lenho apodrecer (além de corresponder também a uma porta de entrada a pragas e doenças), desvalorizando também a cortiça (Santos, 1995; Natividade, 1950). Acresce ainda o problema de que este processo é semelhante mesmo se o entrecasco for apenas levantado (e não arrancado) (Santos, 1995). De facto, a crise motivada pelo descortiçamento é tal que, por lei, as podas não são permitidas nos dois anos antecedentes à

extracção da cortiça nem nos dois subsequentes (DL 169/2001), dado o enfraquecimento acrescido que teria para as árvores.



Numa última nota, quanto às práticas culturais, nem todas terão o mesmo peso no processo do declínio do sobreiro e azinheira, nem dos montados ou sobreirais e azinhais, dependendo naturalmente das condições edafo-climáticas locais, da estação, da densidade dos povoamentos e da intensidade e cuidado destas práticas, entre outros.

Outros factores, como por exemplo a poluição, terão influência na sanidade da vegetação, do solo e dos ecossistemas, mas o seu papel no processo do declínio não é claro, seja por efeito directo ou indirecto (Sousa *et al.*, 2007).

3.3.4.2 – Factores meteorológicos

Secas

As alterações climáticas, bem como a maior frequência de eventos meteorológicos extremos, tem sido assunto recorrente nas últimas décadas, com consequências muitas vezes devastadoras, tanto para os ecossistemas e habitats como para a sociedade humana. Naturalmente, estes eventos meteorológicos extremos também representarão um papel importante no processo do declínio das áreas de distribuição dos sobreiros e azinheiras. Destes eventos meteorológicos extremos, as secas intensas e prolongadas ganham especial interesse. O impacto destes eventos nas árvores dependerá da sua intensidade, duração e frequência, bem como da qualidade da estação, da fase fenológica em que ocorrem e ainda da interacção com outros tipos de stress (David *et al.*, 2017). David *et al.* (1992) constataram que os dados analisados parecem evidenciar uma convergência entre os surtos de seca e o incremento de mortalidade mais acentuada de sobreiros (embora haja algum desfasamento).

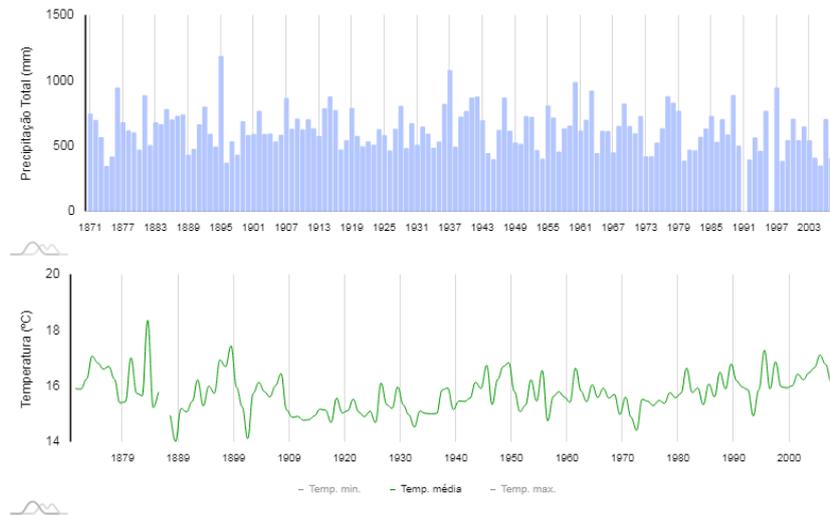


Figura 14 – Evolução da precipitação e temperatura anuais no período de 1871-2008, para a estação meteorológica de Évora (IPMA)

Estas secas extremas poderão ainda ter mais relevância ao nível do solo, especialmente se conjugadas com técnicas culturais inadequadas à sustentabilidade do sistema, em especial mobilização do solo ou pastoreio intensivo. Por outro lado, ao nível da árvore, de um modo geral, a actividade fotossintética diminui e a respiratória aumenta tanto com o aumento de temperatura como com o défice de água (David *et al.*, 2004; Sousa *et al.*, 2007). Além disso, durante o estio as árvores dependem de reservas hídricas profundas e são, por isso, extremamente sensíveis a rebaixamentos dos níveis freáticos, sejam eles causados pelas alterações climáticas e/ou por gestão inadequada dos recursos hídricos por parte da população (captação de água para abastecimento humano e/ou rega) (David *et al.*, 2007; Sousa *et al.*, 2007). Para mais, a temperatura das folhas responde mais rapidamente ao aumento da radiação solar do que à sua diminuição (Alexandre & Andrade, 2018a). A seca, de um modo geral, associada a altas temperaturas e excesso de luz pode resultar numa foto-inibição ou diminuição de regulação da fotossíntese (Camilo-Alves, 2013).

Radiação solar

A radiação solar representa a principal fonte de energia das plantas além de ser a fonte motora do processo da fotossíntese. A sua intensidade depende das características espacio-temporais, isto é, da localização e da data e hora (Fabrika & Pretzsch, 2013). Além da intensidade, a radiação incidente é influenciada por outros factores, nomeadamente o grau de coberto vegetal e/ou arbóreo. Deste modo, a radiação incidente no solo nú e descoberto não será a mesma que no solo coberto por vegetação e ainda naquele que se encontra debaixo das copas das árvores. Estudos indicam que uma maior incidência de radiação solar provoca uma diminuição na sobrevivência de jovens plântulas, mesmo aquelas mais tolerantes à radiação, em oposição à

elevada taxa de sobrevivência debaixo do copado, e até mesmo em sombras artificiais (Bader *et al.*, 2006).

Incêndios

Os incêndios causam desequilíbrios na floresta podendo induzir modificações profundas nos ecossistemas, afectando directa ou indirectamente o coberto vegetal assim como o solo (Sousa *et al.*, 2007). Embora alguns ecologistas os considerarem elementos-chave dos processos ecológicos e não desastres, será desaconselhável considerá-los assim tão levemente nestes ecossistemas altamente intervencionados pelo Homem. Além disso, os estragos e danos ambientais bem como socio-económicos que causam são a maior parte das vezes demasiado avultados para serem descartados do processo de declínio. Os prejuízos dos incêndios causados nos sobreiros são particularmente graves nos primeiros anos que seguem o descortiçamento (incluindo o próprio ano) (Natividade, 1950). Além da sua potencialidade em aumentar a mortalidade significativamente, a cortiça atingida perde valor, por se apresentar externamente queimada, mas também porque os anéis suberosos formados antes e depois do incêndio se separam com frequência (Natividade, 1950). A folhagem também é gravemente atingida o que, em conjunto com as outras consequências directas previamente enumeradas, prejudica o crescimento do lenho (Natividade, 1950). Ainda, a destruição da manta viva e manta morta traz consequências negativas ao estado de saúde do coberto vegetal.

Estes danos e prejuízos causados pelos incêndios florestais tomam proporções verdadeiramente destrutivas e alarmantes quando se acendem nos anos de extremos climáticos, em particular nas secas mais severas e estios anormalmente quentes.

3.3.5 – Factores que aceleram

Pragas e doenças

É comum associar-se ao declínio a ocorrência e presença de agentes nocivos às árvores que constituem estes sistemas, já que muitos deles são oportunistas, isto é, atacam os indivíduos mais doentes, fracos, decrepitos e de idade mais avançada. No entanto, alguns destes agentes não poupam as árvores mais vigorosas (Natividade, 1950), tornando ainda mais difícil o estudo dos seus comportamentos, a sua distribuição e o seu verdadeiro impacto no declínio do coberto arbóreo, podendo muitos deles, deste modo, fazer parte dos factores temporários (que incitam), como, por exemplo, a *P. cinnamomi*. No entanto, para não confundir, expôr-se-ão neste mesmo sub-capítulo. Além disso, o poder patogénico de alguns destes agentes pode variar espacialmente e temporalmente. No caso das doenças do sobreiro, Santos (2003) verificou,

através do estudo da microflora do tronco e ramos, que a grande maioria dos agentes patogénicos tem carácter endofítico, isto é, permanecem em estado latente nos tecidos sãos e aguardam que outros factores desfavoráveis reduzam a capacidade de defesa dos hospedeiros. Sendo o número destas pragas e doenças nos montados e sistemas florestais muito elevado, enumera-se apenas alguns de maior relevância, no caso de Portugal:

- Lagarta do sobreiro (*Lymantria dispar* L.): em Portugal este desfolhador tem acentuada preferência pelo sobreiro (Nogueira & Ferreira, 1972). Como qualquer desfolhador, o seu ataque provoca lesões foliares, facilmente identificadas, podendo induzir desequilíbrios ao nível da fotossíntese (Sousa *et al.*, 2007).
- Burgo (*Tortrix viridana* L.): é uma praga (desfolhador) que vive exclusivamente na dependência de carvalhos. Ocasionalmente destrói os gomos foliares e florais trazendo graves prejuízos à frutificação (Nogueira & Ferreira, 1972).
- Cobrilha-da-cortiça (*Coroebus undatus* Fab.): a larva deste insecto escava galerias, por vezes muito extensas, na cortiça, depreciando o seu valor. Além disso, como referido anteriormente, a sua presença causa humedecimento o que provoca muitas vezes o arranque do entrecasco aquando do descortiçamento.
- Plátipo (*Platypus cylindrus* Fab.): este insecto xilófago até ao final do século passado limitava o seu ataque a árvores enfraquecidas, doentes ou decrepitas. No entanto, sofreu recentemente uma explosão populacional, sugerindo uma ligação mais estreita entre a sua presença e o processo de declínio destes ecossistemas (Sousa *et al.*, 2007).
- Carvão-do-entrecasco (*Biscogniauxia mediterranea* Kuntze): este fungo ataca os ramos e o tronco das árvores apresentando a produção de estromas carbonáceos nestes e fendilhamento da cortiça (no caso do sobreiro). A actividade deste fungo tem sido normalmente associada a árvores com sinais de decrepitude ou enfraquecidas, sendo geralmente o último agente patogénico a evidenciar-se (Santos, 2003) mas ultimamente tem aumentado a sua distribuição para árvores jovens também (Henriques, 2018).
- *Phytophthora cinnamomi*: é um oomycete presente no solo, largamente distribuído em regiões temperadas e tropicais, que parasita raízes vivas. Persiste no solo ou em plantas infectadas, podendo sobreviver até 6 anos em solos húmidos (Camilo-Alves *et al.*, 2013). Este agente patogénico ataca principalmente raízes finas (ocasionalmente raízes grossas) apodrecendo-as. Os sintomas secundários assemelham-se aos de stress hídrico: a folhagem torna-se clorótica, murcha e, dependendo da severidade do apodrecimento radicular, os raminhos podem morrer, diminuindo a copa. O isolamento e identificação deste agente patogénico é relativamente difícil, tendo-se revelado com sucesso nalguns estudos, mas noutros não, dificultando a compreensão da sua real influência na

mortalidade e declínio dos carvalhos. Foi reportado que a compactação do solo assim como maiores percentagens de argila apresentam taxas mais elevadas deste patógeno, e encostas orientadas a Sul são favoráveis à sua sobrevivência (Camilo-Alves *et al.*, 2013). Além disto, muitas outras espécies da flora mediterrânea são também hospedeiras de *P. cinnamomi* (exemplo: tremocilha – *Lupinus luteus* L. (Camilo-Alves *et al.*, 2020)), constituindo um factor epidemiológico relevante, além de manter a sua população activa (Moreira *et al.*, 2005). *P. cinnamomi* encontra-se mais activo nas orlas da mortalidade, já que existe antagonismo e interferência de microflora secundária de crescimento rápido no centro (Camilo-Alves *et al.*, 2020). No caso da Península Ibérica, o impacto deste agente patogénico tem-se revestido de tal importância que tem sido considerado factor causal do declínio destas quercíneas, lembrando que por si só não explica o fenómeno da mortalidade do sobreiro e azinheira, razão pela qual ser considerado agora um factor de incitamento.

- Depois destas principais pragas e doenças, a entomofauna do sobreiro e azinheira revela-se variada, existindo outros agentes destrutivos que apesar de não terem peso significativo no processo de declínio destas quercíneas, poderão mostrar-se bastante nocivos em pequenas zonas de sobreiral, à escala da propriedade (Azevedo e Silva, 1968). Entre eles enumeram-se os seguintes:
 - *Armillaria melle* (Vahl:Fr.) Kumm (sistema radicular)
 - *Endothiella gyrosa* Sacc (ramos e tronco)
 - *Periclista andrei* e *P. dusmeti* – Largarta-verde
 - *Euproctris chrysorrhoea* – Portésia
 - *Coroebus florentinus* – Cobrilha-dos-ramos
 - *Curculio elephas* – Balanino
 - *Crematogaster scutellaris* – Formiga-da-cortiça
 - *Cerambyx cerdo* – Capricórnio-das-quercíneas

3.3.6 – Regeneração natural

Por mais preocupante que seja o declínio dos nossos sobreiros e azinheiras, não nos podemos esquecer de que a morte vem ao encontro de qualquer ser vivo, incluindo árvores.

Além do problema da mortalidade, o problema da distribuição das idades dos povoamentos não pode ser excluído do processo do declínio. A par da idade avançada de uma grande parte dos

nossos povoamentos de sobreiro e azinheira e, portanto, de uma certa expectativa de mortalidade, a ausência de regeneração natural e de indivíduos jovens nos povoamentos afigura-se como um factor da maior importância. A actual ausência de regeneração natural de sobreiros e azinheiras nos nossos sistemas florestais e montados é um factor decisivo no seu vigor, tendo ainda em consideração que estas quercíneas são árvores de crescimento lento.

Devido, por um lado, a condições do meio físico pouco favoráveis, marcadas, nos últimos anos por uma longa estação seca, acompanhada por ventos quentes e secos, e, por outro lado, à acção destrutiva do pastoreio, a regeneração natural está, um pouco por todo o lado, escassa e aquela artificial depara-se com grandes dificuldades (Zaheira, 2009).



Figura 15 – Regeneração natural de sobreiro

Por outras palavras, temos, em muitos casos, sistemas em declínio, com a presença de árvores maioritariamente adultas, muitas delas velhas e decrépitas com claros sinais de já terem ultrapassado o seu termo de explorabilidade, e sem árvores jovens que as consigam substituir num horizonte temporal rentável para o ser humano. No caso do sobreiro, dado o espaço de tempo largo para obter cortiça de reprodução – amadia – esta substituição toma particular interesse na gestão dos povoamentos. Infelizmente, mesmo que hajam alguns esforços individuais e pontuais por parte de alguns proprietários para uma melhor gestão, e que haja preocupação geral sobre o assunto, muito pouca atenção se tem dado a este fenómeno. Frisa-se ainda que muitos dos factores que mais contribuem para a maior ou menor presença de regeneração natural de sobreiro e azinheira correspondem a muitos que influenciam ou desencadeiam o declínio dos espécimes adultos.

3.3.7 – Gestão do declínio

“É bem próprio da condição humana o anseio de simplificar os problemas (Joaquim Natividade, 1969)

A gestão destes sistemas – ambos o montado e o sobreiral/azinhal – depende da integração de actividades que têm horizontes temporais e espaciais distintos (Ribeiro, 2015). Deste modo, o seu declínio assim como o das árvores que os constituem dependerão do sucesso (ou insucesso) desta mesma gestão.

Será importante referir que ainda prevalecem, em muitas propriedades, o sistema de arrendamento da terra, onde na mesma área o proprietário explora ao máximo, por exemplo, a cortiça, e o rendeiro visa explorar ao máximo as culturas de curto-médio prazo, isto é, as componentes agrícola e pecuária (David *et al.*, 1992). A maximização contínua da produção de todas as componentes não é ilimitada, isto é, existe um limite correspondente ao máximo de resiliência das espécies em relação à intensificação da sua produção.

O solo é a base de toda a dinâmica dos ecossistemas estando directamente ligado a outro recurso importante – a água (Roxo *et al.*, 2005). Naturalmente, interessará exercer práticas culturais que promovam a sua protecção e conservação. A juntar a este corolário está o facto de muitos dos solos onde estes sistemas se inserem terem características desfavoráveis para o crescimento e desenvolvimento das quercíneas em estudo.

As gradagens, juntamente com o peso das máquinas, como foi explicado anteriormente, têm um efeito muito negativo no solo acentuando os fenómenos de erosão, sendo a camada mais superficial removida primeiramente, originando a perda de capacidade de fixação de nutrientes e consequente degradação da qualidade do coberto (Ferreira *et al.*, 2007), e contribuindo ainda para a diminuição da humidade atmosférica e aumento do défice de saturação, possibilitando o aumento de perdas de água por evapotranspiração (Rodrigues & Pita, 1997). Além disso, podem ser destrutivas, mesmo quando pouco profundas, do sistema radicular das árvores.

A destruição da matéria orgânica e empobrecimento das características do solo fomentam o aparecimento de matos heliófilos, normalmente dominados por cistáceas (exemplo: esteva – *Cistus ladanifer* L.) (Raposo & Pinto-Gomes, 2014; Natividade, 1950). Estas espécies da fase inicial da sucessão ecológica (referidas por Natividade (1969) como a “escória florística da charneca”), e mais xerofíticas, são também mais vulneráveis ao fogo do que a flora de estádios mais avançados, indicadoras de sobreiral e montado bem conservados. Por outro lado, poderão ser muitas vezes preferíveis (de acordo com limites adequados) ao solo desnudado.

Quanto ao pastoreio, se, por um lado, é a forma mais eficiente e natural de controlar a dinâmica progressiva do coberto vegetal, por outro, em excesso pode causar alterações na composição florística e grau de cobertura das pastagens (Freixial & Barros, 2012) assim como pode levar a uma maior nitrificação dos solos (Raposo & Pinto-Gomes, 2014). O tipo de gado terá, naturalmente, influência mais ou menos significativa na conservação dos montados, bem como

o seu encabeçamento. O consumo total do estrato herbáceo e arbustivo também debilita o sistema na medida que são um contributo considerável de azoto inorgânico (e, por conseguinte, azoto total) (Otieno *et al.*, 2010).

Por outro lado, o abandono destes sistemas também não representará a melhor solução para aumentar a sua resiliência e melhorar a sua conservação.



Figura 16 – Regeneração natural de azinho constantemente atacada pelo gado (“emoitada”)



Figura 17 – Abandono numa área de sobreiral dominada agora pela esteva

Os eventos meteorológicos extremos, por seu lado, e em particular as secas prolongadas e estios com temperaturas muito elevadas, causam desequilíbrios nas árvores e nos sistemas que elas compõem, nomeadamente: défice hídrico; estragos no fotossistema; efeito constrangedor que pode causar nas pastagens e, por conseguinte, na oferta alimentar para o gado; alterações químicas e físicas no solo; efeitos directos na exploração de algum produto, como, por exemplo, a cortiça; etc. Além disso, quando combinados com as práticas culturais inadequadas (mobilização de solo, descortiçamentos mal efectuados e/ou intensos) poderão comprometer

ainda mais a resiliência destes sistemas. A redução de precipitação terá também mais influência nas encostas viradas a Sul, onde é maior a exposição solar.

Os incêndios são ainda um factor a considerar na gestão, pela sua capacidade destrutiva, tanto do coberto vegetal como do próprio solo, aumentando os processos de erosão e degradação.

Um variado conjunto de práticas culturais em torno das árvores e dos povoamentos podem ter influência significativa na conservação destes ecossistemas, como, por exemplo, as podas, descortiçamento, etc.

