



Análise da mortalidade em plantações jovens de sobreiro (*Quercus suber* L.) e sua relação com a qualidade da estação

Diogo António Afonso da Silva Castel-Branco

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais

Orientador: Doutora Joana Amaral Paulo

Co-orientador: Doutora Maria Margarida Branco de Brito Tavares Tomé

Co-orientador: Doutor Alberto Macedo Azevedo Gomes

Júri:

Presidente: Doutor Manuel Armando Valeriano Madeira, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutora Maria Helena Reis de Noronha Ribeiro de Almeida, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;
Doutora Joana Amaral Paulo.

Lisboa, 2014

Agradecimentos

Expresso o meu agradecimento à Doutora Joana Amaral Paulo, pela orientação e apoio incondicional que me deu durante todo o trabalho realizado. Pelo saber que me transmitiu a cada minuto que partilhámos. À sua disponibilidade, quer em trabalho de campo ou de gabinete, sempre conseguiu arranjar tempo na sua já preenchida agenda.

À minha co-orientadora Professora Margarida Tomé, que com a sua experiência e saber me ajudou a traçar o caminho da realização desta tese.

Ao co-orientador Doutor Alberto Azevedo Gomes pela sua disponibilidade, saber, camaradagem e boa disposição.

Ao Doutor João Palma, pelo incentivo e esclarecimento de algumas dúvidas no decorrer deste trabalho.

À Engenheira Sónia Faias, a simpatia e ajuda na parte gráfica.

Ao meu Pai que me ajudou em todo o trabalho de campo e a toda a minha família.

À Vanessa agradeço a ajuda, a companhia, os sorrisos e a força que me transmitiu ao longo de todo este trabalho.

Reconhece-se o apoio financeiro dado pela FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia) à realização das amostragens de solos através dos projetos:

- POCI/AGR/57279/2004: CarbWoodCork - Simulação do efeito de diferentes estratégias de gestão e de alterações climáticas na produção de madeira/cortiça e no sequestro de carbono para as principais espécies da floresta portuguesa;
- PEst-OE/AGR/UI0239/2011.

Resumo

Uma vez que as taxas de sucesso de novas plantações de montado de sobreiro são relevantes para a produtividade futura, é importante conseguir determinar os locais onde o sobreiro encontra melhores condições de desenvolvimento. Como estas condições estão relacionadas com parâmetros locais edáficos, de solo e climáticos, pretende-se com este trabalho modelar a proporção de árvores mortas em plantações jovens, através da medição de parcelas permanentes instaladas em diferentes regiões de Portugal (Coruche, Évora, Ponte de Sor e Castelo Branco). Foram ajustados três modelos de regressão logística que predizem a proporção de árvores mortas (%) em função de variáveis edáficas e/ou climáticas, distinguindo-se pelo uso ou não de variáveis que implicam a necessidade de abertura de perfil de solo e a capacidade de aferição da existência de imperme. Os parâmetros dos modelos ajustados demonstraram a diminuição da proporção de árvores mortas em povoamentos com maior o índice de qualidade da estação, maior a profundidade do solo e para texturas medianas do solo. Também demonstraram o aumento da proporção de árvores mortas com o aumento da temperatura média anual e com a presença de imperme do solo. Os modelos ajustados serão incluídos no modelo de crescimento e produção SUBER.

Palavras-chave: Modelação; Regressão logística; Montado; Solo; Clima

Abstract

Since mortality rates observed in new cork oak plantations are relevant for future productivity, it is important to be able to find out the locations where cork oak finds best conditions for development. As these conditions are related to edaphic, soil and climate local parameters, this work aims at modeling the proportion of dead trees in young plantations of cork oak, using a set of permanent plots established in different regions of Portugal (Coruche, Évora, Ponte de Sor and Castelo Branco). Three logistic regression models that allow the prediction of the proportion of dead trees (%) as a function of soil and/or climate variables were fitted, their difference lying in the need of opening a soil profile and the capacity to determine the presence of a waterproof layer were adjusted. The resulting parameters showed a reduction of dead tree proportion in stands when higher the site index, higher soil depth and in the presence of medium soil textures. The increase of the proportion of dead trees with the increase of medium annual temperature and in the presence of a waterproof layer was also demonstrated. The adjusted models will be included in the SUBER growth and yield model.

Keywords: Modeling; Logistic regression; Cork oak landscape; Soil; Climate

Extended Abstract

Since the success of new cork oak plantations is relevant for future productivity, it is essential to find out where the cork oak meets best conditions to ensure satisfactory survival rates and better growing conditions, as well as to avoid the implementation of projects in inadequate stations leading to increased costs. As those conditions are related to edaphic, soil and climate local parameters, the aim of this study was to estimate the mortality rate in young plantations in the first 15 years after planting (expressed by the proportion of dead trees), based on the measurement of permanent plots established in different regions of Portugal (Coruche, Évora, Ponte de Sor and Castelo Branco), in even-aged and pure plantations of known age.

A graphical analysis of the proportion of mortality by county, texture of the surface horizon and by the *Classificação de Solos de Portugal* (CSP) was first made in order to check existing trends in the relations of these variables and the proportion of dead trees. There was a large variability among counties in terms of average value of the probability of mortality as well as in the range of values. Regarding soil texture, mortality occurred less in medium textures (loamy), contrary to the coarse and fine textures (sandy and clayed soils).

In order to relate the proportion of mortality with each one of the variables individually, a logistic regression was made using each of the variables as regressor. The significance of each variable was assessed with three statistical tests usually used in logistic regression: the likelihood ratio test, the Wald test and the odds ratio.

Three multivariate logistic regression models were then fitted, distinct in the type of variables included in their formulation: demanding or not the opening of a soil profile and the capacity to determine the presence of a waterproof layer. Several criteria to get to the final models were taken into account: high percentage of agreement between the observed and predicted values, simplicity, absence of collinearity between independent variables and biological significance of the estimated parameters.

The predictions of the models demonstrated a reduction of mortality proportion with increasing site index values, greater depth of soil, median horizon surface texture and for lower values of medium annual temperature. The proportion of mortality was also lower if there wasn't waterproof layer presence or compact rock material at low depth in the soil profile.

The models developed may be incorporated into the regeneration model of the growth and yield model SUBER, thus contributing to the improvement of the simulation of new stands.

Although in this study the proportion of mortality has been treated as a constant during the first 15 years of the stand, in fact, this proportion will vary along this period, namely according to annual climate conditions. In order to further approximate model of reality and improve model estimates, it was suggested that annual measurements are carried out on new plots so as to determine the variations in annual mortality rates. These measurements will also allow carrying out the validation of the proposed models with an independent data set, since this was not performed here.

Finally results also suggest the occurrence of some plantations in areas where the lack of a thorough initial characterization of soil and climate characteristics, did not guaranteed the avoidance of the installation of cork oak plantations in inadequate areas. For instance, plantations were found on lands where there was accumulation of water (waterproof layer presence), which does not favor the development of cork but would be favorable for other species, such as ash.

Índice

Lista de Siglas.....	i
Lista de Figuras.....	iv
Lista de Tabelas.....	vi
1 - Introdução.....	1
1.1 - Enquadramento geral e importância do problema.....	1
1.2 - Objetivos.....	2
2 - Estado da arte.....	4
2.1 - Descrição da espécie.....	4
2.2 - Modelos de crescimento para a gestão do montado de sobreiro em Portugal.....	5
2.3 - Técnicas de modelação da mortalidade de espécies florestais.....	7
3 - Dados.....	8
3.1 - Localização geográfica dos povoamentos amostrados.....	8
3.2 - Instalação das parcelas e caracterização dos povoamentos e das árvores.....	10
3.3 - Classificação e amostragem de solo.....	11
3.4 - Caracterização do clima.....	14
3.5 - Determinação do Índice de Qualidade da Estação (S).....	17
3.6 - Determinação do Índice Topográfico de Água no Solo (TWI).....	19
4 - Métodos.....	20
4.1 - Determinação das taxas de mortalidade e análise gráfica da sua distribuição.....	20
4.2 - Modelação da mortalidade com regressão logística.....	21
5 - Resultados.....	25
5.1 - Análise da distribuição dos valores de proporção de árvores mortas.....	25
5.2 - Ajustamento dos modelos de regressão logística.....	32
5.2.1 - Ajustamento inicial.....	32
5.2.2 - Modelos finais.....	34
6 - Discussão.....	38