Quanto às pragas e doenças, sabe-se que a maior parte delas atacam com maior agressividade e/ou intensidade as árvores mais debilitadas (assim como os próprios sistemas). Deste modo, as características mais influentes no agravamento da saúde e vitalidade das árvores correspondem também às principais causas de incidência destas pragas e doenças. Ainda, graves focos de mortalidade são frequentemente encontrados nas zonas limítrofes da distribuição da espécie em causa, nunca se devendo descartar as suas características (David, 2002).

Por último, convém mencionar que o coberto arbóreo tem muitas outras funções além de fornecer directamente produtos florestais, enumerando-se algumas, de seguida:

- O sistema radicular das árvores é um eficiente fixador do solo, contribuindo para travar a sua erosão.
- O copado (bem formado) é um agente importante de intercepção e redistribuição da precipitação, contribuindo para uma melhoria das condições tróficas do solo sob a copa, incrementando a qualidade e produção de pasto e prolongando o período vegetativo (David, 2002).
- Captura das partículas de nevoeiro; modificação da temperatura do ar e evaporação ou condensação das partículas de nevoeiro (Patrício *et al.*, 1998).
- Aumento da turbulência do vento (Patrício *et al.*, 1998).
- A folhada contribui significativamente para o aumento de matéria orgânica no solo
- A sua sombra não só é abrigo para os animais na época mais quente como também contribui para manter as temperaturas do solo mais baixas.
- Relativamente ao sobreiro e azinheira, as próprias árvores são os principais elementos no desenvolvimento inicial de regeneração natural, já que as bolotas são frutos pesados e a maioria não se afasta muito das suas progenitoras. Além disso, beneficiam também da sua sombra já que as plântulas jovens destas espécies apreciam a meia-sombra no seu estado inicial.

- A melhoria das condições do solo debaixo da copa tem consequências importantes quanto à toxicidade do solo, podendo ser menor sob a sua protecção (Carvalho, 2012).



Figura 18 – Exemplo de toxicidade do solo fora e debaixo das copas das árvores

- Entre outros...

Deste modo, o declínio destes ecossistemas e sistemas de exploração está fortemente ligado ao declínio do arvoredo.



O uso sustentado de um sistema é aquele que mantém o seu potencial produtivo à perpetuidade, procurando atingir-se auto-suficiência e auto-regeneração para que haja o máximo de aproximação possível ao ecossistema natural (Ribeiro *et al.*, 2006).

4 – Metodologia

A área de estudo corresponde a 5 Zonas de Intervenção Florestal (ZIF) do concelho de Coruche, no total de 157143.42 ha.

Tabela 1 – Áreas de estudo

ZIF	Área (ha)
Charneca da Calha do Grou	18112.95
Ribeiras da Lamarosa e Magos	28366.14
Erra	12475.06
Baixo Sorraia	43406.62
Divor	54788.68

Uma Zona de Intervenção Florestal é uma área territorial contínua e delimitada, constituída maioritariamente por espaços florestais, submetida a um Plano de Gestão Florestal (PGF) e que cumpre o estabelecido nos Planos Municipais de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI), administrada por uma única entidade que se denomina Entidade Gestora da ZIF ¹. A principal vantagem de uma ZIF (principalmente para minifúndios) é a maior facilidade em elaborar e pôr em prática formas tecnicamente adequadas de gestão e defesa das florestas contra incêndios e outros agentes bióticos e abióticos. Por outro lado, os proprietários aderentes não têm que elaborar um PGF individual (Gonçalves, 2018).

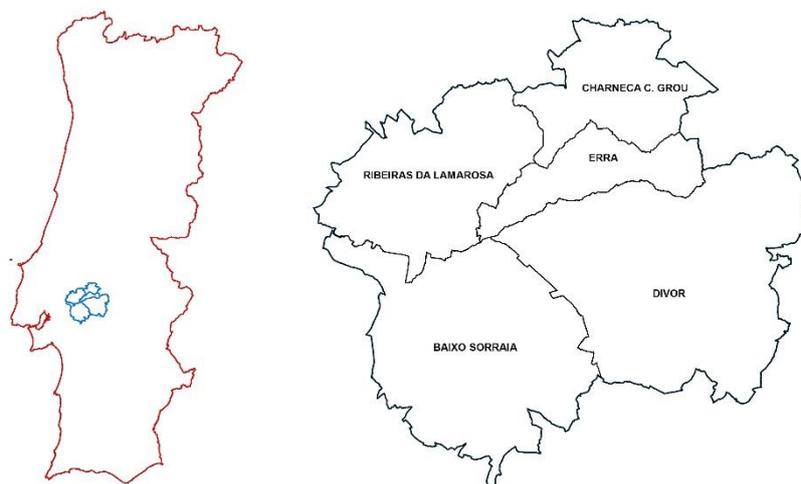


Figura 19 – Área de estudo

Dado que a área de estudo é dividida, mais ou menos a meio, pelo rio Sorraia, e por falta de alguns dados, doravante as ZIF de Coruche ficam divididas em duas zonas: ZIF Norte,

¹ <https://www.icnf.pt>

composta por Ribeiras da Lamarosa, Charneca do Grou e Erra; e ZIF Sul, composta por Baixo Sorraia e Divor.

Este trabalho foi realizado em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), mais especificamente utilizando o *software* ArcGIS, versão 10.8.1 (ESRI) e também *software* SPSS (IBM) para a análise estatística.

Os SIG assentam no simples conceito de se tratarem de sistemas em que a informação tem uma posição associada, isto é, trata-se de informação georreferenciada ou informação geográfica (Matos, 2008). Deste modo, o SIG pode-se definir como um conjunto ou sistema de *hardware*, *software* e procedimentos concebidos para apoiar a recolha, gestão, análise, modelação e visualização de dados georeferenciáveis para resolver problemas de planeamento e de gestão (Catita, 2012).

Qualquer projecto ou trabalho assente em SIG pode ser dividido numa sequência de tarefas, enunciadas de seguida, com a correspondência no caso deste trabalho:

- Aquisição de dados (directos, através de medições de campo, ou indirectos, sejam por exemplo dados já adquiridos e trabalhados por terceiros). Neste caso, os dados adquiridos são inteiramente indirectos:
 - Carta Administrativa de Ordenamento do Território (CAOP), de 2020, obtida no site do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG), da Direcção Geral do Território (DGT) ¹, em formato vectorial;
 - Carta de Ocupação do Solo – COS (2007, 2010 e 2015, de forma a acompanhar o melhor possível os momentos de estudo) (DGT), em formato vectorial;
 - Modelo Digital do Terreno (MDT) com resolução de 25 metros (DGT), em formato matricial;
 - Carta de Solos de Portugal Continental à escala 1:25 000 (DGT), em formato vectorial;
 - Cartas climáticas baseadas nas características da espécie em estudo (sobreiro) (PROF, 2019), em formato vectorial;
 - Carta de Radiação Global Horizontal: média anual no período de 1994-2018², em formato matricial.

¹ <https://snig.dgterritorio.gov.pt/>

² <https://solargis.com/>

- Análise espacial e estatística: consiste na utilização de várias funções/operações sobre os dados geográficos pré-tratados de forma a obter os resultados de acordo com os objectivos do trabalho. Caso seja necessário, pode-se produzir uma base de dados para que sejam trabalhados de outras formas (ex: análise estatística).

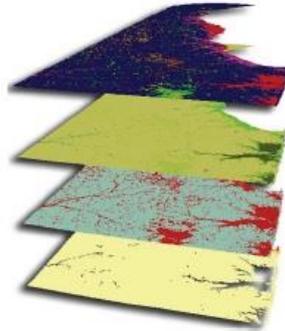


Figura 21 – Esquematização do processo de análise espacial em SIG

4.1 – Carta Administrativa do Ordenamento do Território (CAOP)

Foi feita a reclassificação desta carta para apresentar apenas os limites dos concelhos, já que se aproxima mais da área de estudo do que as freguesias (muito pequenas) ou distritos (demasiado grandes), para uma análise mais prática.

4.2 – Carta de Ocupação de Solo (COS)

Quanto à Carta de Ocupação do Solo, fez-se uma pré-análise com o objectivo de verificar se houve mudanças significativas no uso do solo no interior da área de estudo, entre os intervalos de tempo em estudo (2004-2010-2015). Para tal, foram adquiridas as COS mais próximas dos anos em estudo, isto é, de 2007, 2010 e 2015 (apenas a de 2007 está um pouco desfasada).

No entanto, independentemente das mudanças que possam ter ocorrido na ocupação do solo, as áreas que serão analisadas neste estudo correspondem às “Florestas de Sobreiro” e “Sistemas Agro-florestais (SAF) de Sobreiro”.

4.3 – Modelo Digital do Terreno (MDT)

4.3.1 – Hipsometria

Uma carta hipsométrica não é mais do que uma representação gráfica de altitudes de pontos situados sobre um plano de referência, neste caso, produzida através do Modelo Digital do Terreno disponível.

4.3.2 – Declive

Os declives podem ser obtidos através do MDT, usando para isso a ferramenta de ArcGIS *Slope*. De seguida, efectuou-se uma reclassificação do conjunto de valores de declive calculados, baseada na conjugação de uma classificação geral de declives (Saskatchewan Land Resource Unit, 2009) e de acordo com os critérios definidos nos trabalhos de Ribeiro *et al.* (2016) e Ferreira *et al.* (2001) em função do equipamento utilizável.

Tabela 2 – Classes de declive

Classe de declive	Intervalo de valores (em %)	Tipo de declive
1	[0-5]	Leve
2	[5-15]	Moderado
3	> 15	Forte

4.3.3 – Exposição

A exposição das encostas de uma qualquer área, pode ser determinada a partir do MDT, recorrendo à ferramenta *aspect*, do ArcGIS. As exposições estão em graus, estando divididas nas quatro vertentes (expostas na tabela seguinte), e ainda a exposição nula que corresponde a uma encosta perfeitamente plana.

Tabela 3 – Intervalos das exposições

Exposição	Intervalo em graus (°)
Norte	0 – 45; 315 – 360
Este	45 – 135
Sul	135 – 225
Oeste	225 – 315

4.4 – Solos

Para o estudo da variável dos solos, recorreu-se, em primeiro lugar, a ferramentas de corte (*clip*), do ArcGIS, para limitar esta variável à área de estudo. Existem, neste caso, duas fontes de informação (apesar de serem ambas produções/digitalizações da Carta de Solos de Portugal) – para o Alentejo e Lisboa e Vale do Tejo, pelo que na sua confrontação foi feita a verificação topológica.

4.5 – Índices climáticos

Estes índices foram calculados com base na última normal climatológica disponível, isto é, do intervalo de 1971 a 2000.

4.5.1 – Índice de termicidade

O índice de termicidade (proposto por Rivas-Martínez) pondera a intensidade do frio invernal. Define-se pela seguinte fórmula: $It = (T + m + M) \cdot 10$, sendo T a temperatura média anual (°C), m a temperatura média das mínimas do mês mais frio (°C) e M a temperatura média das máximas do mês mais frio (°C) (Pinto-Gomes & Ferreira, 2005).

4.5.2 – Índice ombrotérmico

Quanto ao índice ombrotérmico anual relaciona a precipitação média anual com a temperatura média anual (descartando os valores de ambos se a temperatura média for abaixo de 0 °C). É dado pelo quociente entre a soma das precipitações média mensais em milímetros (Pp) e a soma das temperaturas médias mensais em graus centígrados (Tp): $Io = Pp/Tp$ (Pinto-Gomes & Ferreira, 2005).

4.5.3 – Índice de continentalidade

O índice de continentalidade simples, que indica simplesmente a amplitude média anual da temperatura, isto é, $Ic = T_{\max} - T_{\min}$, onde T_{\max} é a temperatura média do mês mais quente e T_{\min} é a temperatura média do mês mais frio (Pinto-Gomes & Ferreira, 2005).

4.5.4 – Qualidade da estação

De forma a trabalhar com valores climáticos mais actuais, recolhidos na Estação Meteorológica de Coruche, calcularam-se novos índices para intervalos de 10 anos, terminando cada um num dos momentos em estudo (1994-2004, 2000-2010, 2005-2015). Isto permite verificar as condições climáticas entre os períodos de análise e as suas consequências para os resultados da aptidão do sobreiro na área de estudo.

4.5.5 – Radiação

Depois de obtida a carta de radiação¹, em formato matricial, e limitada para a área de estudo, foi feita uma conversão (sem qualquer reclassificação) para formato vectorial (polígonos, neste caso), sem simplificação e no final, “corrigidos de imperfeições”, como, por exemplo, polígonos excessivamente pequenos, buracos e sobreposições, recorrendo às ferramentas do ArcGIS anteriormente descritas.

4.6 – Aptidão florestal do sobreiro

4.6.1 – Aptidão edáfica – Características de diagnóstico

Com base na Classificação de Solos de Portugal, cada unidade de solo foi classificada em função da limitação ao desenvolvimento florestal na característica de diagnóstico correspondente (Ribeiro *et al.*, 2016).

Tabela 4 – Características de diagnóstico (Ribeiro *et al.*, 2016)

Característica de diagnóstico	Condicionante ao desenvolvimento
Sem limitações	Sem condicionantes
Profundidade expansível	Limitação de espessura efectiva, que pode ser aumentada por meios mecânicos
Calcário activo	Presença de calcário activo
Descontinuidade textural	Horizonte B argílico
Características vérticas	Aberturas de fendas que dificultam ou limitam o desenvolvimento das raízes de plantas multianuais
Salinidade	Excesso de sais no perfil do solo
Drenagem externa	Potencial de acumulação de água à superfície do solo
Drenagem interna	Presença de toalhas freáticas superficiais
Armazenamento de água	Deficiente capacidade de armazenamento para água devido à textura arenosa
Espessura efectiva	Limitação de espessura efectiva que não pode ser aumentada por meios mecânicos
Afloramento rochoso	Não produtivo
Área social	Não produtivo

¹ <https://solargis.com/>

A carta de aptidão edáfica do sobreiro foi reclassificada segundo as limitações acima referidas, e de acordo com a correspondência apresentada tabela 5, onde 1 (laranja) equivale a fraca aptidão, 2 (amarelo) a aptidão regular e 3 (verde) a boa aptidão.

Tabela 5 – Aptidão edáfica para o sobreiro

Características diagnóstico	Aptidão
Afloramento rochoso	1
Área social	1
Armazenamento de água	2
Calcário	1
Características vérticas	1
Descontinuidade textural	2
Drenagem externa	1
Drenagem interna	1
Espessura efectiva	2
Profundidade expansível	3
Salinidade	1
Sem limitações	3

1 Fraco 2 Regular 3 Bom

4.6.2 – Aptidão bioclimática – Índices bioclimáticos

A aptidão bioclimática para o sobreiro é feita recorrendo às características do sobreiro aos índices climáticos, anteriormente definidos, de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 6 – Aptidão bioclimática para o sobreiro

		Índice de termidade																			
		Termo inferior					Termo superior					Meso inferior					Meso superior				
Índice ombrotérmico	Índice de continentalidade	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Húmido superior	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
	Humido inferior	-	-	-	-	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1
	Sub-húmido superior	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1
	Sub-húmido inferior	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1
	Seco superior	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	-	-	-	-	-
	Seco inferior	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
	Semiárido superior	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
	Semiárido inferior	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-

Os valores do índice de continentalidade correspondem, respectivamente: 1 – Euhiperoceânico; 2 – Pouco hiperoceânico; 3 – Semihiperoceânico; 4 – Euoceânico; 5 – Semicontinental

1 Fraco 2 Regular 3 Bom

4.6.3 – Aptidão florestal

A aptidão para cada espécie é calculada segundo a lei dos mínimos, conjungando as aptidões edáfica e climática (Gonçalves, 2018), recorrendo às tabelas acima descritas.

4.7 – Árvores mortas

A metodologia usada teve como referência os procedimentos e critérios aplicados no “Inventário Nacional de Mortalidade de Sobreiro na fotografia aérea digital de 2004/2006” (Ribeiro & Surovy, 2008), usando o mesmo processo para os anos de 2010 e 2015.

Todos os objectos da superfície terrestre reflectem radiaao electromagnética proveniente do Sol (Fonseca & Fernandes, 2004). Por outras palavras, todos os objectos têm uma reflectância própria que lhes está associada, incluindo rvores. A reflectância espectral da folhagem varia conforme as espécies e dentro destas, consoante a idade das folhas, a sua densidade e a sua condiao sanitária. Deste modo,  possível proceder  identificaao dos sobreiros usando a assinatura espectral da sua copa assim como  possível obter a identificaao dos indivíduos da mesma espécie que se encontram mortos ou em declínio, bem como a determinaao do grau de coberto arbóreo. Para tal, foram produzidas imagens de falsa cor, compondo as imagens de IV com uma permutaao específica das imagens RGB, de modo a que esta identificaao seja feita de modo automático e preciso (Ribeiro *et al.*, 2016). Tendo obtido as copas das árvores mortas ou decrépitas obteve-se, de seguida, polígonos (formato vectorial) correspondentes a estas copas, usando o seu centróide para a atribuiao das coordenadas (pontuais) destas árvores em declínio. Utilizando um método semelhante para o coberto vivo pode ser determinado o grau de coberto arbóreo.

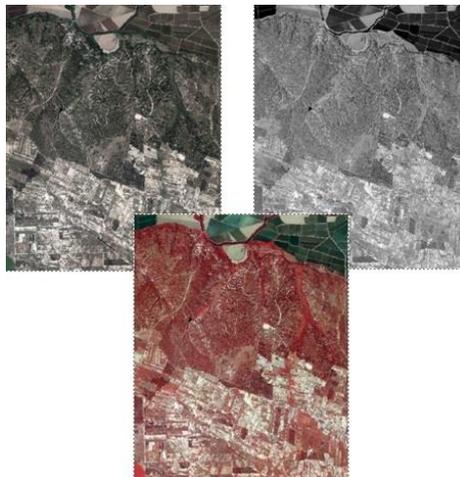


Figura 22 – Tratamento espectral para obtenao de imagem de falsa cor

 importante referir que foi retirado o efeito da repetiao de pontos, isto , as mesmas árvores nunca são contabilizadas em momentos diferentes (nos casos em que permaneceram mortas em mais do que um momento de análise). Da mesma forma, não são contabilizadas as árvores cortadas.

Deve-se acrescentar que, infelizmente, não foi possível adquirir as imagens de 2015 para as 3 ZIF Norte, e, por conseguinte, para este ano, não foi possível determinar o grau de coberto nem identificar as árvores mortas.

4.8 – Grau de coberto arbóreo

Foi determinado o grau de coberto arbóreo com recurso às imagens aéreas dos três anos de estudo (2004, 2010 e 2015) usando as ferramentas descritas na metodologia, baseando-se também nas áreas definidas pela Carta de Ocupação do Solo (COS) assim como algum apoio visual usando o manual de campo do ICNF (anexos). Deste modo, é possível comparar as diferenças no coberto arbóreo ao longo do tempo e perceber de que forma se conjuga com as restantes características, para a melhor compreensão do fenómeno em estudo.

4.9 – Índice de mortalidade

Ainda usando os ortofotomapas, e tendo como base a Carta de Ocupação do Solo (COS), determinou-se também o grau de coberto das áreas de sobreiro e calculou-se o índice de mortalidade (*IM*) para os três momentos em estudo, relacionando o número de árvores mortas, o grau de coberto e a área através da seguinte fórmula: $IM = \frac{\text{N}^\circ \text{ árvores mortas por hectare}}{\text{Grau de coberto (\%)}}$.