7 - Conclusões	41
8 - Referências bibliográficas	42
ANEXO I - FICHA DE CAMPO	46
ANEXO II - BASE DE DADOS.....	47
ANEXO III - OUTPUT SAS MODELO COMPLETO.....	48
ANEXO IV - OUTPUT SAS MODELO REDUZIDO SEM VARIÁVEL <i>IMPERME</i>	50
ANEXO V - OUTPUT SAS MODELO REDUZIDO.....	52

Lista de Siglas

Classes de textura de solo

Sigla	Significado
A	Arenosa
AF	Arenosa-franca
AG	Areno-argilosa
F	Franca
FA	Franco-arenosa
FG	Franco-argilosa
FGA	Franco-argilo-arenosa
FL	Franco-limosa
G	Argilosa

World Reference Base for Soil Resources (WRB, 2006)

Sigla	Significado
AR	Arenossolo
CM	Cambissolo
LV	Luvissolo
LP	Leptossolo

Classificação de Solos de Portugal (Cardoso *et al.*, 1973)

Sigla	Significado
Ex	Solos Incipientes - Litossolos dos Climas de Regime Xérico, de xistos ou grauvaques
Eg	Solos Incipientes - Litossolos dos Climas de Regime Xérico, de granitos ou quartzodioritos
Pg	Solos Litólicos, Não Húmicos Pouco Insaturados, Normais, de granitos
Pgn	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Normais, de gnaisses ou rochas afins
Pm	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Para-Barros, de dioritos ou quartzodioritos ou rochas microfaneríticas ou cristalofílicas afins
Pmn	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Normais, de rochas cristalofílicas
Ppt	Solos Podzolizados - Podzóis, (Não Hidromórficos), Com Surraipa, com A2 incipiente, de ou sobre arenitos
Pv	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos, de Materiais Não Calcários, Normais, de rochas cristalofílicas
Px	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Pardos, de Materiais Não Calcários, Normais, de xistos ou grauvaques
Rg	Solos Incipientes - Regossolos Psamíticos, Normais, não húmidos
Sr	Solos Argiluvitados Pouco Insaturados - Solos Mediterrâneos, Vermelhos ou Amarelos, de Materiais Não Calcários, Normais, de de "rañas" ou depósitos
Vt	Solos Litólicos, Não Húmicos, Pouco Insaturados Normais, de arenitos grosseiros

Litologia

Sigla	Significado
fdnc/xst	Formações detríticas não consolidadas sobre xisto
fnsc	Formações sedimentares não consolidadas
fsc	Formações sedimentares consolidadas

Variáveis em estudo

Sigla	Significado
NdiasGeada	Número de dias de geada em um ano
NdiasPmaior1	Número de dias num ano em que a precipitação é maior que 1 mm
P	Proporção anual de árvores mortas nos primeiros 15 anos
Pmed	Precipitação média anual (mm)
Prof	Profundidade de solo (m)
Tmax	Temperatura média máxima (°C)
Tmed	Temperatura média anual (°C)
Tmin	Temperatura média mínima (°C)
texhs	Textura do horizonte superficial
TWI	Índice Topográfico de Água no Solo

No que diz respeito a variáveis dendrométricas e do povoamento, no presente trabalho seguiu-se a nomenclatura proposta em Soares e Tomé (2008).

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização dos povoamentos de sobreiro em estudo.....	9
Figura 2 - Exemplo de uma parcela em estudo	10
Figura 3 - Abertura de perfil de solo com retroescavadora.....	11
Figura 4 - Perfil de solo aberto.....	12
Figura 5a e 5b - Sondagem com recurso a sonda de solos	12
Figura 6 - Relação entre o diâmetro dominante (d_{dom}) e a altura dominante (h_{dom}) das parcelas medidas.....	18
Figura 7 - Gráfico de caixa de bigodes dos valores encontrados para a proporção de árvores mortas. O símbolo (+) representa o valor médio.....	25
Figura 8 - Distribuição da proporção de árvores mortas por concelho. O valor médio é indicado pelo símbolo '+', e os números de observações encontrados em cada concelho são indicados por baixo do nome do concelho no eixo xx do gráfico.....	26
Figura 9 - Distribuição da proporção de árvores mortas. O valor médio é indicado pelo símbolo '+', e os números de observações encontrados em cada classe de textura são indicados por baixo da respetiva classe no eixo xx do gráfico.....	27
Figura 10 - Distribuição da proporção de árvores mortas e valor médio (+) por textura agrupada do horizonte superficial do solo (1- textura fina; 2- textura média; 3- textura grosseira). Os números de observações encontrados em cada classe de textura são indicados por baixo da respetiva classe no eixo xx do gráfico.....	28
Figura 11 - Distribuição da proporção de árvores mortas e valor médio (+) por textura agrupada do horizonte superficial do solo (1 - fina; 2.1 - moderadamente fina; 2.2 - média;	

2.3 - moderadamente grosseira; 3 - grosseira). Os números de observações encontrados em cada classe de textura são indicados por baixo da respetiva classe no eixo xx do gráfico..... 29

Figura 12 - Distribuição da proporção de árvores mortas e valor médio (+) pela CSP. Os números de observações encontrados em cada classe de solo são indicados por baixo da respetiva classe no eixo xx do gráfico..... 30

Figura 13 - Distribuição da proporção de árvores mortas por classes de precipitação média anual. O valor médio é indicado pelo símbolo '+', e os números de observações encontrados em cada classe de precipitação são indicados por baixo da respetiva classe no eixo xx do gráfico..... 31

Figura 14 - Distribuição da proporção de árvores mortas por temperatura média anual. O valor médio é indicado pelo símbolo '+', e os números de observações encontrados em cada classe de temperatura são indicados por baixo da respetiva classe no eixo xx do gráfico..... 31

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Concelho e número de parcelas amostradas neste trabalho.....	9
Tabela 2 - Caracterização do solo nas parcelas analisadas	14
Tabela 3 - Normais climatológicas recolhidas das parcelas em estudo	16
Tabela 4 - Classificação do clima com base no Índice de Emberger	17
Tabela 5 - Classificação do clima com base no Índice de Martonne	18
Tabela 6 - Valores de S, dudom e hdom para cada parcela	18
Tabela 7 - Proporção de árvores mortas nas diferentes parcelas	22
Tabela 8 - Estatísticas de localização e dispersão para o conjunto de dados da proporção de árvores mortas	26
Tabela 9 - Resumo dos resultados obtidos para o ajustamento individual de todas as variáveis consideradas	33
Tabela 10 - Valores dos parâmetros ajustados, nível de significância e <i>Odds Ratio</i> no modelo completo	36
Tabela 11 - Valores dos testes <i>de Likelihood ratio</i> e Wald e de concordância e discordância no modelo completo	36
Tabela 12 - Valores dos parâmetros ajustados, nível de significância e <i>Odds Ratio</i> no modelo reduzido mas com a variável qualitativa <i>Imperme</i>	37
Tabela 13 - Valores dos testes <i>de Likelihood ratio</i> e Wald e de concordância e discordância no modelo reduzido mas com a variável qualitativa <i>Imperme</i>	37

Tabela 14 - Valores dos parâmetros ajustados, nível de significância e *Odds Ratio* no modelo reduzido..... 38

Tabela 15 - Valores dos testes *de Likelihood ratio* e Wald e de concordância e discordância no modelo reduzido 38