Os valores deste índice são então divididos em 6 classes:

Tabela 7 – Classes do Índice de Mortalidade

Classes	Intervalo (10^{-3})
1	0 – 3
2	3 – 6
3	6 – 12
4	12 – 24
5	24 – 48
6	> 48

4.10 – Estimação das densidades de Kernel

As camadas (*shapefiles*) das árvores mortas em todos os anos foram posteriormente usadas para a utilização de uma estimação de densidade de *Kernel*. Esta é uma forma não paramétrica de estimar a função de densidade de probabilidade de uma variável aleatória (Cressie, 1993). Por outras palavras, calcula a densidade de determinada característica nas suas vizinhanças, neste caso, mortalidade de sobreiro. O produto obtido, em formato matricial, foi depois reclassificado.

No final, as imagens reclassificadas foram usadas para a realização de álgebra de mapas com o intuito de calcular a progressão/regressão dos eventos de mortalidade nos intervalos de 2005-2010 e 2010-2015.

Tendo em consideração que os pontos das árvores mortas de 2015 são apenas relativos às ZIF Sul, foram feitas duas análises em separado. Uma da área de estudo total entre 2004 e 2010, e outra destas duas ZIF Sul nos dois intervalos de 2004-2010 e 2010-2015. Após obtidas as imagens *raster* a partir da densidade de *Kernel*, foi feita uma reclassificação, dividindo as imagens em 5 classes, sendo crescente na densidade de mortalidade, isto é, a classe 1 corresponde à menor densidade e a 5 à maior.

Após calculados os mapas de densidade de mortalidade para os anos do intervalo de tempo em questão procedeu-se à álgebra de mapas para calcular a taxa da densidade de mortalidade,

usando a seguinte expressão: $\frac{K_2 - K_1}{K_1} \times 100$, sendo K o mapa de *Kernel* e os valores 1 e 2

denotam os momentos. Portanto, esta operação pode-se aplicar para o intervalo de tempo entre 2004 e 2010 e também para o intervalo entre 2010 e 2015.

Os resultados desta operação podem apresentar valores negativos – decréscimo de densidade de mortalidade –, positivos – aumento de mortalidade – ou neutros.

É importante referir que para esta operação foram usados todos os pontos de árvores mortas em toda a área de estudo, inclusivamente fora das áreas de florestas e montados de sobro, de forma a obter informação completa sobre o processo de mortalidade e com o intuito de perceber não só o seu comportamento no interior e exterior destas áreas como também o possível efeito da gestão no mesmo.



Por último, refere-se que um problema muito comum em trabalhos em Sistemas de Informação Geográfica, se prende com as diferentes escalas associadas às várias variáveis estudadas. Idealmente, no caso deste trabalho, obter-se-ia a informação adequada à variável das árvores mortas identificadas e georreferenciadas (elevado grau de precisão), ou seja, a informação topográfica, edáfica e climática teria que ser obtida com o mesmo grau de precisão. No entanto, e infelizmente, esse nível de informação não está disponível, pelo que é feito um adequamento da metodologia à escala dos dados obtidos, nomeadamente, as densidades de probabilidade de *Kernel*.

4.11 – Análise estatística

No final, todas as características foram intersectadas (incluindo o grau de coberto e índice de mortalidade), juntamente com as árvores mortas em todos os anos, usando a ferramenta de intersecção *intersect*, resultando em polígonos com informação de cada variável estudada. Além disso, polígonos inferiores a 0.5 ha (Decreto-Lei nº 169/2001 com alterações do Decreto-Lei nº 155/2004) foram fundidos com os seus vizinhos de áreas maiores, usando a ferramenta *eliminate* do ArcGIS. Desta forma, obteve-se uma base de dados com a informação necessária para uma análise estatística.

4.11.1 – Estudo diacrónico

Foi efectuado em estudo diacrónico da evolução da mortalidade do sobreiro no intervalo de tempo definido (2004-2015), recorrendo ao modelo linear generalizado misto (generalização da regressão linear simples), com estimação robusta e medições repetidas (anos). Este modelo estima efeitos aleatórios e fixos. A variável dependente é número de árvores mortas por hectare por % de grau de coberto; o efeito aleatório é o sujeito (árvore) e os efeitos fixos são os seguintes:

- Ocupação do solo (*Ocu_Solo*): entrando apenas os sistemas florestais e agro-florestais de sobreiro (Florestas e SAF), já que mais de 95% das árvores mortas localizam-se apenas nestas áreas, além da ocupação do solo não ter sofrido virtualmente modificação nenhuma ao longo do tempo.
- Radiação Global Horizontal (*GHI*)
- Aptidão climática do sobreiro (*Apt_Cli*)
- Aptidão edáfica do sobreiro (*Apt_Eda*)
- Área de polígono, tendo esta variável sido acrescentada porque uma análise gráfica mostrou que o Índice de Mortalidade é sensível à área, se esta for menor que 1 ha.
- Grau de coberto (*Coberto*)
- Interação entre radiação e grau de coberto ($GHI * Coberto$)

De notar que foram excluídas da análise as variáveis topográficas pois apresentam grande homogeneidade na área de estudo, tanto os declives como a orientação das encostas, além de ter sido feita um pré-análise, onde se verificou que, efectivamente, não eram significativas.

4.11.2 – Análise de interacção da radiação com o grau de coberto

De modo a analisar a interacção entre o grau de coberto e as variáveis edafoclimáticas na mortalidade, analisou-se separadamente cada classe de grau de coberto. Além disso, considerando que o grau de coberto pode variar entre os períodos analisados, foi necessário efectuar análises sincrónicas.

Assim, utilizaram-se modelos lineares generalizados para cada um dos graus de coberto, relevantes para os sistemas florestais e agro-florestais, isto é: menor que 20%, entre 20 e 29%, entre 30 e 34%, entre 35 e 40% e maior que 40%.

Dado que o índice de mortalidade pode variar entre 0 e ∞ , atingindo valores mais elevados particularmente onde o grau de coberto é muito reduzido, foi usado um *Savage score*, baseado em distribuições exponenciais, para normalizar esta variável.

4.12 – Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica (CGPR)

Com o objectivo de encontrar alguma relação espacial entre a mortalidade e a gestão, foi feita uma análise complementar utilizando o Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica, para as ZIF de Coruche.

5 – Resultados

5.1 – Carta Administrativa e Ordenamento de Portugal (CAOP)

Pode-se verificar que a maior parte da área corresponde ao concelho de Coruche, ocupando a região central (cerca de 70%), e as restantes são limítrofes da área de estudo, nenhuma delas com mais de 7%.

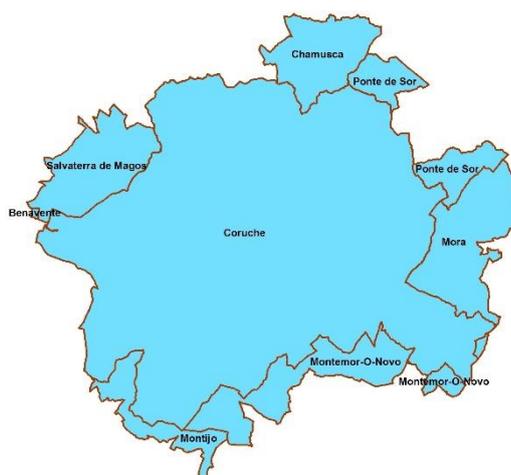


Figura 23 – Área de estudo com as divisões administrativas correspondentes aos concelhos.

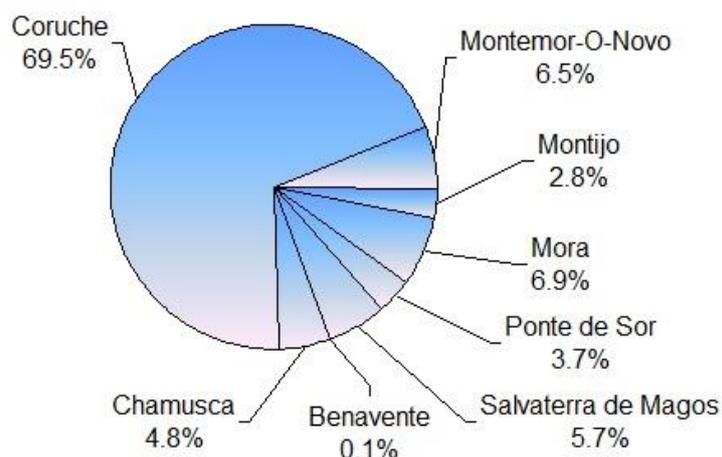


Figura 24 – Gráfico de sectores (por área) dos concelhos pertencentes à área de estudo.

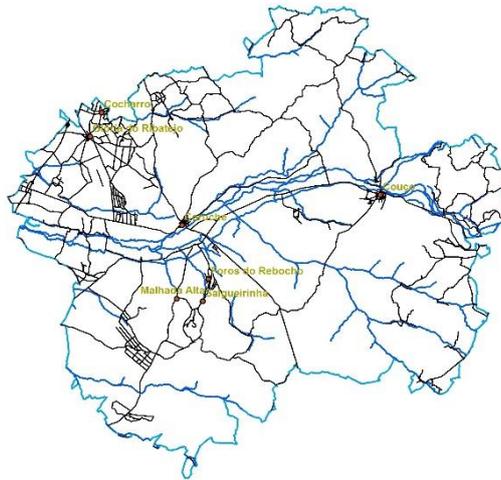


Figura 25 – Área de estudo com rede viária (linhas pretas), linhas de água principais (linhas azuis) e locais principais (pontos devidamente etiquetados)

A principal característica são as linhas de água que atravessam o meio da área de estudo – rio Sorraia e suas margens agricultadas (principalmente por culturas de arroz). As localidades mais relevantes são Glória do Ribatejo, Coruche e Couço, havendo outras mais pequenas. A rede viária tem maior densidade a Noroeste da área, na zona de Glória do Ribatejo.

5.2 – Carta de Ocupação de Solo (COS)

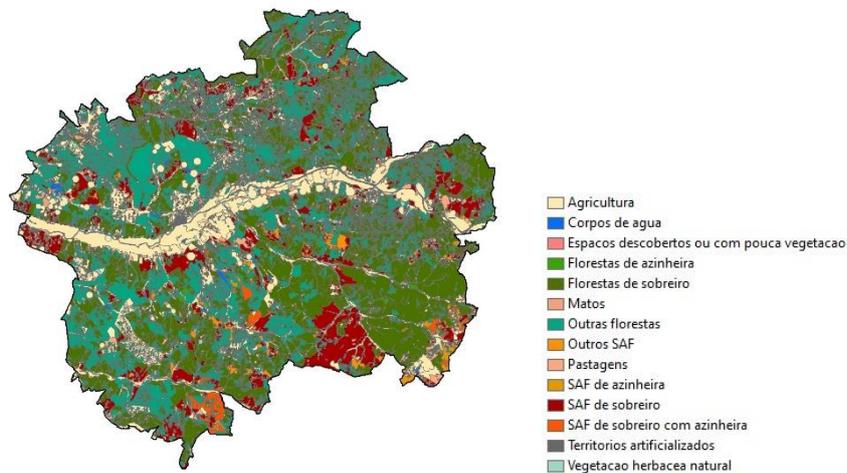


Figura 26 – Ocupação do Solo (COS 2007)

Pode-se verificar (anexos) que na área de estudo não houve virtualmente mudança nenhuma na ocupação do solo ao longo do intervalo de estudo.

Tendo em conta a mínima alteração da ocupação do solo, e para simplificação dos cálculos daqui para a frente considerar-se-á apenas uma Carta de Ocupação de Solos (de entre as três em análise). Para mais, a ocupação que nos interessa estudar são aquelas onde o sobreiro domina, isto é, “Florestas de Sobreiro” e “Sistemas agro-florestais (SAF) de sobreiro”, ocupando cerca

de 35.5% e 10% da área total, respectivamente. A restante área de estudo é ocupada principalmente por “Florestas de eucalipto”, “Florestas de pinheiro-bravo” e “Florestas de pinheiro-manso”.

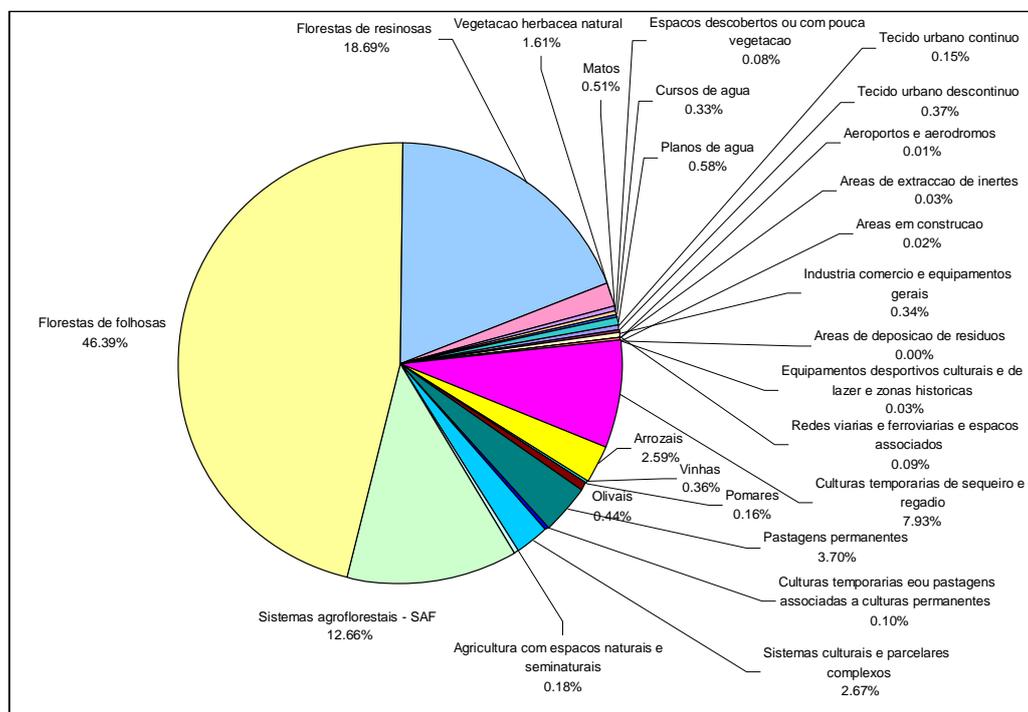


Figura 27 – Gráfico de sectores da ocupação do solo de 2007

Segundo o Inventário Florestal Nacional 6 (IFN6), a área de ocupação de florestas de sobreiro iguala para a região da Lezíria do Tejo (onde se encontra a área de estudo) 45.6 %, tendo havido uma redução de cerca de 13.85 mil ha de 2005 para 2015. No entanto, dado que na nossa área de estudo não houve praticamente alterações nenhuma, muito menos nas florestas de sobreiro, deduz-se que a redução mencionada não ocorreu nesta área.

5.3 – Modelo Digital do Terreno

5.3.1 – Carta hipsométrica

As zonas de menor altitude correspondem ao rio Sorraia e suas margens, bem como os seus afluentes. No entanto, verifica-se uma variação gradual de altitude, aumentando de Oeste para Este, sendo a zona mais elevada a Norte, incluindo os vértices geodésicos desactivados de Pousa-Foles (170 m), Pedrinha (160 m), Corticinhas (159 m) e Cruz do Leão (168 m) e um ainda activo – Arrão (168 m).

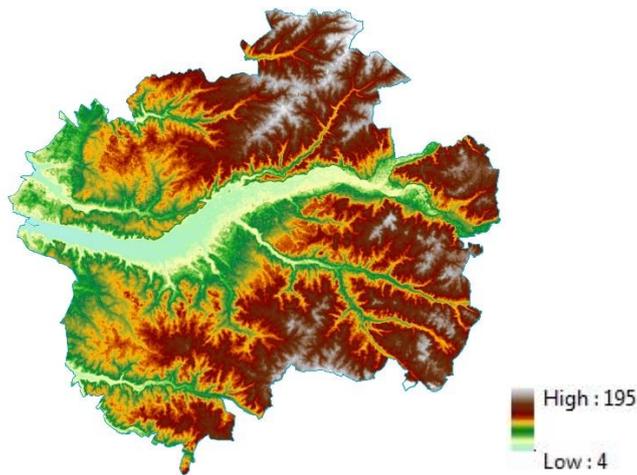


Figura 28 – Hipsometria da área de estudo

5.3.2 – Carta de declives

Quanto aos declives, pode-se verificar que os maiores se encontram ao longo da margem Norte do rio Sorraia e logo a seguir ao longo de toda a zona Este da área de estudo. De qualquer forma, o declive máximo na área de estudo não chega sequer aos 35%.

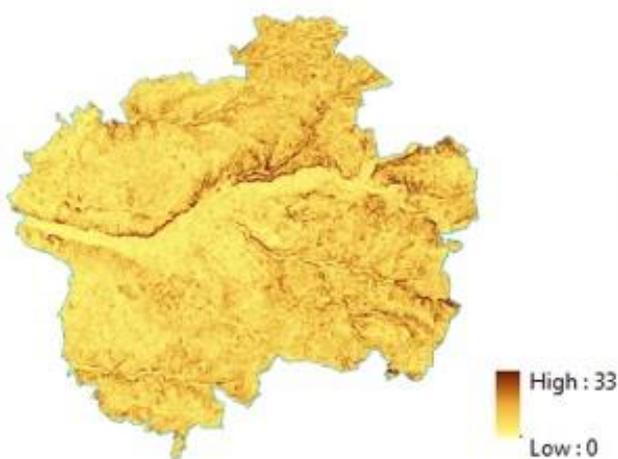


Figura 29 – Declives

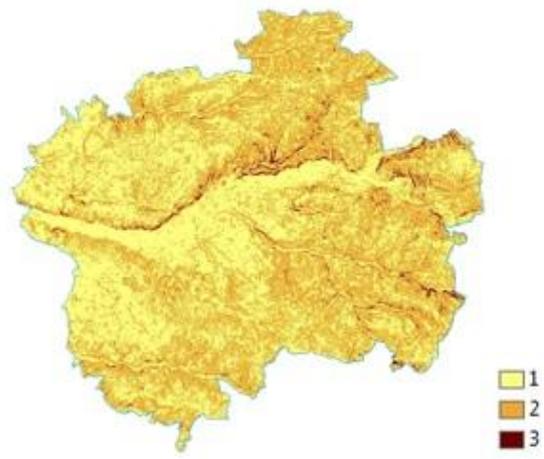


Figura 30 – Declives reclassificados

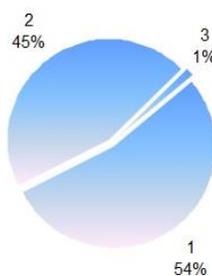


Figura 31 – Gráfico de sectores dos declives reclassificados

Verifica-se então que cerca de 99% dos declives na área de estudo estão abaixo dos 15%, isto é, trata-se de uma área com declives de leve a moderado (classes 1 e 2). Apenas 1% da área apresenta declives fortes.