1 - Introdução

1.1 - Enquadramento geral e importância do problema

Desde o início do século XX que existem referências ao declínio do montado em algumas áreas de Portugal (e.g. Natividade, 1950). Estas referências são diversas ao longo das últimas décadas e revelam uma preocupação crescente com a identificação das causas de mortalidade no sobreiro e com a necessidade de identificar e promover medidas que travem o avanço deste problema (e.g. Cabral e Sardinha, 1989; Cabral *et al.*, 1992; Ferreira e Cabral, 1990). Trabalhos recentes têm também demonstrado que o montado enfrenta graves problemas no sucesso da regeneração das árvores dos seus povoamentos, em alguns casos associadas a baixas taxas de sucesso da proteção e condução de árvores de regeneração em áreas geridas em regime agro-silvo-pastoril (Bugalho *et al.*, 2011).

Alguns estudos realizados têm dado ênfase, de uma forma geral, à mortalidade das árvores no seu estado adulto e à capacidade de regeneração do montado por regeneração natural. No entanto, estudos sobre as taxas de sobrevivência de árvores jovens são escassos, tanto na situação de plantações novas como em adensamentos de povoamentos existentes por plantação.

Trabalhos como os de Merouani *et al.* (2001, 2005) e Dias *et al.* (1992) evidenciam a importância de todo o processo de desenvolvimento das plantas desde a recolha e armazenamento da bolota até à sua plantação no campo, nomeadamente o efeito do uso de protetores.

No entanto, a sobrevivência e o desenvolvimento da planta são também relacionados com as condições edafo-climáticas onde a plantação se realiza. Nos primeiros anos de vida de uma plantação, o solo tem uma influência fundamental no sucesso e desenvolvimento das plantas, nomeadamente do sistema radicular. Assim, as características do solo tais como o tipo de perfil, natureza da rocha-mãe, morfologia e estratos pedogenéticos, textura, espessura, e capacidade de retenção de água, são fatores primordiais ao desenvolvimento das raízes e conseqüente sucesso das plantações, bem como as características químicas do solo que desempenham um papel importante na fertilidade e estado nutricional das árvores.

A topografia, além de exercer uma influência direta na humidade do solo, afeta indiretamente o pH do solo (Giesler *et al.*, 1998). Os índices topográficos têm tido um papel muito importante na explicação de padrões da humidade espacial do solo.

Muito embora seja expectável que estas variáveis sigam o padrão encontrado por Cabral *et al.* (1992), que ajustou uma função que relaciona um índice de mortalidade do sobreiro com a profundidade do perfil, não existem estudos específicos para esta fase precoce e essencial do desenvolvimento de novas áreas de montado, nomeadamente os que abordem a questão de um ponto de vista da modelação florestal.

Ao abrigo de diversos quadros de apoio ao investimento florestal (AGRO, RURIS, PRODER) tem havido nas últimas três décadas um significativo investimento em plantações novas de sobreiro e no melhoramento do potencial produtivo das áreas já existentes (adensamentos por plantação, sementeira ou aproveitamento da regeneração natural). De acordo com o último inventário florestal nacional as áreas classificadas como novas plantações de Sobreiro abrangem uma área total de 46.815 hectares (AFN, 2010). Considerando a área de montado existente de 715.922 hectares referente a povoamentos puros, mistos dominantes e novas plantações, as últimas são já 6,5% da área total (AFN, 2010). Representam um potencial importante para a produção futura de cortiça e sequestro de carbono a nível nacional, demonstrado por Coelho *et al.* (2012).

No momento atual de definição de novas políticas de apoio à floresta nacional no âmbito da nova Política Agrícola Comum (PAC), é expectável que novos apoios surjam num futuro próximo à instalação e à beneficiação da floresta de montado em Portugal. É assim importante o estudo das variáveis e condições edafo-climáticas que propiciam as melhores condições de sucesso destas novas plantações, bem como o estudo das taxas de mortalidade associadas, melhorando as condições de execução de novos projetos e prevendo os custos associados dos mesmos.

A presente tese de mestrado, recorrendo a dados recolhidos em plantações instaladas nas últimas décadas, pretende ser uma contribuição para o estudo destes temas.

1.2 - Objetivos

É importante conseguir determinar os locais onde o sobreiro encontra melhores condições para elevar as taxas de sobrevivência e as condições de crescimento. Como estas condições estão relacionadas com características locais de solo e parâmetros climáticos, pretendeu-se como objetivo principal desta tese estudar e relacionar a taxa de mortalidade nos primeiros anos da

plantação de montado de sobro, avaliada pela proporção de árvores mortas, com as várias variáveis recolhidas.

Para o efeito, com base na medição de parcelas permanentes instaladas em diferentes regiões (Coruche, Évora, Ponte de Sor e Castelo Branco), em plantações regulares e puras de idade conhecida, pretendeu-se modelar a proporção de árvores mortas em plantações jovens nos primeiros 15 anos após a plantação, em função de variáveis de solo e clima e também do índice de qualidade da estação avaliado como a altura das árvores dominantes do povoamento estimada para uma idade padrão de 80 anos.

Os modelos aqui desenvolvidos podem vir a ser incorporados no módulo de regeneração do modelo de crescimento e produção SUBER (Paulo, 2011), contribuindo assim para o melhoramento da simulação de novos povoamentos.

2 - Estado da arte

2.1 - Descrição da espécie

De acordo com os valores do último inventário florestal nacional (AFN, 2010), a área de distribuição da espécie é de 715.922 hectares, representado 23% da área florestal em Portugal. Este número diz respeito a povoamentos puros, mistos dominantes e novas plantações.

É uma quercínea de folha persistente, pertencente à ordem *Fagales* e família *Fagaceae*. É caracterizada por um porte médio e pode atingir na fase adulta uma altura entre os 15 e 25 metros. Distingue-se dos restantes carvalhos pela sua casca volumosa de tecido suberoso, a cortiça, na qual reside atualmente o principal interesse económico da sua exploração. Esta espécie desempenha importantes funções ambientais e sociais, de que são exemplo a conservação da biodiversidade, a proteção do solo e da água e a mitigação das alterações climáticas, nomeadamente através do sequestro de carbono (Aronson *et al.*, 2009; Coelho *et al.*, 2012).

É uma espécie caracterizada por um crescimento lento e grande longevidade, podendo atingir os 250-350 anos em locais favoráveis ao seu desenvolvimento (Tomé *et al.*, 2006). O seu crescimento e longevidade estão contudo relacionados com diversos fatores edafo-climáticos locais (Silva e Catry, 2006; Costa *et al.*, 2009), com a ocorrência de pragas ou doenças, e mesmo com as práticas de gestão a que a árvore e o ecossistema envolvente são sujeitos ao longo das diversas fases de desenvolvimento da árvore (Cabral *et al.*, 1992).

Como espécie tipicamente mediterrânea, está bem adaptada a todo o tipo de solos, excetuando os solos calcários e excessivamente húmidos (associados por exemplo a fenómenos de encharcamento prolongado). De um modo geral, por razões sociológicas e históricas relacionadas com o aproveitamento agrícola dos melhores solos (Fonseca, 2004), ocorre principalmente, nos solos pobres dos depósitos terciários das bacias do Tejo e do Sado, leves, arenosos ou cascalhentos, pobres em matéria orgânica e de elevada permeabilidade. Também em solos derivados dos granitos e dos xistos, pedregosos, pouco profundos e pouco evoluídos e baixa fertilidade, o sobreiro está fortemente representado. O pH dos solos é uma característica fundamental ao seu crescimento, encontrando as melhores condições de desenvolvimento entre os valores 5,5 e 7.

É uma espécie bem adaptada ao clima mediterrâneo, caracterizado por períodos de seca estival e Invernos amenos. Tolerância condições de relativa seca necessitando de um valor mínimo

anual de pluviosidade de 500 mm, estando o valor ótimo entre os 600 e 800 mm. É também tolerante a temperaturas elevadas, encontrando-se o valor ótimo de temperatura média anual entre os 15 e 19°C.