5.3.3 – Carta de exposições

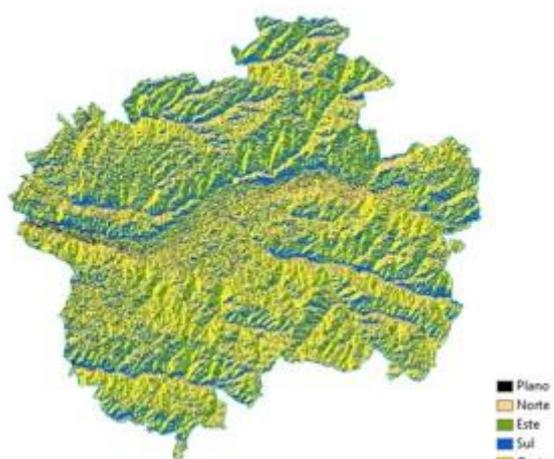


Figura 32 – Exposição



Figura 33 – Gráfico de sectores da exposição

Verifica-se que a orientação das encostas se encontra bem distribuída pelas direcções, havendo uma ligeira dominância das encostas a Oeste e a Sul.

5.4 – Carta de Solos

Segundo a nota explicativa da carta de solos de Portugal¹, na área de estudo há uma grande dominância de solos:

- Litólicos, não húmicos, pouco insaturados normais, de arenitos grosseiros – *Vt* (51.02 %). Estes localizam-se principalmente a Sul e a Nordeste do rio Sorraia. São solos pouco evoluídos (normalmente de perfil AC ou ABwC), sem carbonatos até ao horizonte C, neste caso derivados de arenitos grosseiros (Alexandre & Andrade, 2018).
- Podzolizados - podzóis, (não hidromórficos), com surraipa, com A2 incipiente, de ou sobre arenitos – *Ppt* (cerca de 20%). Este tipo de solos é caracterizado por ser evoluído, de perfil ABhsC, em que o horizonte Bhs é espódico, isto é, um horizonte de acumulação iluvial de húmus e sesquióxidos (Alexandre & Andrade, 2018). Na área de

¹ <https://www.dgadr.gov.pt/nota-explicativa>

estudo ocupam uma boa parte a Noroeste do rio Sorraia e um núcleo mais pequeno a Sudoeste do mesmo rio.

- Solos incipientes – regossolos psamíticos, normais, não húmidos – *Rg* (cerca de 5%). Os solos incipientes caracterizam-se por serem muito pouco evoluídos, pois o tempo de actuação dos factores de formação do solo ainda não foi o suficiente para a formação de horizontes bem diferenciados. Normalmente, o horizonte A é pouco espesso, podendo estar mesmo reduzido ao material originário (sendo o horizonte C superficial). Os regossolos são solos incipientes constituídos por materiais não consolidados, em geral com grande espessura efectiva (Alexandre & Andrade, 2018). Na área de estudo estes solos encontram-se nas margens Sul-Central e também na ponta Oeste da margem Norte do rio Sorraia.

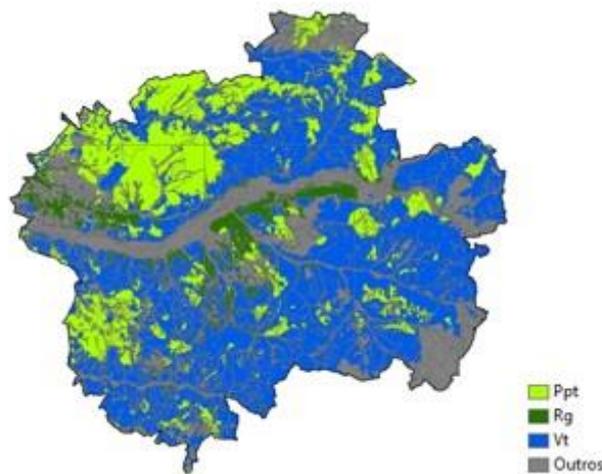


Figura 34 – Solos (Carta de Solos 1:25 000, reclassificada)

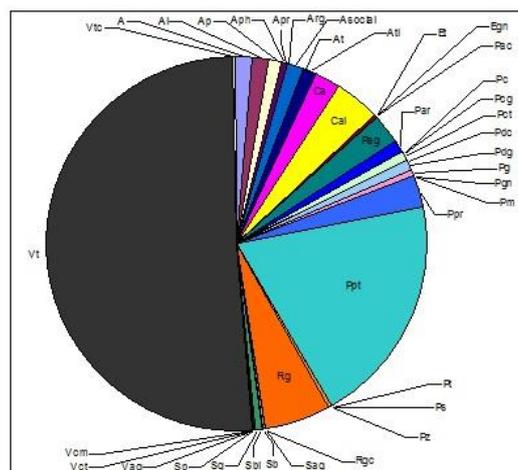


Figura 35 – Gráfico de proporções das famílias de solos

5.5 – Cartas de Índices Climáticos

5.5.1 – Carta do Índice de Termicidade

Verifica-se que ao longo da zona central da área de estudo, isto é, sensivelmente ao longo da influência do vale do rio Sorraia o índice de termicidade corresponde ao termótipo Termomediterrâneo Superior, enquanto a Norte e um pouco a Sul corresponde ao termótipo Mesomediterrâneo Inferior.

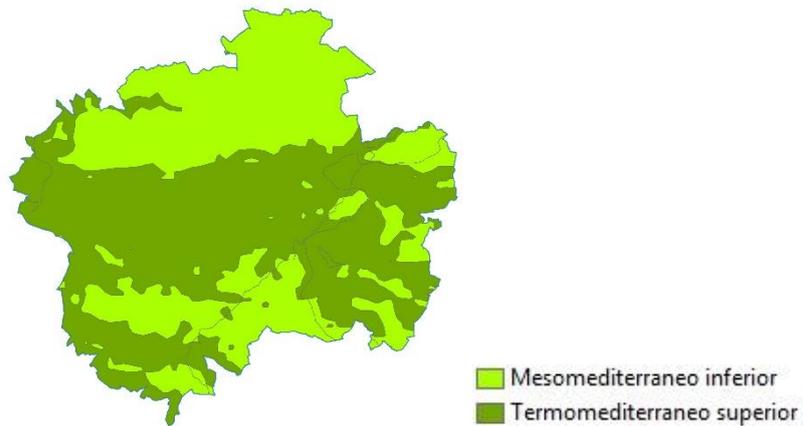


Figura 36 – Índice de termicidade

5.5.2 – Carta do Índice Ombrotérmico anual

Verifica-se imediatamente através do mapa que uma pequena porção da área a Oeste e uma sub-área um pouco maior a Este corresponde ao ombrótipo Seco Superior e a restante área ao Sub-húmido Inferior.

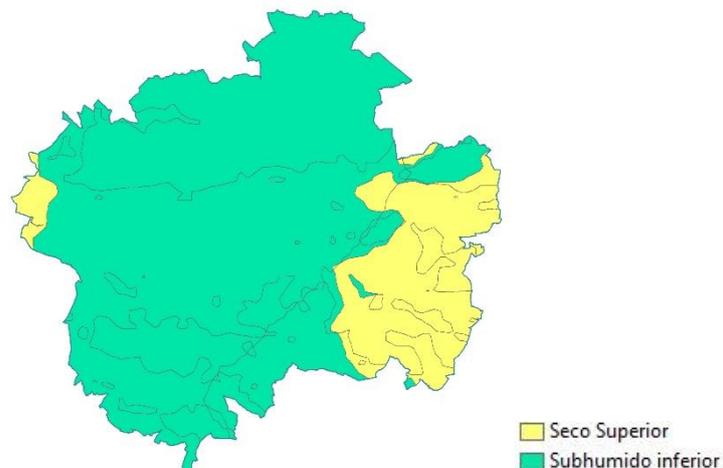
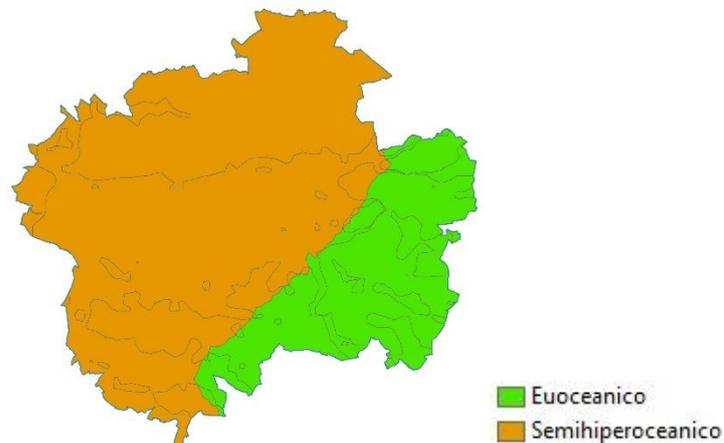


Figura 37 – Índice ombrotérmico anual

5.5.3 – Carta do Índice de Continentalidade simples

Quanto a este último índice, existe uma divisão única clara entre o Semihiperoceânico, a Oeste, e o Euoceânico, a Este.



5.5.4 – Qualidade da estação

Os resultados dos cálculos dos índices actuais (intervalos de tempo entre os momentos de estudo) revelaram uma mudança nas condições climáticas da região. Em 2004, a região encontrou-se com índice ombrotérmico correspondente ao Seco Superior e índice de continentalidade simples correspondente ao Euoceânico. Por outras palavras, o sobreiro nesse intervalo de tempo esteve sujeito a aptidões climáticas regular e fraca. Esta situação agravou-se ainda a partir de 2010 quando os índices que resultaram das características climáticas nesse intervalo de tempo baixam a aptidão do sobreiro de toda a região para fraca, devido ao índice ombrotérmico passar a corresponder ao Seco Inferior (tanto em 2010 como em 2015).

5.5.5 – Carta de Radiação

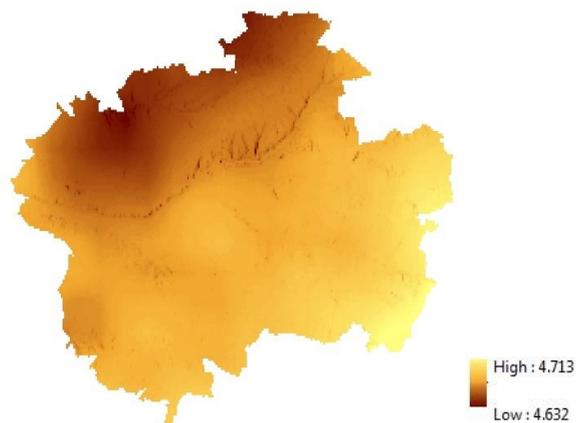


Figura 39 – Radiação global horizontal (GHI). Valores em kWh/m²

O mapa produzido diz respeito à média dos totais diários de radiação global horizontal, no período de 1994-2018. A intensidade da radiação é mais elevada na zona mais interior da área de estudo, a Este, assim como também vai aumentando de Norte para Sul.

5.6 – Aptidão edafo-climática para o sobreiro

5.6.1 – Aptidão edáfica – Características de diagnóstico

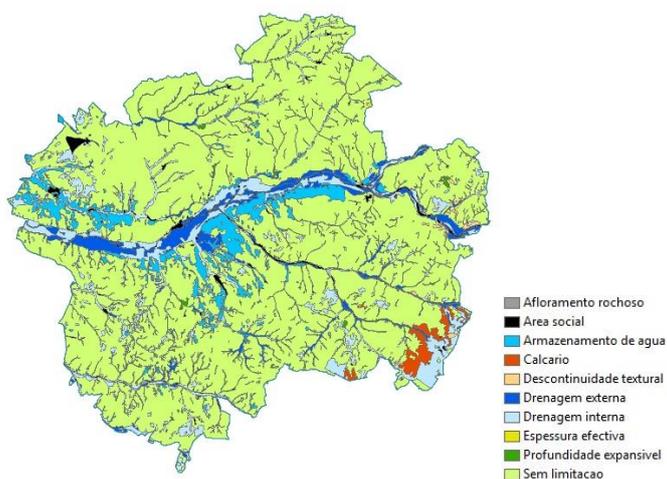


Figura 40 – Características de diagnóstico

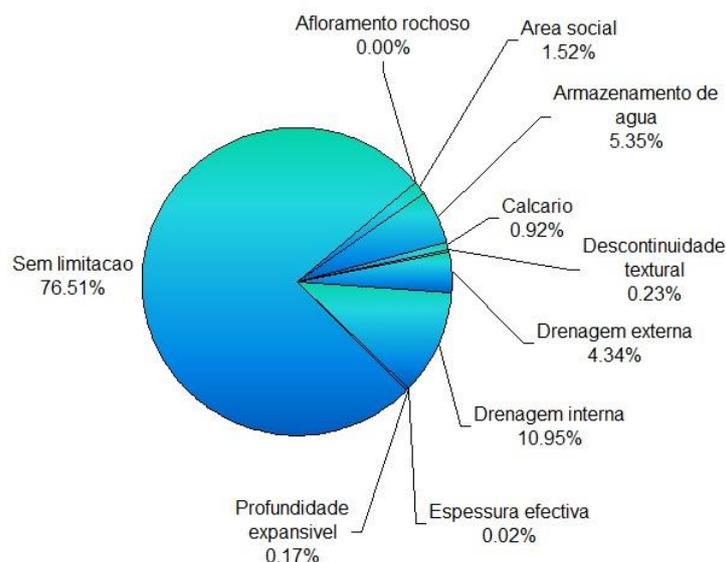


Figura 41 – Gráfico de sectores das características de diagnóstico da área de estudo

É importante notar que, relativamente à aptidão dos solos para espécies florestais, mais de 75% não tem nenhuma condicionante ao seu desenvolvimento. Não existem praticamente afloramentos rochosos e a área social é relativamente baixa (não esquecendo que esta característica engloba também as linhas de água). O calcário activo também não tem presença relevante, mas é importante notar que a drenagem interna, isto é, a presença de lençóis freáticos superficiais ocupa cerca de 11% da área de estudo e a drenagem externa cerca de 4%. É fácil verificar que a maior parte destas duas características (drenagem interna e externa) concentra-se nas margens do rio Sorraia. No entanto, no canto Sudeste da área de estudo localiza-se uma área onde concentra uma boa percentagem da drenagem interna e do calcário activo, limitada a Norte pela Ribeira do Divor, a Sul pela Ribeira das Barrosas e a Oeste pela área de cultivo da Ribeira da Fanica, logo a jusante da Barragem do Peso (estas duas ribeiras são afluentes da Ribeira do Divor). Esta área corresponde a solos calcários assim como a solos argiluvitados pouco insaturados (DGADR, 2011).

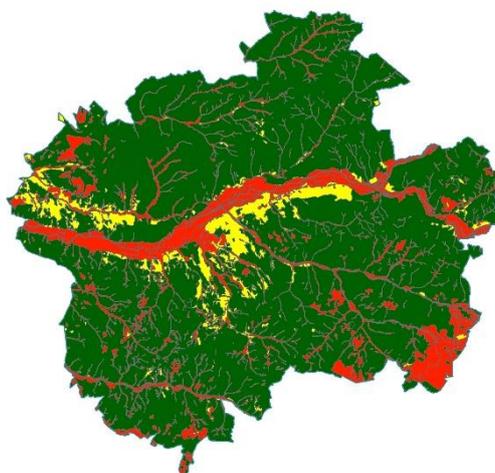


Figura 42 – Aptidão edáfica da área de estudo para o sobreiro

■ Fraco ■ Regular ■ Bom

5.6.2- Aptidão bioclimática – Índices bioclimáticos

A aptidão climática do sobreiro para a área de estudo apresenta-se regular a sudeste, e boa na restante área.

Tendo em conta a mudança da qualidade da estação, neste caso a piorar, em 2004, os índices ombrotérmico e de continentalidade simples correspondem, respetivamente, ao Seco Superior e Euoceânico (aptidão regular), mas nos outros dois intervalos passa, respetivamente, para Semi-árido e Semi-árido Inferior (aptidão fraca) (Pinto-Gomes & Ferreira, 2005).

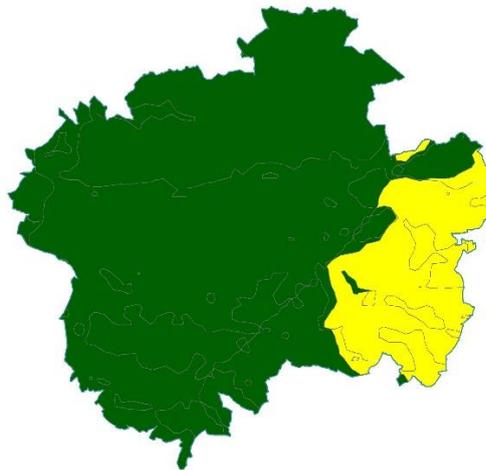


Figura 43 – Aptidão climática da área de estudo para o sobreiro

■ Regular ■ Bom

5.6.3 – Aptidão edafo-climática

Como se pode verificar, a maior parte da área tem boa aptidão potencial para o sobreiro, havendo apenas uma área mais pequena a Este com aptidão regular, tendo o ombrótipo Seco Superior a maior influência para tal, e, finalizando, as áreas com fraca aptidão para o sobreiro é a zona calcária no canto Sudeste e as margens do rio Sorraia, com elevada hidromorfia.

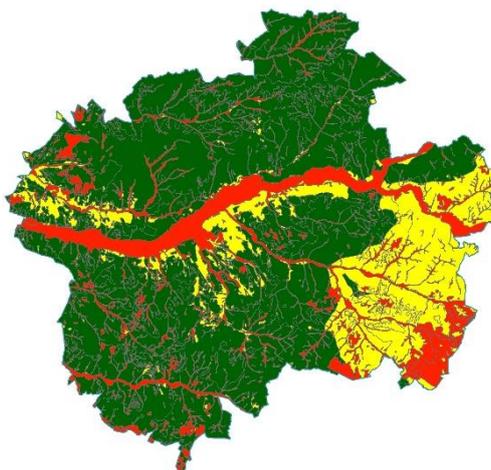


Figura 44 – Aptidão edafo-climática da área de estudo para o sobreiro

■ Fraco ■ Regular ■ Bom

Apresenta-se ainda, os mapas de aptidão florestal para o sobreiro, no caso da mudança da qualidade de estação, previamente determinada. Já em 2004, a área de estudo apresentava aptidão regular para o sobreiro quase na sua totalidade, sendo as áreas com fraca aptidão correspondentes à aptidão edáfica fraca (solos). No entanto, a partir de 2010, a aptidão na totalidade da área de estudo torna-se fraca para o sobreiro, fruto das alterações climáticas calculadas para os intervalos de estudo.

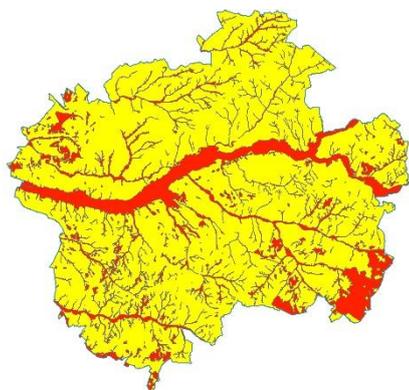


Figura 45 – Aptidão edafo-climática da área de estudo para o sobreiro em 2004

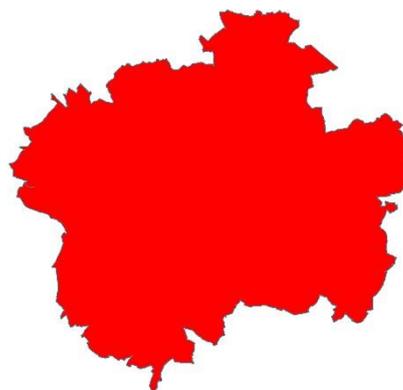


Figura 46 – Aptidão edafo-climática da área de estudo para o sobreiro em 2010 e 2015.