2.2 - Modelos de crescimento para a gestão do montado de sobro em Portugal

A gestão florestal é caracterizada por um horizonte de planeamento alargado, envolvendo várias variáveis, e sujeito a várias externalidades como condições climáticas e oscilações de mercado. Os modelos de crescimento e produção permitem realizar a simulação da evolução ao longo do tempo, e em alguns casos no espaço, de componentes do ecossistema florestal. São desta forma ferramentas essenciais na gestão sustentável das florestas, permitindo ao gestor florestal a ponderação das consequências de diferentes alternativas e estratégias de gestão.

Presentemente existem em Portugal dois modelos de crescimento e produção para áreas de montado de sobro: o modelo SUBER, apresentado na sua última versão por Paulo (2011), e o modelo CORKFITS, apresentado por Ribeiro e Surovy (2011). Embora sejam ambos classificados como modelos empíricos segundo a classificação de Munro (1974), apresentam importantes diferenças conceptuais entre si.

O CORKFITS é um simulador de crescimento espacial da árvore individual. É composto por submodelos/módulos de crescimento de cortiça, diâmetro  altura do peito, altura e copa, assim como modelos de produção de cortiça e mortalidade.

A mortalidade é estimada, independentemente da idade da árvore, com base na seguinte função de regressão logística:

$$P = \frac{e^{3.547-0.216cd-0.143h-0.342hd2+0.208Solo}}{1 + e^{3.547-0.216cd-0.143h-0.342hd2+0.208Solo}}$$

Onde:

P= Probabilidade de sobrevivência da árvore

cd= Coeficiente de descortiçamento da árvore

h= Altura da árvore

hd2= ndice de competição espacial de Hegyi

Solo= Classificação do solo

O índice de competição espacial de Hegyi (hd2) proposto por Daniels (1976) e que é usado neste modelo tem a seguinte equação:

$$H: \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{d_i} * \frac{1}{\text{dist}_{ij}}$$

Onde:

i= índice da árvore i

j= índice da árvore competidora j

d= Diâmetro da árvore a 1.30 m (cm)

dist_{ij} = Distância entre a árvore em estudo i e a árvore competidora j

n= Número de competidores para a árvore objetivo i

A classificação de solo no modelo é determinada de acordo com a interpretação das características de diagnóstico segundo Ferreira *et al.* (2001).

O modelo SUBER é um simulador da árvore individual e independente da distância. É composto por submodelos/módulos de crescimento de cortiça e diâmetro à altura do peito, e módulos para a simulação e estimação da evolução das variáveis altura total, diâmetro da copa, altura de descortiçamento, número de pernadas descortizadas, calibre e qualidade da cortiça. Inclui ainda modelos para a predição da produção de cortiça, da biomassa total e por componentes, e *stock* de carbono.

A mortalidade no modelo SUBER é calculada em função do diâmetro da árvore e do índice de qualidade da estação (S), através da seguinte função de Richards, proposta por Richards (1959), com assíntota igual a 1 e parâmetro de forma expresso em função do índice de qualidade da estação:

$$P = 1 - e^{-0.05 \cdot du} \frac{1}{1 - 1 - e^{(-0.34 \cdot S)}}$$

Onde:

P= Probabilidade de morte da árvore

du= Diâmetro da árvore (cm) a 1.3 m

S= Índice de qualidade de estação (m)

2.3 - Técnicas de modelação da mortalidade de espécies florestais

Existem vários estudos realizados acerca da modelação da mortalidade para várias espécies florestais, entre as quais alguns carvalhos (Cao, 1997; Monserud e Sterba, 1999), mas no entanto para o sobreiro existe pouca informação.

A técnica mais usada nestes trabalhos é a regressão logística, embora outras técnicas sejam também frequentemente utilizadas como deteção remota ou distribuição de probabilidades.