■ Fraco ■ Regular

5.7 – Identificação das árvores mortas

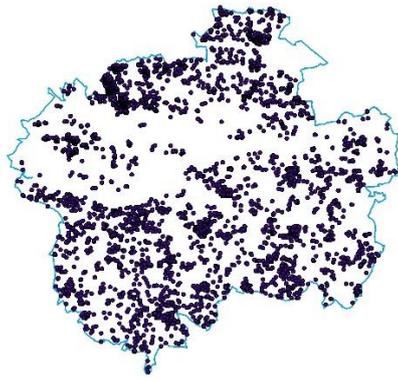


Figura 47 – Sobreiros mortos em 2004

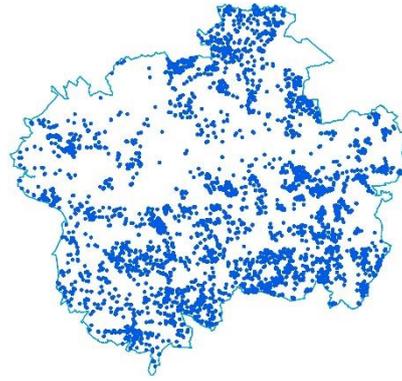


Figura 48 – Sobreiros mortos em 2010

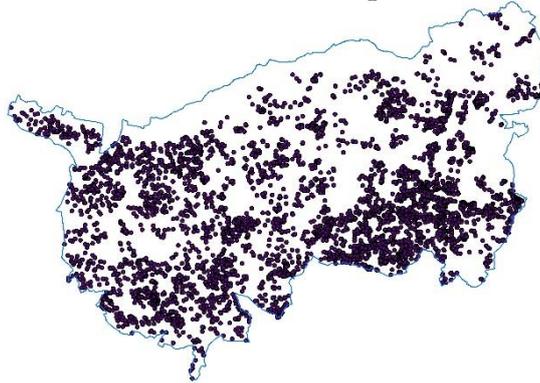


Figura 49 – Sobreiros mortos em 2015, para as ZIF Sul

Tabela 8 – Número de árvores mortas nos anos em estudo

Ano	Área total	ZIF Sul
2004	4577	2751
2010	4970	3691
2015	-	6224

Note-se que o “corredor central” tem ausência de mortalidade pois o solo é ocupado principalmente por culturas agrícolas, além de serem solos hidromórficos correspondendo ao rio Sorraia e suas margens.

5.8 – Grau de coberto arbóreo

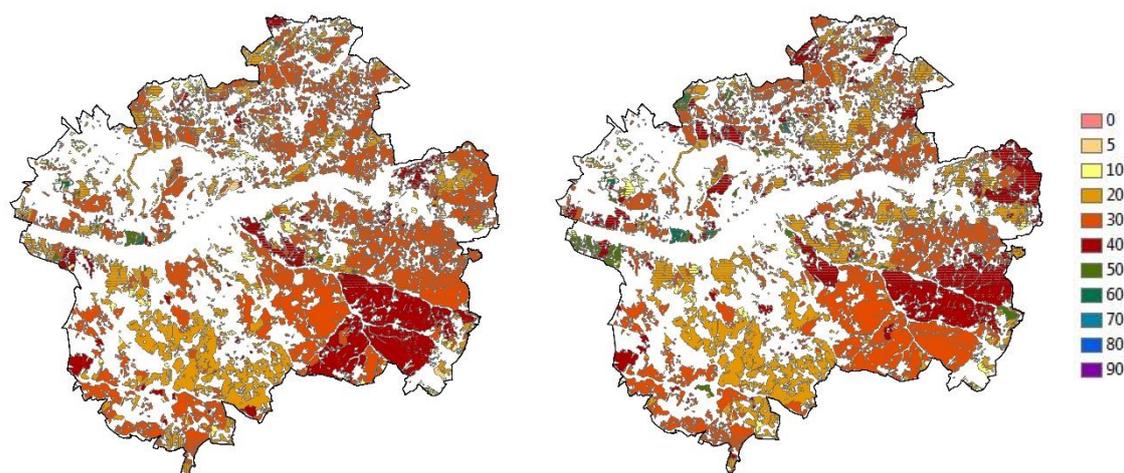


Figura 50 – Coberto arbóreo (em percentagem) nas áreas de Sistemas Agro-Florestais de sobreiro e Florestas de sobreiro em 2004 e 2010, respectivamente

Tanto em 2004 como em 2010, a grande maioria das áreas de Sistemas Agro-Florestais e Florestas de sobreiro corresponde ao intervalo entre os 20 e os 40 % de grau de coberto (quase 93% da área total em ambos os anos), com pequenas variações: entre 2004 e 2010 houve uma diminuição de cerca de 10% da área com grau de coberto de 30% e um aumento de 5% e 3% da área com grau de coberto de 20% e 40% respectivamente.

Em 2015, da mesma forma que não foi possível identificar as árvores mortas nas ZIF Norte, devido à ausência dos ortofotomapas correspondentes a essa zona, não foi possível determinar o grau de coberto. Para este ano, temos apenas para as ZIF Sul.

5.9 – Índice de mortalidade

Tabela 9 – Frequência de Índice de Mortalidade (em percentagem, relativamente à área de estudo) para os três momentos. Nota: em 2015 os valores referem-se apenas às ZIF Sul

Classes	Intervalo (10^{-3})	2004	2010	2015
1	0 – 3	0	0.04	1.35
2	3 – 6	1.35	1.61	1
3	6 – 12	13.45	15.66	14.08
4	12 – 24	29.76	30.6	31.25
5	24 – 48	32.37	31.13	33.41
6	> 48	23.08	20.96	18.91

Referente às frequências das classes do índice de mortalidade para os três momentos de estudo, existem pequenas variações. Em todos os momentos, as classes mais baixas de índice de mortalidade (as primeiras três) correspondem a menos de 20% das áreas onde a mortalidade dos sobreiros ocorreu. As classes 4 e 5 correspondem cada uma sensivelmente a um terço das ocorrências enquanto que a classe mais elevada corresponde a cerca de 20%.

Verifica-se também que, em cada classe, o índice de mortalidade não apresenta muita variação ao longo do tempo. Além disso, como referido no ponto anterior, a maioria das áreas de SAF de sobreiro e floresta de sobreiro (ocupação do solo principal na área de estudo) corresponde a um grau de coberto arbóreo entre os 20% e os 40%, com pequenas variações ao longo do tempo. A fraca variabilidade destes parâmetros ao longo do tempo tornam necessária uma análise espacial mais detalhada.

5.10 – Estimação das densidades de *Kernel*

5.10.1 – Densidade de mortalidade para a área de estudo total (2004-2010)

2004

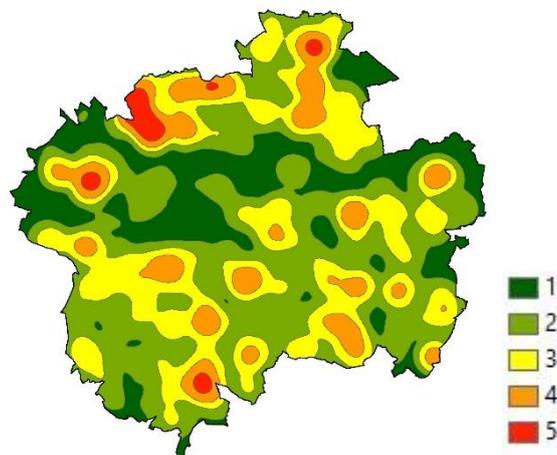


Figura 51 – Densidade de Kernel reclassificada para a área de estudo total em 2004. 1 mais baixa – 5 mais elevada

Verifica-se, à primeira vista, que há alguns locais onde a densidade é elevada (polígonos vermelhos), em particular a Norte. A zona central do rio Sorraia apresenta densidade de mortalidade baixa, e a zona Sul apresenta um número elevado de locais onde a densidade também é elevada (valor 4 e 5). Numa primeira análise pode-se explicar a baixa densidade de mortalidade nas margens do rio Sorraia pela ausência de árvores, provavelmente devido à elevada hidromorfia dos seus terrenos.

2010

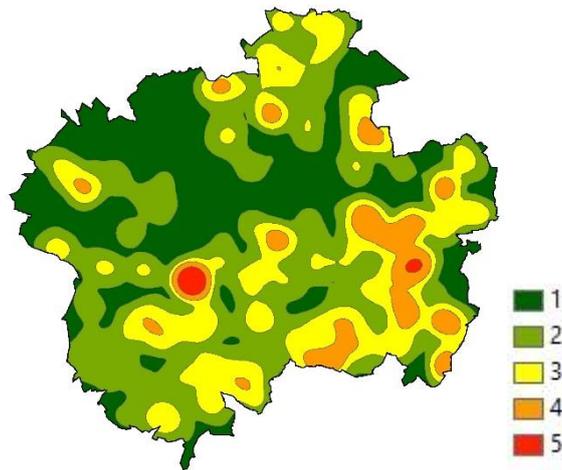


Figura 52 – Densidade de Kernel reclassificada para a área de estudo total em 2010. 1 mais baixa – 5 mais elevada

Em 2010, as ZIF Norte (Erra, Charneca do Grou e Ribeira da Lamarosa) apresentam uma densidade de mortalidade baixa, e as Sul apresentam apenas uma ou duas áreas com densidade mais elevada (uma delas muito localizada).

Taxa de mortalidade de 2004 para 2010

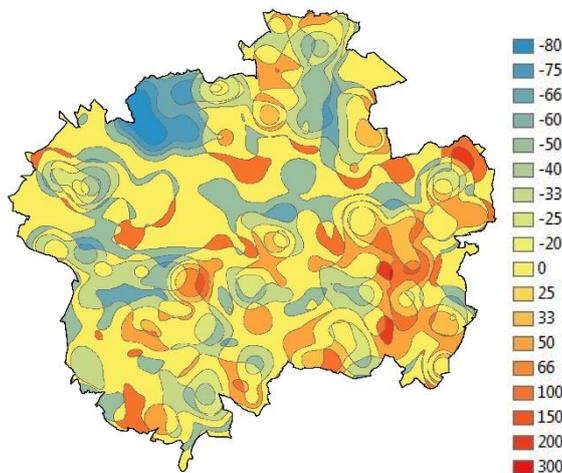


Figura 53 – Taxa de densidade de mortalidade

É notável na zona mais a Norte, uma diminuição considerável na densidade de mortalidade, enquanto que a zona mais a Sudeste apresenta uma variação positiva deste parâmetro, isto é, há um aumento da densidade de mortalidade.

5.4.2 – Densidade de mortalidade para as ZIF Sul (2004-2010-2015)

2004

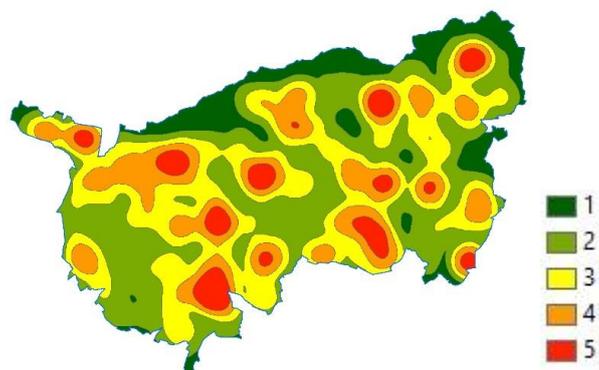


Figura 54 – Densidade de Kernel reclassificada para a ZIF Sul em 2004. 1 mais baixa – 5 mais elevada

2010

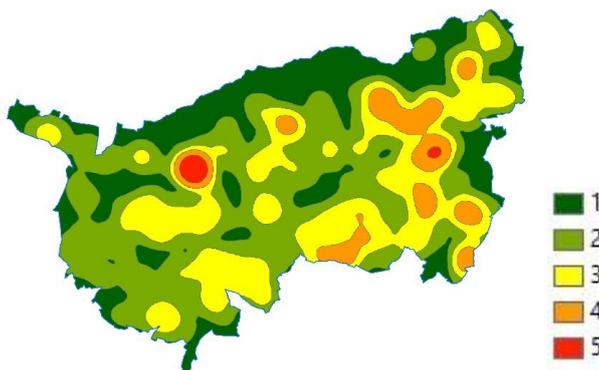


Figura 55 – Densidade de Kernel reclassificada para a ZIF Sul em 2010. 1 mais baixa – 5 mais elevada

2015

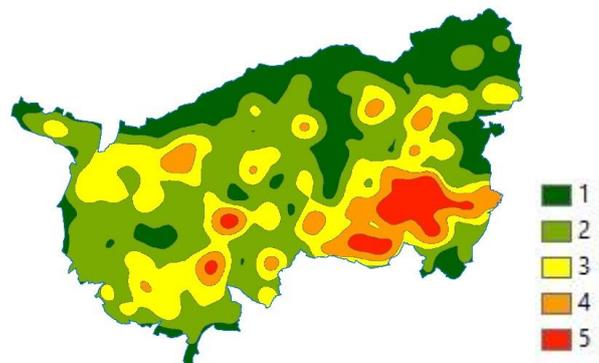


Figura 56 – Densidade de Kernel reclassificada para a ZIF Sul em 2015. 1 mais baixa – 5 mais elevada

No caso das ZIF Sul, pode-se verificar que em 2004 existem vários focos com densidade de mortalidade elevada, isto é, focos de grande concentração de mortalidade de sobreiro, distribuídos um pouco por toda a área. Já em 2010 nota-se uma regressão destes focos excepto num ou noutro ponto que continua elevado. Em 2015, verifica-se uma grande concentração de mortalidade na zona a Sudeste da área.

Taxa de mortalidade de 2004 para 2010

No caso das ZIF Sul, tendo em conta que temos dois intervalos de tempo, nota-se uma autocorrelação negativa no fenómeno temporal da mortalidade, isto é, existe mudança das áreas inicialmente com pouca densidade de mortalidade para elevadas densidades de sobreiros mortos e vice-versa. Além disso, como referido anteriormente, mas notando-se aqui com mais nitidez, a zona Sudeste da área de estudo apresenta em ambos os intervalos de tempo uma taxa de densidade de mortalidade relativamente elevada.

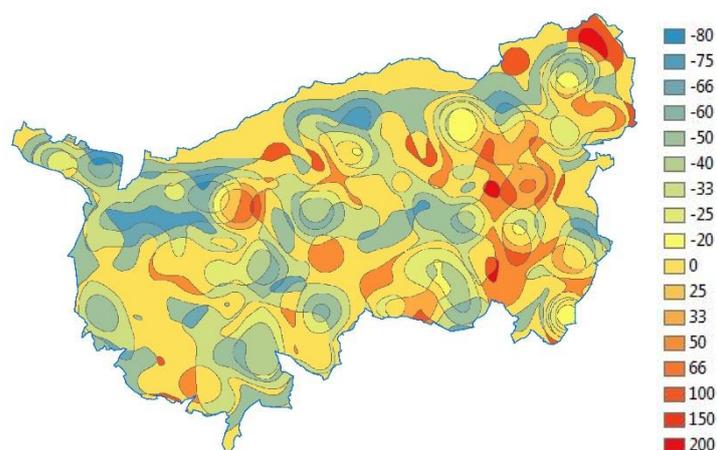


Figura 57 – Taxa de densidade de mortalidade entre 2004 e 2010

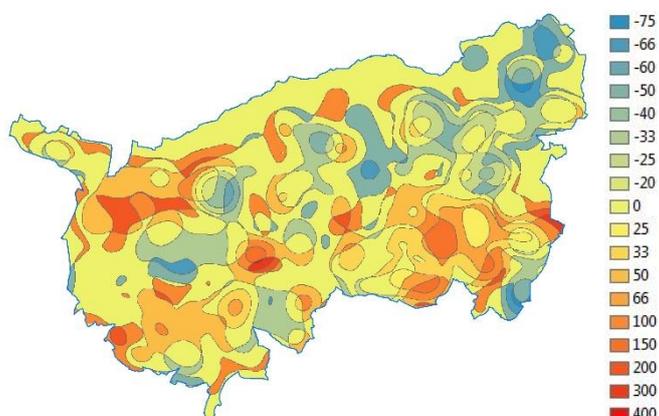


Figura 58 – Taxa de densidade de mortalidade entre 2010 e 2015

5.11 – Análise estatística e espacial

5.11.1 – Estudo diacrónico

Os resultados indicam que as variáveis significativas na mortalidade do sobreiro são a aptidão climática, a área e o grau de coberto.

Verifica-se que há mais eventos de mortalidade nas zonas com menor aptidão climática. Este resultado diz respeito à aptidão climática calculada para a normal climatológica disponível, dos últimos 30 anos. Realmente, nota-se um decréscimo da mortalidade da aptidão regular para a boa.

A área é altamente significativa uma vez que a análise gráfica indica um enviesamento causado pelas dimensões dos polígonos até 1 hectare. A inclusão desta variável corrige esse problema devido ao facto da variável dependente em estudo ser as árvores mortas por hectare. Em relação ao grau de coberto, este é significativo como também o é a sua interação com a radiação. A elevada variabilidade está relacionada com a variação dos parâmetros das restantes co-variáveis.

Tabela 10 – Coeficientes fixos, sendo mortas/ha a variável dependente

Source	F	df1	df2	Sig.
Corrected Model	151	21	6359	< 0.001
Ocupação Solo	2.642	2	6359	0.071
Radiação ^a		0		
Aptidão Climática	31.613	1	6359	< 0.001
Aptidão Edáfica	1.394	2	6359	0.248
Área	2930	1	6359	< 0.001
Período	46	2	6359	< 0.001
Grau de coberto	3.466	4	6359	0.008
Radiação*Grau de coberto	3.657	5	6359	0.003

Distribuição de probabilidade: Gamma; Função Link: Log

^a Não computou devido a não haver graus de liberdade

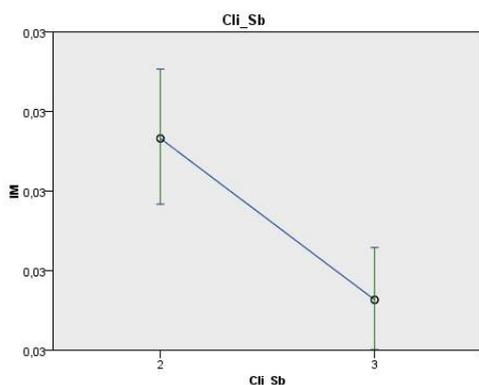


Figura 59 – Média e intervalo de confiança do índice de mortalidade (IM) relativamente à aptidão climática (Cli_Sb) para os modelos mistos

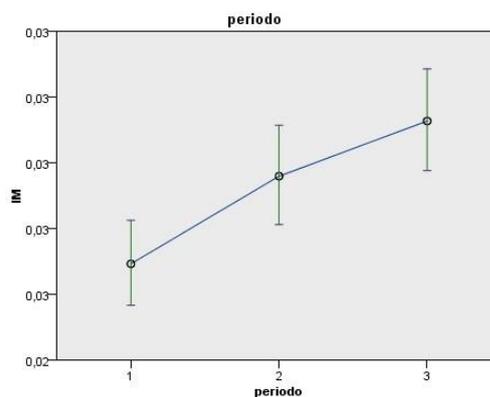


Figura 60 - Média e intervalo de confiança do índice de mortalidade (IM) relativamente aos períodos em análise para os modelos mistos. 1 – 2004; 2 – 2010; 3 – 2015

O índice de mortalidade aumenta ao longo do tempo, desde 2004 a 2015.

A radiação solar, não sendo significativa para toda a área, teve interacção com o grau de coberto dos povoamentos, e, por esse motivo, foi necessário proceder a uma análise separada para cada classe de grau de coberto (análise sincrónica por classes de grau de coberto).

5.11.2 – Análise da interacção da radiação com o grau de coberto

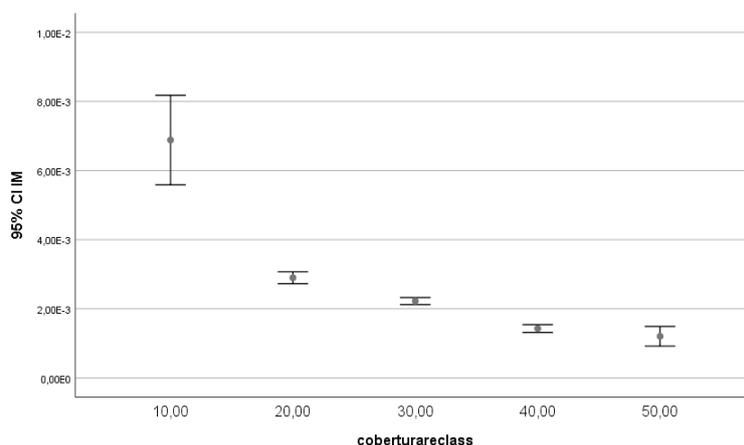


Figura 61 – Média e intervalo de confiança do índice de mortalidade relativamente aos graus de coberto, para os modelos mistos

Verifica-se um decréscimo do índice de mortalidade com o aumento do grau de coberto.

Grau de coberto menor que 20 %

Nas áreas com grau de coberto inferior a 20%, nenhuma variável se apresentou como significativa.

Grau de coberto entre 20 e 29 %

No caso do grau de coberto entre os 20 e os 29 %, verifica-se que a ocupação do solo é significativa na mortalidade, assim como a aptidão climática e, mais uma vez, a área. Verifica-se que a mortalidade/ha é mais baixa nas florestas de sobreiro, seguida, em sentido crescente, nos SAF de sobreiro e, por último, nos SAF de sobreiro com azinheira, não esquecendo de notar que a área deste último tipo de sistema é diminuta comparada com os outros dois tipos de exploração.

Tabela 11 – Parâmetros estimados dos efeitos fixos independentes nas árvores mortas por hectare, dos modelos mistos (*Savage score*), para o caso do grau de coberto entre 20 a 29 %

Model Term	Coefficient	Std. Error	t	Sig.	95 % Confidence Interval	
					Lower	Upper
Intercept	26.14	15.45	1.69	0.09	-4.17	56.44
COS = Florestas de sobreiro	-0.52	0.11	-4.65	< 0.001	-0.739	-0.3
COS = SAF de sobreiro	-0.29	0.12	-2.49	0.01	-0.52	-0.06
COS = SAF de sobreiro com azinheira	0 ^a					
Aptidão climática = 2	0.34	0.14	2.46	0.01	0.07	0.61
Aptidão climática = 3	0 ^a					
Área	-0.49	0.02	-23.72	< 0.001	-0.53	-0.45

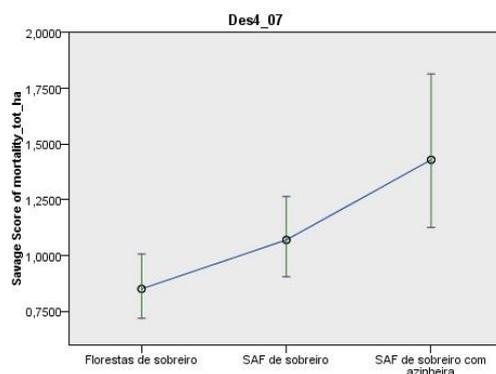
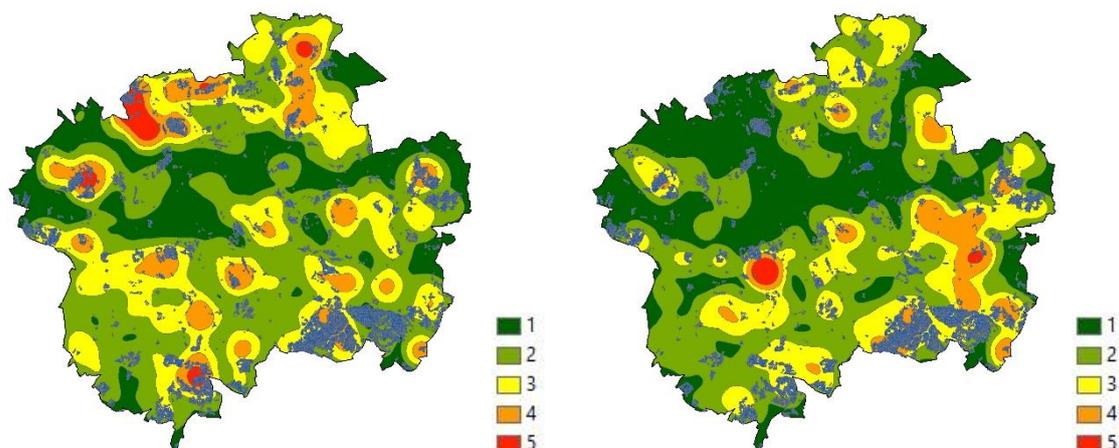
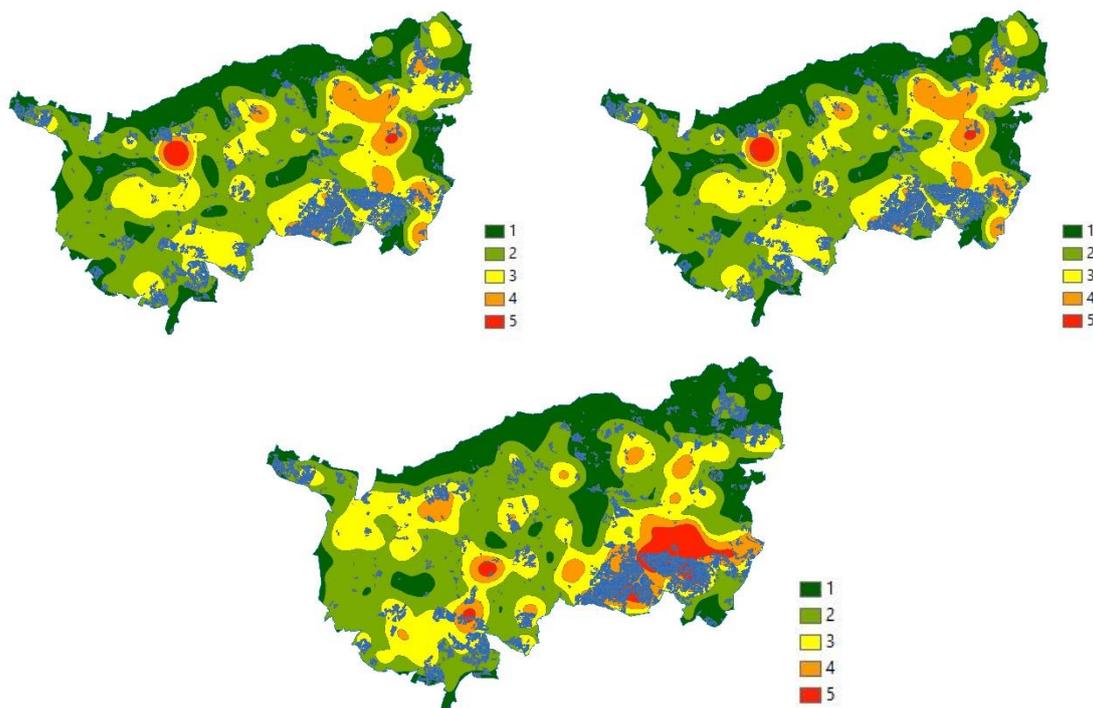


Figura 62 – Média e intervalo de confiança da mortalidade total/ha relativamente à ocupação do solo (Des4_07), com o grau de coberto entre 20 e 29 %, para os modelos mistos

Conjugando os mapas da densidade de *kernel* com os SAF de sobreiro e SAF de sobreiro com azinheira, em todos os momentos estudados, nota-se uma certa correspondência espacial destas áreas de montado com a distribuição das maiores densidades de mortalidade, ilustrado nas seguintes figuras:



Figuras 63 e 64 – Relação da densidade de mortalidade (1 mais baixa a 5 mais elevada) com os SAF de sobreiro e SAF de sobreiro com azinheira (polígonos azuis), em 2004 e 2010, respectivamente, na área de estudo total



Figuras 65 a 67 – Relação da densidade de mortalidade (1 mais baixa a 5 mais elevada) com os SAF de sobreiro e SAF de sobreiro com azinheira (polígonos azuis), em 2004, 2010 e 2015, respectivamente, nas ZIF Sul

Ao mesmo tempo, verifica-se que as zonas com densidades de mortalidade mais baixas correspondem às zonas de floresta de sobreiro, nunca esquecendo que uma boa percentagem das zonas com o menor valor de densidade de mortalidade corresponde à ausência de árvores da espécie em estudo, como por exemplo, o rio Sorraia e as suas margens.

No caso da aptidão climática, os resultados indicam que há mais mortalidade na classe regular do que na boa.

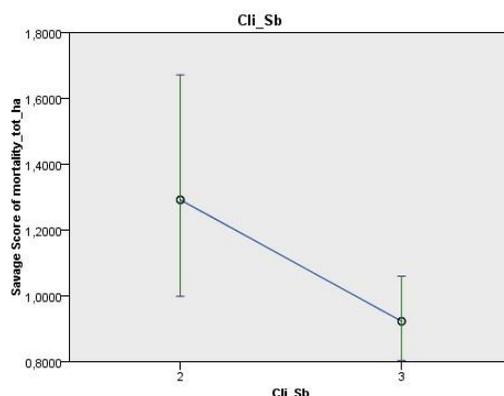


Figura 68 – Média e intervalo de confiança da mortalidade total/ha relativamente à aptidão climática (Cli_Sb), com o grau de coberto entre 20 e 29 %, para os modelos mistos

As restantes variáveis não são significativas neste grau de coberto.

Grau de coberto entre 30 a 34 %

Tabela 12 – Parâmetros estimados dos efeitos fixos independentes nas árvores mortas por hectare, dos modelos mistos (*Savage score*), para o caso do grau de coberto entre 30 a 34 %

Model Term	Coefficient	Std. Error	t	Sig.	95 % Confidence Interval	
					Lower	Upper
Intercept	17.83	9.92	1.80	0.07	-1.62	37.30
Aptidão climática = 2	0.36	0.06	5.99	< 0.001	0.24	0.47
Aptidão climática = 3	0 ^a					
Área	-0.49	0.02	-31.42	< 0.001	-0.52	-0.46

No caso do grau de coberto entre 30 e 34%, é a aptidão climática a única variável significativa na avaliação da mortalidade, sendo mais elevada a mortalidade na aptidão regular e mais baixa na aptidão climática boa.

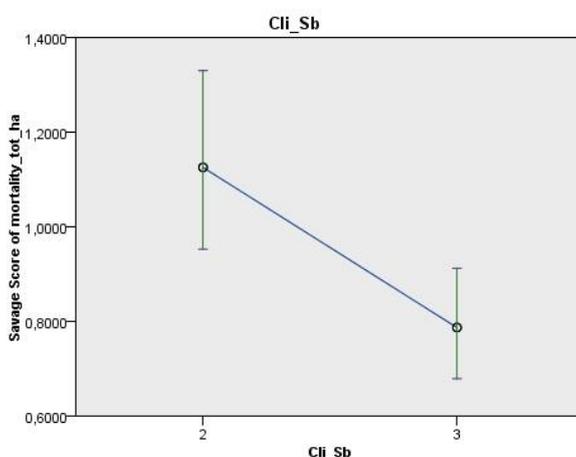


Figura 69 – Média e intervalo de confiança da mortalidade/ha relativamente à aptidão climática (Cli_Sb), com o grau de coberto entre 30 e 34 %, para os modelos mistos

Grau de coberto entre 35 e 40 %

Tabela 13 – Parâmetros estimados dos efeitos fixos independentes nas árvores mortas por hectare, dos modelos mistos (*Savage score*), para o caso do grau de coberto entre 35 a 40 %

Model Term	Coefficient	Std. Error	t	Sig.	95 % Confidence Interval	
					Lower	Upper
Intercept	-28.81	10.19	-2.93	0.003	-49.79	-9.83
Aptidão climática = 2	0.19	0.06	3.07	0.002	0.07	0.32
Aptidão climática = 3	0 ^a					
Área	-0.33	0.02	-21.00	< 0.001	-0.36	-0.30
Radiação	6.36	2.18	2.92	0.004	2.08	10.64

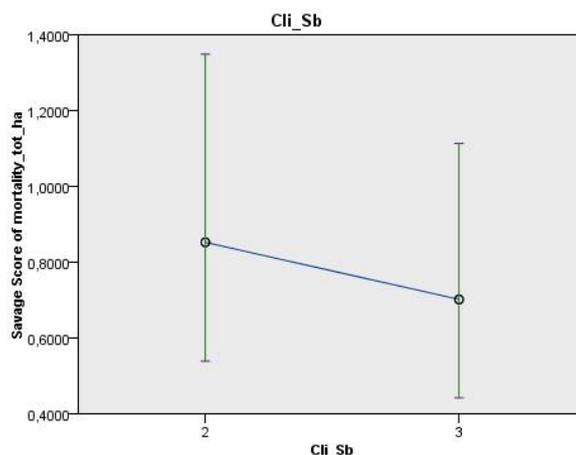


Figura 70 – Média e intervalo de confiança da mortalidade total/ha, relativamente à aptidão climática (Cli_Sb), com o grau de coberto entre 35 e 40 %, para os modelos mistos

Neste intervalo de grau de coberto as variáveis significativas para o fenómeno da mortalidade do sobreiro são a aptidão climática, a radiação e a área. À semelhança dos outros casos onde a aptidão climática é significativa, a mortalidade é maior na aptidão regular do que na boa. Além disso, como no caso do grau de coberto menor que 20%, quanto maior a radiação maior a mortalidade por hectare.

Grau de coberto superior a 40 %

Tabela 14 – Parâmetros estimados dos efeitos fixos independentes nas árvores mortas por hectare, dos modelos mistos (*Savage score*), para o caso do grau de coberto superior a 40 %

Model Term	Coefficient	Std. Error	t	Sig.	95 % Confidence Interval	
					Lower	Upper
Intercept	66.57	60.68	1.10	0.28	-53.57	186.70
Área	-0.37	0.06	-6.83	< 0.001	-0.48	-0.27

A partir de valores de grau de coberto superiores a 40%, a única variável significativa foi a área.

5.12 – Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica (CGPR)

A análise complementar do Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica, constitui um apoio para a compreensão deste fenómeno, nomeadamente a possibilidade de encontrar uma relação geográfica entre os eventos de mortalidade e as delimitações das propriedades.

Apresenta-se de seguida dois exemplos. O primeiro corresponde a uma área que se manteve sempre com densidade de mortalidade elevada ao longo do tempo. No primeiro instante, há uma mortalidade mais localizada, junto de um vale, apenas numa encosta. Em 2010, expande-se para Oeste, mas mantendo-se a mortalidade mais elevada na mesma propriedade que nas propriedades vizinhas. Em 2015, este pequeno vale torna-se um centro de expansão para a

mortalidade dos sobreiros, havendo muitos casos em ambas as encostas do vale. De notar que a área a Este, da propriedade vizinha que confronta esta, não apresenta quase mortalidade nenhuma em qualquer dos três momentos.

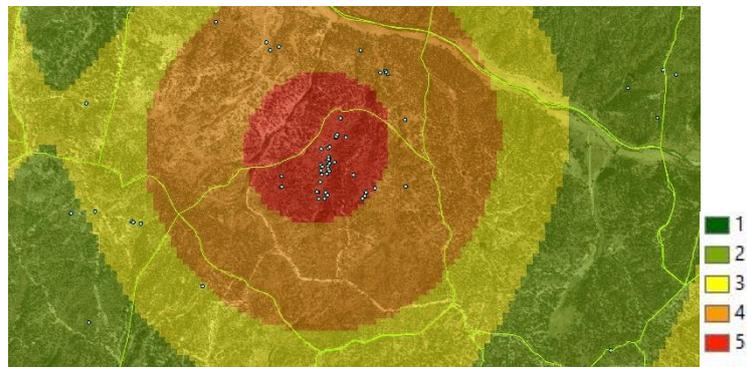


Figura 71 – Exemplo de densidade elevada de mortalidade ligada ao CGPR, em 2004. 1 mais baixa – 5 mais elevada. Pontos azuis correspondentes a árvores mortas.

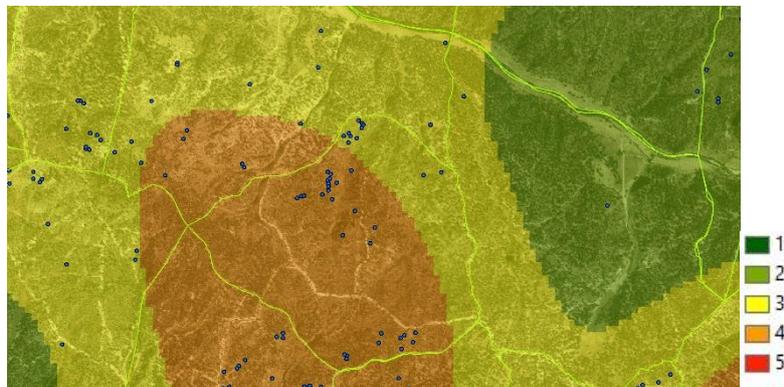


Figura 72 – Exemplo de densidade elevada de mortalidade ligada ao CGPR, em 2010. 1 mais baixa – 5 mais elevada. Pontos azuis correspondentes a árvores mortas

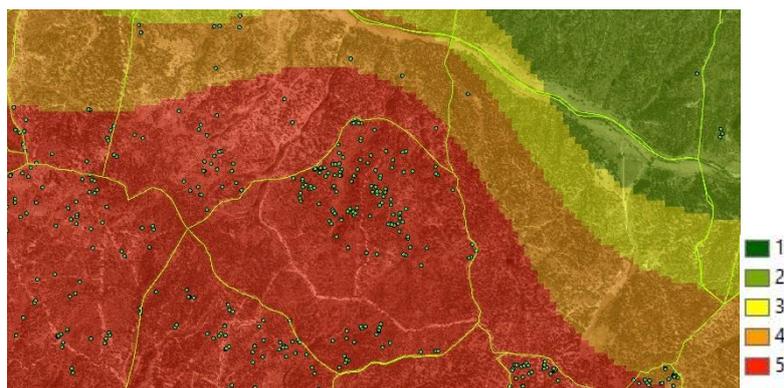
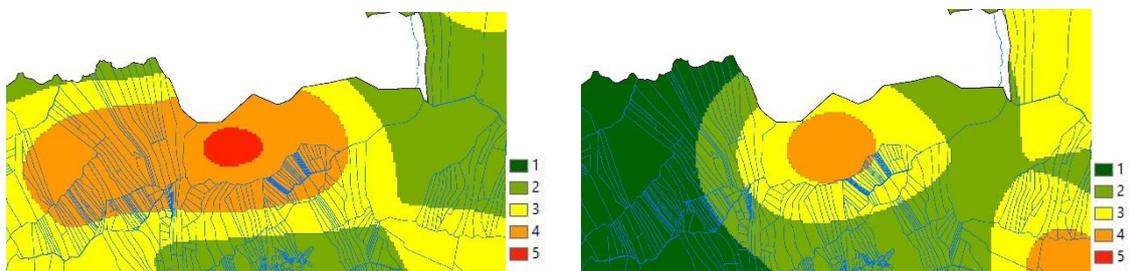


Figura 73 – Exemplo de densidade elevada de mortalidade ligada ao CGPR, em 2015. 1 mais baixa – 5 mais elevada. Pontos verdes correspondentes a árvores mortas

O segundo exemplo refere-se a uma zona com densidade de mortalidade elevada, nas ZIF Norte, onde se vê, claramente, através das seguintes figuras, uma relação espacial entre esta zona de elevada densidade de mortalidade e os limites cadastrais.



Figuras 74 e 75 – Exemplo de relação espacial da densidade de mortalidade com o Cadastro Geométrico da Propriedade Rústica (linhas azuis), em 2004 e 2010, respectivamente. 1 mais baixa – 5 mais elevada

6 – Discussão

Em primeiro lugar, é necessário frisar que a área de estudo apresenta grande homogeneidade quanto à topografia, de acordo com a classificação definida, seja relativamente aos declives, seja quanto à orientação das suas encostas, lembrando também que a maioria da área não apresenta limitações quanto ao solo, para o sobreiro. Esta homogeneidade explica porque estes parâmetros não são significativos nesta área de estudo. No entanto, lembre-se que dadas as limitações quanto à escala dos dados utilizados, não foi possível estudar com mais precisão o efeito destas variáveis topográficas e solos.

Assim, são os parâmetros climáticos e o grau de coberto arbóreo que poderão influenciar as taxas de mortalidade neste estudo, tal como se verificou na análise diacrónica. A abordagem diacrónica permite estudar a evolução da mortalidade ao longo do tempo, associando-se esta evolução às alterações que vão ocorrendo na qualidade da estação, neste caso, em função das condições climáticas. O aumento da taxa de mortalidade ao longo do tempo, em particular nas zonas com menor aptidão climática, mostram o efeito da deterioração da qualidade da estação na vitalidade das árvores, à medida que se verificam reduções de precipitação e aumento dos eventos climáticos extremos, e, por conseguinte, a redução na própria aptidão climática.

A mudança climática geral para a área de estudo está associada ao aumento geral de mortalidade ao longo do tempo, deixando de estar concentrada em poucas áreas, muito localizadas (densidade de *kernel*), dispersando-se-se mais tarde, por toda a área de estudo. Ao mesmo tempo, o estudo das densidades de *kernel* permitiu verificar uma relação negativa da mortalidade no espaço, ao longo do tempo, isto é, num determinado momento, as zonas com maior densidade de árvores mortas, apresentam, em momentos posteriores, menores densidades, e vice-versa, sugerindo que existe um declínio mais acentuado nas árvores mais susceptíveis que parece estabilizar-se com as árvores remanescentes.

Por outro lado, o estudo da interação da radiação com o grau de coberto permitiu verificar como as alterações nas condições climáticas têm efeitos diferenciais consoante o grau de cobertura dos povoamentos. Os trabalhos de Príncipe *et al.* (2022) estabeleceram a importância de factores locais, como a elevação e a radiação solar, para o coberto arbóreo, ao mesmo tempo que Pérez-Girón *et al.* (2022) verificaram que o coberto arbóreo é significativo na influência das condições climáticas. No presente trabalho, os povoamentos com grau de coberto arbóreo inferior a 40% foram mais vulneráveis a estas alterações climáticas, ocorrendo mais eventos de mortalidade quando a aptidão climática se reduziu. Ao mesmo tempo, a ausência desse padrão nos povoamentos mais densos (> 40%) sugere um efeito protector dos mesmos. A cobertura da copa reduz a radiação que atinge o solo, reduzindo, por isso, a temperatura e a evaporação.

Nas classes de grau de coberto 20-29% observou-se uma relação significativa entre o uso do solo (florestas e montados de sobreiro, além de montado de sobreiro com azinheira) e a mortalidade. É ilustrada uma grande concentração dos sistemas agroflorestais (SAF) a Sudeste da área de estudo, onde também ocorre uma grande densidade de mortalidade, padrão este que se verifica noutras concentrações de áreas compostas por estes sistemas de exploração. Sendo a diferença entre os dois sistemas de exploração (florestas e SAF's) a vertente agro-pastoril dos SAF, os resultados realçam os impactos negativos que esta pode ter na vertente silvícola, através de práticas culturais inadequadas à boa gestão destes povoamentos, como sejam, as gradagens, propagação de agentes patogénicos do solo, etc. Camilo-Alves *et al.* (2020) verificaram que solos com maior teor em matéria orgânica e/ou nutrientes estão menos associados ao declínio, pois podem favorecer a rizosfera microbiana antagonista a agentes patogénicos que atacam as raízes, suportando o impacto negativo que podem ter estas práticas culturais, já que muitas delas, especialmente se intensivas, desgastam as quantidades de matéria orgânica e nutrientes do solo.

O efeito da gestão dos povoamentos também pode ser detectado na análise das linhas cadastrais das propriedades. A gestão incorrecta dos povoamentos aumenta a vulnerabilidade do sistema face a condições climáticas adversas. Considerando a espiral de declínio de Manion, os povoamentos em condições de predisposição ao declínio, devido à redução da qualidade da estação, ficam mais vulneráveis a acções temporárias que incitam à perda de vitalidade – como más práticas de gestão – ocorrendo assim mais eventos de mortalidade das árvores.

Destaca-se ainda a relação positiva encontrada entre a radiação solar e o grau de coberto 35-40%, sugerindo que este valor marca o limite do efeito protector do coberto arbóreo na vitalidade das árvores. Abaixo desse grau de coberto, o efeito da variação da radiação solar na vitalidade das árvores é semelhante para a amplitude encontrada na área de estudo. O excesso de exposição solar em ambientes mediterrânicos, seja por efeito directo, ou indirecto, através do aumento de temperatura e evaporação, pode ter efeitos negativos na vitalidade das árvores. Este efeito foi observado em vertentes com exposição a Sul nos estudos de Camilo-Alves *et al.* (2020) e Costa *et al.* (2009), com maior incidência de radiação solar nestas do que nas vertentes das outras direcções.

Por último, este estudo permitiu verificar como a redução da qualidade da estação em função das alterações climáticas aumentou os índices de mortalidade, especialmente ao se realizar uma análise diacrónica. Com uma análise de momento, utilizando os valores normais climáticos, não seria possível compreender os eventos de mortalidade ocorridos nestas ZIF e, por conseguinte, adaptar os modelos de gestão às novas condições do meio. Foi também possível verificar a importância do grau de coberto dos povoamentos na resiliência das árvores, realçando o efeito protector acima dos 40% de grau de coberto. Foi precisamente nas densidades arbóreas de 35-

40% que o efeito da radiação solar se apresentou significativo, dando-se, por isso, ênfase a este valor de grau de coberto como o valor mínimo para se obter este efeito protector das árvores, nesta área de estudo. Destaca-se também a importância das boas práticas na gestão agro-pastoril para evitar a perda de vitalidade das árvores.

No contexto de alterações climáticas, este trabalho indica que os modelos de gestão silvícola para as ZIF analisadas devem considerar uma área de cobertura arbórea mínima de 35-40%, de modo a aumentar a resiliência do sistema.

Bibliografia

Alexandre C., Andrade J. (2018a) Apontamentos de Solo, Clima e Gestão de Sistemas Florestais. Universidade de Évora.

Alexandre C., Andrade J. (2018b) Apontamentos de Solo, Clima e Sistemas Florestais. Universidade de Évora.

Associação Portuguesa de Cortiça (APCOR) (2020) Boletim Estatístico 2020.

Associação Lusitana de Fitossociologia. Fichas de Habitats Naturais. Instituto de Conservação da Natureza e da Biodiversidade (2005) Ficha do habitat 6310 – Montados de *Quercus* spp. de folha perene.

Autoridade Florestal Nacional (AFN) (2009) Instruções para o trabalho de campo do Inventário Florestal Nacional – IFN 2005/2006.

Azevedo e Silva F., Nogueira C., Ferreira L. (1968) Entomofauna do sobreiro (*Quercus suber* L.) (1ª lista). Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas.

Bader M. Y., Geloof I., Rietkerk M. (2006) High solar radiation hinders tree regeneration above the alpine treeline in northern Ecuador. Springer.

Bakry M., Abourouh M. (1996) Dépérissement de chêne-liège au Maroc: état des connaissances et perspectives. Centre National de la Recherche Forestière.

Barrón J. (2005) Prospección de la seca en Extremadura. Análisis de los resultados. Gestión Ambiental y Económica del Ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica: ponencias y comunicaciones presentadas en las Jornadas Técnicas celebradas en Guadajara (Badajoz).

Becker M. (1984) A propos du dépérissement du chêne: réflexion sur la place actuelle de cette espèce dans la forêt française. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*.

Brasier C. M., Rogredo F., Ferraz J. F. P. (1993) Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberian Oak decline. *Plant Pathology*.

Cabral M. T., Lopes F., Sardinha R. A. (1993) Determinação das causas de morte do sobreiro nos concelhos de Santiago do Cacém, Grândola e Sines. *Silva Lusitana*.

Camilo-Alves C. (2013) Studies on cork oak decline: an integrated approach. Tese apresentada à Universidade de Évora para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Agrárias.

Camilo-Alves C., Clara M., Ribeiro N. (2013) Decline of Mediterranean Oak Trees and its association with *Phytophthora cinnamomi*: a review. Springer.

Camilo-Alves C., Dias S., Dinis C., Felix M., Varandas C., Ribeiro N. (2020) Modelling diachronic cork oak dieback – comparison of two case studies. FORMATH, 2020.

Canadell, J., Jackson R. B., Ehleringer J. R., Mooney H. A., Sala O. F., Schulze E. D. (1996) Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia*.

Carvalho A. (1997) *Madeiras portuguesas*, vol. II. Direcção-Geral das Florestas.

Carvalho M. (2012) O Uso Sustentado do Solo. *Revista da Feira do Montado*, XII Feira do Montado.

Catita C. (2012) *Aulas de Sistemas de Informação Geográfica*. Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

Cordeiro S., Moreira C., Ferreira R. P., Carvalho J. P. F., Pinto T. M. S., Torres Pereira J. M. G. (2001) Propagação vegetativa por estacaria do sobreiro (*Quercus suber* L.). *Silva Lusitana*.

Costa A., Pereira H., Madeira M. (2009) Análise espacial da mortalidade do sobreiro em S. Bartolomeu da Serra (Santiago do Cacém). *SPCF*.

Coutinho A. (1939) *Flora de Portugal (plantas vasculares)*. Bertrand (Irmãos), Ltd.

Cressie N. (1993) *Statistics for Spatial Data*. John Wiley & Sons.

David T. S., Cabral M. T., Sardinha R. M. A. (1992) A mortalidade dos sobreiros e a seca. *Finisterra*.

David T. (2002) Intercepção da precipitação em árvores isoladas de *Quercus rotundifolia* Lam. *Silva Lusitana*.

David T. S., Ferreria M., Pereira J., Cohen S., David J. (2002) Transpiração em árvores isoladas de um montado de azinho. Evolução sazonal e condicionantes hidráulicas. *Silva Lusitana*.

David T. S., Ferreira M. I., Cohen S., Pereira J. S., David J. S. (2004) Constraints on transpiration from an evergreen oak tree in southern Portugal. *Agr. For. Meteorol.*

David T. S., Henriques M. O., Besson C. K., Nunes J., Valente F., Vaz M., Pereira J. S., Siegwolf R., Chaves M. M., Gazarini L. C., David J. S. (2007) Water use strategies in two co-occurring Mediterranean evergreen oaks: surviving the summer drought. *Tree Physiol.*

David T. S., Pinto C. A., Nadezhdina N., Kurz-Besson, C., Henriques M., Quilhó T., Cermak J., Chaves M. M., Pereira J. S., David J. S. (2013) Root functioning, tree water use and hydraulic redistribution in *Quercus suber* trees: a modelling approach based on root sap flow. *Forest Ecology and Management*.

David T. S., Pinto C. A., Nadezhdina N., David J. S. (2017) Estrutura e funcionamento das raízes em sobreiro: o uso de água. *Vida Rural*.

Denman S., Kirk S., Webber J. (2010) *Managing acute oak decline*. Forestry Commission.

Dinis C. Cork oak (*Quercus suber* L.) root system: a structural-functional 3D approach. (2014) Tese apresentada à Universidade de Évora para obtenção do Grau de Doutor em Gestão Interdisciplinar da Paisagem.

Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (2011). Nota explicativa da Carta dos Solos de Portugal e da Carta de Capacidade de Uso do Solo.

Direcção-Geral do Território. (2018) Especificações técnicas da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de Portugal Continental para 2018. Relatório Técnico. Direcção-Geral do Território.

Dreger E. (1994) Le dépérissement des chênes: analyse écologique et physiologique. *Courier de l'Environnement de l'INRA* n° 23.

Fabião, A. (1987) *Árvores e Florestas*. Publicações Europa-América.

Fabrika M., Pretzsch H. (2013) *Forest ecosystem analysis and modeling*. Technical University in Zvolen.

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

Ferreira A. G., Ribeiro N. A., Gonçalves A. C., Dias S. S., Afonso T., Lima J., Recto H. (2007) *Produção silvícola no montado. Análise e reflexão sobre a gestão sustentada dos montados de sobreiro*. *Revista de Ciências Agrárias*.

Figueiredo T. (2015) Protecção do solo e Combate à Desertificação: oportunidade para as regiões fronteiriças. Instituto Politécnico de Bragança.

Fonseca A., Fernandes J. (2004) Detecção remota. LIDEL.

Franco J. (1943). Dendrologia Florestal. Lucas & C.^a.

Freitas M. (2002) Propagação vegetativa de sobreiros seleccionados. Silva Lusitana.

Freixial R. (2019) Apontamentos de silvopastorícia. Universidade de Évora.

Freixial R., Barros J. (2012) Pastagens. Departamento de Fitotecnia, Universidade de Évora.

Godinho S., Guiomar N., Machado R. Santos P., Sá-Sousa P., Fernandes J. P., Neves N., Pinto-Correia T. (2014) Assessment of environment, land management and spatial variables on recent changes in montado land cover in Southern Portugal. Springer.

Gonçalves A. (2017a) Apontamentos de Silvicultura Geral. Universidade de Évora.

Gonçalves A. (2017b) Apontamentos de Silvicultura Aplicada. Universidade de Évora.

Gonçalves A. (2018) Ordenamento Florestal – textos didáticos. Universidade de Évora.

Guerreiro M. (1957) Problemas florestais da região mediterrânea ao Sul de Portugal. Junta Nacional da Cortiça.

Hardin G. (1968) The tragedy of the commons. Science.

Hasnaoui F., Zouaoui I., Boussaidi N., Neibi R., Abbas Ch., Hasnaoui B. (2018) Les facteurs responsables du dépérissement de la subéraie de la Kroumirie (Nord Ouest de la Tunisie). *Journal of New Sciences*.

Henriques J. (2018) Boletim Técnico – Carvão do entrecasco. INIAV.

Herculano A. (1849) Conhecimentos úteis. *Revista Universal Lisbonense*.

ICNF (2015) 6º Inventário Florestal Nacional. Instituto de Conservação da Natureza e Florestas. Lisboa.

ICNF (2019) Programa Regional de Ordenamento Florestal [PROF], região Alentejo e região Lisboa e Vale do Tejo. Instituto de Conservação da Natureza e Florestas. Lisboa

Igualada J., Guil F., Ayanz A. (2005) La Dehesa y la sustentabilidad de un ecosistema frágil. *Gestión Ambiental y Económica del Ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica: ponencias y comunicaciones presentadas en las Jornadas Técnicas celebradas en Guadajara (Badajoz)*.

Jamâa M. L. B., Sghaier T., M'nara S., Nouri M. (2005) Le dépérissement du chêne-liège dans la subéraie de Béllif (Tunisie): caractérisation et évaluation de son impact sur l'accroissement du liège. *Integrated Protection in Oak Forests*.

Jones M., Sinclair F. L., Grime V. L. (1998) Effect of tree species and crown pruning on root length and soil water content in semi-arid agroforestry. *Kluwer Academic publishers*.

Macara A. (1975) Estimativa em 1975 dos prejuízos causados pelas principais doenças do sobreiro num montado da região ribatejana. *Boletim do Instituto dos Produtos Florestais – cortiça*.

Machado D. (1947) Conferência realizada pelo Engenheiro Silvicultor Domingos Pereira Machado, nos Grémios da Lavoura de Faro e Grândola, respectivamente a 25 de Novembro, 1 de Dezembro de 1946 in Campanha de Protecção do Sobreiro I – Poda. Junta Nacional da Cortiça.

Machouri N. (2009) Les subéraies marocains face aux changements climatiques et actions anthropiques. Actes du Colloque International de Niamey (Niger). Université Mohammed V.

Marques I., Nascimento J., Cardoso R. M., Miguéns F., Condesso de Melo M. T., Soares P. M. M., Gouveia C. M., Besson C. K. (2019) Mapping the suitability of groundwater-dependent vegetation in a semi-arid Mediterranean area. Copernicus.

Matos J. (2008) Fundamentos de Informação Geográfica. LIDEL.

McKenzie R. (2010) Agricultural Soil Compaction: causes and management. Agri-facts.

Millenium Ecosystem Assessment (2003) Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Island Press.

Montero G., Cañellas I. (2003) Selvicultura de los Alcornocales de España. Silva Lusitana.

Montoya J. (1991) Mortandad de Quercus: la perspectiva selvícola y los antecedentes climaticos.

Moreira A. C., Domingos A. C., Caetano P., Melo E., Cravador A. (2005) Evolução da doença do declínio do sobreiro e da azinheira no Alentejo. Gestión Ambiental y Económica del Ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica: ponencias y comunicaciones presentadas en las Jornadas Técnicas celebradas en Guadajara (Badajoz).

Nageleisen L. (1994) Dépérissement actuel des chênes. Revue forestière française.

Natividade J. (1932) Poda dos sobreiros. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas.

Natividade J. (1934) Cortiças: contribuição para o estudo do melhoramento da qualidade. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas.

Natividade J. (1937) Técnica cultural dos sobreiros I – Poda. Junta Nacional da Cortiça.

Natividade J. (1947) A propósito da arreia. Junta Nacional de Cortiça nº 97, 1946 in Campanha de Protecção do Sobreiro I – Poda. Junta Nacional da Cortiça.

Natividade J. (1950) Subericultura. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas.

Natividade J. (1969) A propósito da floresta – algumas conferências do Prof. J. Vieira Natividade. Universidade de Luanda.

Neves C. M. Baeta. (1947) Palestra lida pelo autor ao microfone da Emissora Nacional às 13 e 40 do dia 22 de Novembro de 1946 in Campanha de Protecção do Sobreiro I – Poda. Junta Nacional da Cortiça.

Neves C. M. Baeta. (1951) A importância económica da subericultura nas Matas do Estado entre 1895 e 1905. Boletim da Junta Nacional da Cortiça.

Nóbrega F. (1997) Contribuição para o estudo da relação do polimorfismo isoenzimático com a qualidade da cortiça. Silva Lusitana.

Nogueira C. D. S., Ferreira L. J. C. (1972) Distribuição das principais pragas dos montados. Instituto Superior de Agronomia.

O’Gara E., Howard K., Wilson B., Hardy G. (2005) Management of *Phytophthora cinnamomi* for Biodiversity Conservation in Australia. Commonwealth of Australia.

Otieno D., Mirzaei H., Hussain M. Z., Li Y. L., Schmidt M. W. T., Wartinger M., Jung E., Ribeiro N., Pereira J. S., Tenhunen J. (2010) Herbaceous layer development during spring does not deplete soil nitrogen in the Portuguese montado. *Journal of Arid Environments*.

Patrício M., Gonçalves A., David J. (1998) Intercepção horizontal do nevoeiro pela vegetação. *Silva Lusitana*.

Pereira A. G. (1941) Economia corticeira – da importância da cortiça na economia mundial. *Junta Nacional da Cortiça*, nº 27-35.

Pereira M. (2018) Apontamentos de Sustentabilidade dos Sistemas Florestais. Universidade de Évora.

Pereira P., Godinho C., Roque I., Rabaça J. (2015) O montado e as aves – Boas práticas para uma gestão sustentável. *Câmara Municipal de Coruche*.

Pérez-Girón J., Díaz-Varela E., Álvarez-Álvarez P. (2022) Climate-driven variations in productivity reveal adaptive strategies in Iberian cork oak agroforestry systems. *Forest Ecosystems*.

Phiria S., Amézquita E., Raob I. M., Singha B. R. (2001) Disc harrowing intensity and its impact on soil properties and plant growth of agropastoral systems in the Llanos of Colombia. *Elsevier*.

Pinto-Correia T., Ribeiro N., Sá-Sousa P. (2011) Introducing the montado, the cork and holm oak agroforestry system of Southern Portugal. *Agroforest Syst*.

Pinto-Correia T., Ribeiro N., Potes J. (coordenação) (2013) *O Livro Verde dos Montados*. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM).

Pinto-Gomes C., Ferreira R. (2005) *Flora e vegetação do Barrocal Algarvio (Tavira - Portimão)*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve.

Pratt, Parsons (1968) Mist precipitation on vegetation. Kerfoot O. Forestry Abstracts.

Príncipe A., Nunes A., Pinho P., Aleixo C., Neves N., Branquinho C. (2022) Local-scale factors matter for tree cover modelling in Mediterranean drylands. Elsevier.

Raposo M., Pinto-Gomes C. (2014) Montados da Lusitânia: sinfitossociologia, gestão e conservação. Documents phytosociologiques – actes du colloque international.

Raposo M., Pinto-Gomes C., Nunes L. (2020) Selective shrub management to preserve Mediterranean forests and reduce the risk of fire: the case of mainland Portugal. Fire.

Ribeiro J., Ribeiro N., Vaz M., Dinis C., Camilo-Alves C., Poeiras A. P., Beltrán R. S., Pinto-Gomes C., Rodrigues F., Dias S. S., Raposo M., Blanco V. (2020) Manual Técnico de Práticas Silvícolas para a Gestão Sustentável em Povoamentos de Sobreiro e Azinheira. Realizado no âmbito do projecto “PRODEHESA-MONTADO”.

Ribeiro N. (2006) Modelação do crescimento da árvore em povoamentos de sobreiro (*Quercus suber* L.) – desenvolvimento de modelo de crescimento espacial parametrizado para a região de Coruche. Tese de doutoramento apresentada à Universidade de Évora.

Ribeiro N., Surový P., Ferreira A. G., Lopes F., Costa H., Dinis R. (2006) Delimitação dos povoamentos de sobreiro com identificação da área de coberto com sinais de declínio. ICAM, Universidade de Évora.

Ribeiro N., Surový P. (2008) Inventário nacional de mortalidade de sobreiro na fotografia aérea digital de 2004/2006. Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM), Universidade de Évora.

Ribeiro N. A. (2015) Gestão sustentada dos montados de sobreiro. Soluções de engenharia florestal para a gestão adaptativa. Ingenium.

Ribeiro N., Surovy P., Dinis C., Camilo-Alves C., Dias S. (2016) Inventário Nacional de Mortalidade de Azinheira. Sílabas & Desafios Unipessoal LDA.

Ribeiro O. (1968) Mediterrâneo – Ambiente e tradicao. Fundacao Calouste Gulbenkian.

Rodrigues A., Pita G. (1997) Balanço energético em Montado de sobro. Silva Lusitana.

Rodrigues J. F. (1992) Montados de azinho. Direccao Geral das Florestas (DGF), Circunscricao Florestal de Vila Real.

Rouibah M., Fennineche H., Herikeche M. (2018) Contribution  l’étude de quelques facteurs causant le dprissement du chene-liege (*Quercus suber* L.) dans le littoral ouest de Jijel (Algerie). Agriculture and Forestry Journal.

Roxo M. J., Casimiro P., Sousa T. (2005) Diagnóstico do estudo de degradacao do montado em duas herdades do Alentejo. Gestión Ambiental y Económica del Ecosistema Montado/Dehesa en la Península Ibérica: ponencias y comunicaciones presentadas en las Jornadas Técnicas celebradas en Guadajara (Badajoz).

Rudolf de Groot. (2005) Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. Elsevier.

Santos B. (1995) ABC do podador de sobreiro e do tirador de cortiça. Instituto Florestal.

Santos J. (1947) Conferência realizada pelo Engenheiro Silvicultor Jorge Brito dos Santos, nos Gremios da Lavoura de Abrantes, Coruche e Évora, respectivamente a 25 de Novembro, 1 e 3 de Dezembro de 1946 in Campanha de Proteccao do Sobreiro I – Poda. Junta Nacional da Cortiça.

Santos M. (2003) Contribuição para o conhecimento das relações *Quercus suber* – *Biscogniauxia mediterranea* (Syn. *Hyposcilon mediterraneum*). *Silva Lusitana*.

Saskatchewan Land Resource Unit (2009) Saskatchewan Soil Resource Database User's Manual for SKSIDv4. Agriculture and Agri-Food Canada, Saskatoon Research Centre.

Sharrow S. (2007) Soil compaction by grazing livestock in silvopastures as evidenced by changes in soil physical properties. *Agroforestry Systems*.

Silvestre M. (2014) Estudo diacrónico da mortalidade do sobreiro (*Quercus suber* L.) sobre fotografia aérea entre os voos de 2004/2006 e de 2010 – caso estudo das ZIF's (Zonas de Intervenção Florestal) da Charneca, Erra e Ribeiras – Distrito de Santarém. Dissertação apresentada à Universidade de Évora para obtenção do Grau de Mestre.

Sousa E., Santos M., Varela M., Henriques J. (2007) Perda de vigor dos montados de sobreiro e zimho: análise da situação e perspectivas. Direcção Geral dos Recursos Florestais.

Surový P., Ribeiro N. A., Brasil F., Pereira J. S., Oliveira M. (2011) Method for evaluation of coarse cork oak root system by means of digital imaging. Springer.

Sutton A., Joern B. (1992) Land Application of Manure. Purdue University and U.S. Department of Agriculture.

Varela M. (1993) Poderá a morte do sobreiro (*Quercus suber* L.) estar relacionada com erosão genética. *Silva Lusitana*.

Udawatta, R. P., Henderson, G. S. (2003) Root distribution relationships to soil properties in Missouri Oak Stands: a productivity index approach. Soil Science Society of America.

WWF Canada. (2005) High Conservation Value Forest Support Document: draft for review.

Zaheira S., Hocine L. (2009) Etat sanitaire et facteurs de dépérissement des forêts de chêne-liège de la Wilaya de Mascara. Med Suber: 1^{ère} rencontre Méditerranéenne Chercheurs – Gestionnaires – Industriels sur la Gestion des Subéraies et la Qualité du Liège.

Textos soltos:

The study of cork oak decline in Spain.

Legislação

Decreto-Lei nº 169/2001 de 25 de Maio

Sites:

<http://passel-test.unl.edu/beta/pages/index.php?category=top0>

<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm>

<https://snig.dgterritorio.gov.pt/>

<https://solargis.com/>

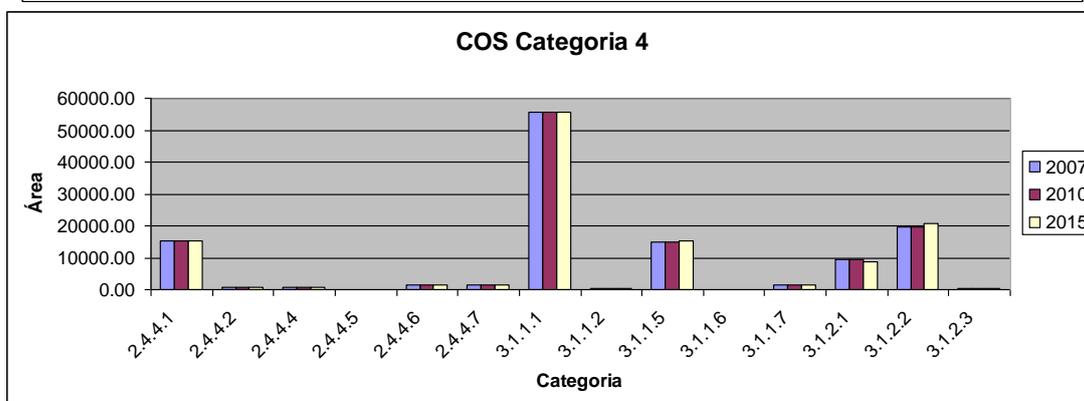
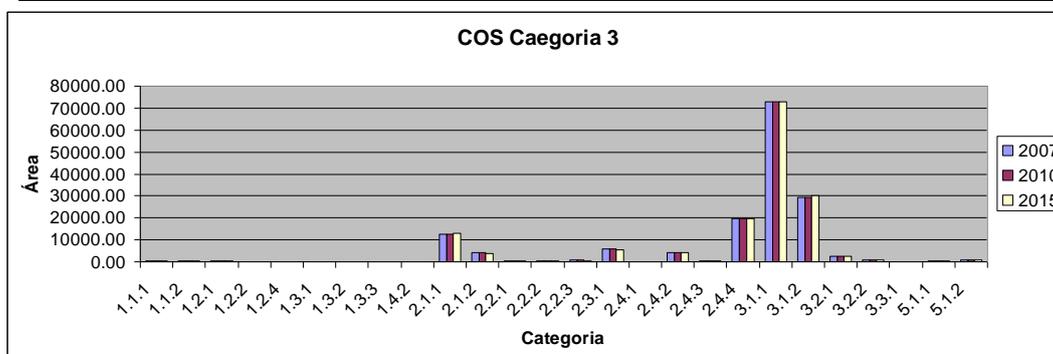
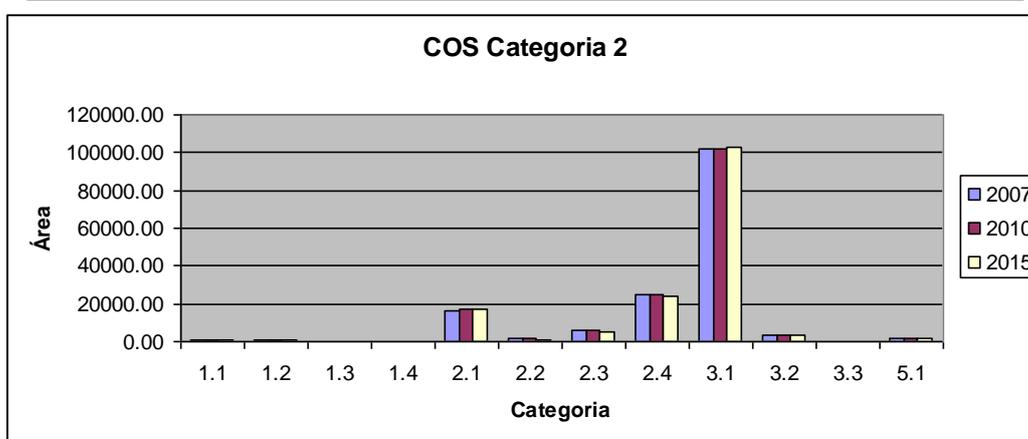
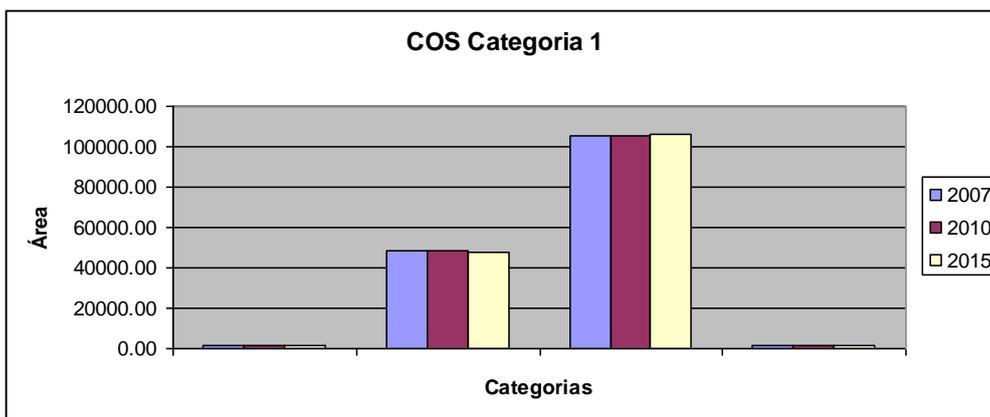
<https://www.apcor.pt>

<https://www.dgadr.gov.pt/nota-explicativa>

<https://www.dgterritorio.gov.pt/>

<https://www.icnf.pt>

Anexos



Figuras A1 a A4 – Distribuição da ocupação do solo no intervalo de tempo em estudo (2004-2010-2015) [ver correspondência na tabela A1]

Tabela A1 – Classes de Ocupação de Solo

1 – Territórios artificializados	1.1 – Tecido urbano	1.1.1 – Tecido urbano contínuo		
		1.1.2 – Tecido urbano descontínuo		
	1.2 – indústria, comércio e transportes	1.2.1 – Indústria, comércio e equipamentos gerais		
		1.2.2 – Redes viárias e ferroviárias e espaços associados		
		1.2.4 – Aeroportos e aeródromos		
	1.3 – Áreas de extracção de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção	1.3.1 – Áreas de extracção de inertes		
		1.3.2 – Áreas de deposição de resíduos		
		1.3.3 – Áreas em construção		
	1.4 – Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas	1.4.1 – Espaços verdes urbanos		
		1.4.2 – Equipamentos desportivos, culturais e de lazer e zonas históricas	1.4.2.2 – Outras instalações desportivas e equipamentos de lazer	
1.4.2.3 – Outros equipamentos culturais e outros e zonas históricas				
2 – Áreas agrícolas e agro-florestais	2.1 – Culturas temporárias	2.1.1 e 2.1.2 – Culturas temporárias de sequeiro e regadio		
		2.1.3 – Arrozais		
	2.2 – Culturas permanentes	2.2.1 – Vinhas		
		2.2.2 – Pomares		
		2.2.3 – Olivais		
	2.3 – Pastagens permanentes			
	2.4 – Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.1 – Culturas temporárias e/ou pastagens associadas a culturas permanentes		
		2.4.2 – Sistemas culturais e parcelares complexos		
		2.4.3 – Agricultura com espaços naturais e semi-naturais		
		2.4.4 – Sistemas agro-florestais	2.4.4.1 – SAF de sobreiro	
			2.4.4.2 – SAF de azinheira	
			2.4.4.3 – SAF de outros carvalhos	
			2.4.4.4 – SAF de pinheiro-manso	
2.4.4.5 – SAF de outras espécies				
2.4.4.6 – SAF de sobreiro com azinheira				
2.4.4.7 – SAF de outras misturas				

Continua para a página seguinte

3 – Florestas e meios naturais e semi-naturais	3.1 – Florestas	3.1.1 – Florestas de folhosas	3.1.1.1 – Florestas de sobreiro
			3.1.1.2 – Florestas de azinheira
			3.1.1.3 – Florestas de outros carvalhos
			3.1.1.5 – Florestas de eucalipto
			3.1.1.6 – Florestas de espécies invasoras
			3.1.1.7 – Florestas de outras folhosas
			3.1.2 – Florestas de resinosas
	3.1.2.2 – Florestas de pinheiro-manso		
	3.1.2.3 – Florestas de outras resinosas		
	3.2 – Vegetação arbustiva e herbácea	3.2.1 – Vegetação herbácea natural	
3.2.2 – Matos			
3.3 – Zonas descobertas e com pouca vegetação ou com vegetação esparsa	3.3.0 – Espaços descobertos ou com pouca vegetação		
5 – Corpos de água	5.1 – Águas interiores	5.1.1 – Cursos de água	
		5.1.2 – Planos de água	

Tabela A2 – Índices bioclimáticos para os intervalos de tempo em estudo

Medias_10anos	Ic	Índice	It	Termótipo	Io	Ombrótipo
2004	14.1	Euoceânico	348.4	Mesomediterrâneo Inferior	3.1	Seco Superior
2010	15.1	Euoceânico	360.4	Termomediterrâneo Superior	2.5	Seco Inferior
2015	15.3	Euoceânico	322.0	Mesomediterrâneo Inferior	2.2	Seco Inferior

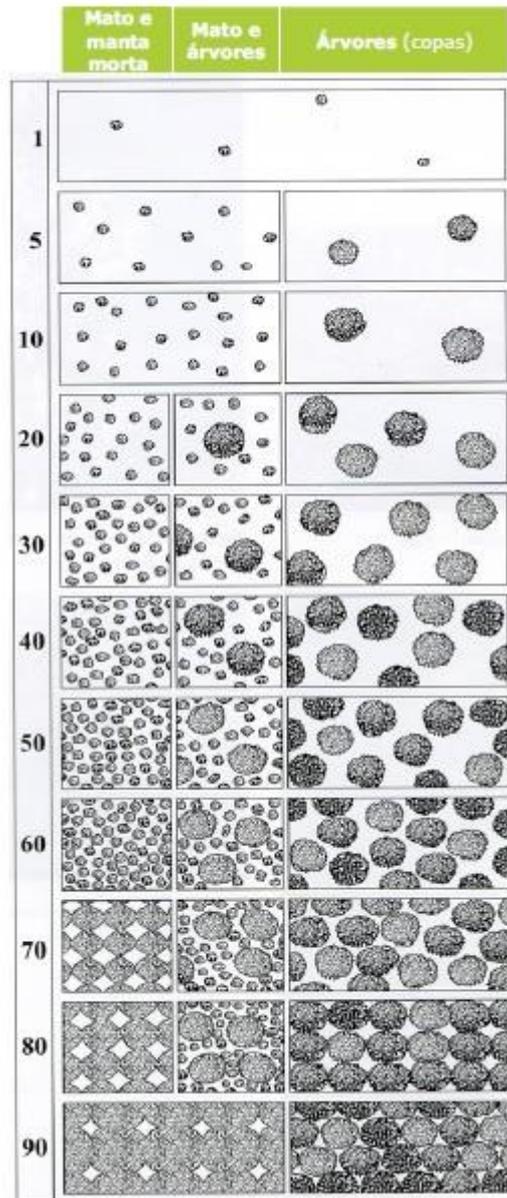


Figura A5 – Diagrama para determinar o grau de coberto (ICNF, 2015)