Monserud e Sterba (1999), por exemplo, estudaram a modelação da mortalidade das seis principais espécies florestais austríacas com 5 anos de idade, a *Picea abies*, *Abies alba*, *Larix decidua*, *Pinus sylvestris*, *Fagus sylvatica* e *Quercus* spp., recorrendo a regressão logística. Concluíram que a área basal nas maiores árvores pode ser usada como preditor de taxa de mortalidade para todas as espécies, exceto para o abeto e carvalho. O modelo de mortalidade logístico resultante teve a mesma forma geral para todas as espécies e, pela estatística qui-quadrado, a variável mais importante foi a transformação hiperbólica do diâmetro, a segunda mais importante foi a proporção de copa na altura total da árvore $(h-h_{bc})/h$ (onde h é a altura total e h_{bc} é a altura da base da copa) e a terceira foi a área basal das maiores árvores do povoamento. Concluíram ainda que para se obter um bom modelo de mortalidade é essencial um conjunto de dados representativos da realidade e em grande escala.

Costa *et al.* (2009) estudaram a distribuição espacial da mortalidade do sobreiro em São Bartolomeu da Serra através de técnicas de deteção remota e determinaram a probabilidade de ocorrência de mortalidade através de um modelo de regressão logística. Estabeleceram um índice de mortalidade para três sistemas agro-florestais distintos e observaram que a mortalidade do sobreiro foi significativamente diferente consoante o sistema inserido (floresta de sobreiro, montado de sobreiro tradicional e incultos). Verificaram que a mortalidade foi também influenciada por características físicas da paisagem como o solo, declive e exposição, e atributos da estação que influenciaram diretamente a disponibilidade de água. A mortalidade foi mais frequente em solos pouco profundos ou em solos mais compactos, evidenciando a importância do desenvolvimento radicular do sobreiro em profundidade, em regiões mais susceptíveis a extensos períodos de seca.

No presente trabalho optou-se pelo recurso a regressão logística, a qual será brevemente descrita no capítulo 4.

3 - Dados

3.1 - Localização geográfica dos povoamentos amostrados

O estudo a que esta tese se propõe exige a recolha de dados que cubram uma considerável variabilidade solos e clima. Para tal foram utilizados dados recolhidos em diferentes projetos de investigação e em teses de mestrado já concluídas ou em curso (Tabela 1).

Na Tabela 1 encontra-se a indicação do concelho onde os povoamentos se localizam, bem como o número de parcelas amostradas em cada caso e a fonte de recolha dos dados utilizados. Por motivos de confidencialidade dos dados os povoamentos não são designados pelo seu nome. Os povoamentos e as parcelas instaladas são antes referenciados através do código utilizado na base de dados designada SUBERDATA, da responsabilidade do grupo de investigação Forchange do Centro de Estudos Florestais, onde os dados se encontram inseridos. Todos os códigos iniciam-se pelo algarismo 3, e a restante leitura deve ser feita da seguinte forma:

2º a 4º dígitos – código do povoamento

5º a 7º dígitos – código da parcela do povoamento

Exemplos:

- 3011002– Parcela número 2 do povoamento 11
- 3015002– Parcela número 2 do povoamento 15

Tabela 1 - Concelho e número de parcelas amostradas neste trabalho.

Povoamento	Número de parcelas	Concelho	Fonte
3001 - 3009	18	Coruche	Serrano (2007)
3010	1	Estremoz	Projeto de investigação CarbWoodCork
3011- 3012	5	Sines	
3013	1	Ponte de Sor	Braga (em curso)
3015-3016	6	Évora	
3017-3019	5	Castelo Branco	Nesta tese
3020 - 3021	3	Idanha-a-Nova	

A instalação de todas as parcelas fez-se em plantações jovens de sobreiro, com idade e plano de gestão conhecidos. Muito embora se pretenda avaliar a mortalidade média verificada em povoamentos jovens (em torno de 15 anos), foi impossível obter dados em povoamentos todos da mesma idade. Desta forma, a idade dos povoamentos varia em torno deste valor, sendo que se estabeleceu a condição de que os povoamentos não tivessem sido alvo de desbastes nem desbóia até ao ano da medição.

A localização dos povoamentos onde foram instaladas as parcelas, ao longo da área de distribuição do montado de sobreiro em Portugal, encontra-se na Figura 1 que se segue.

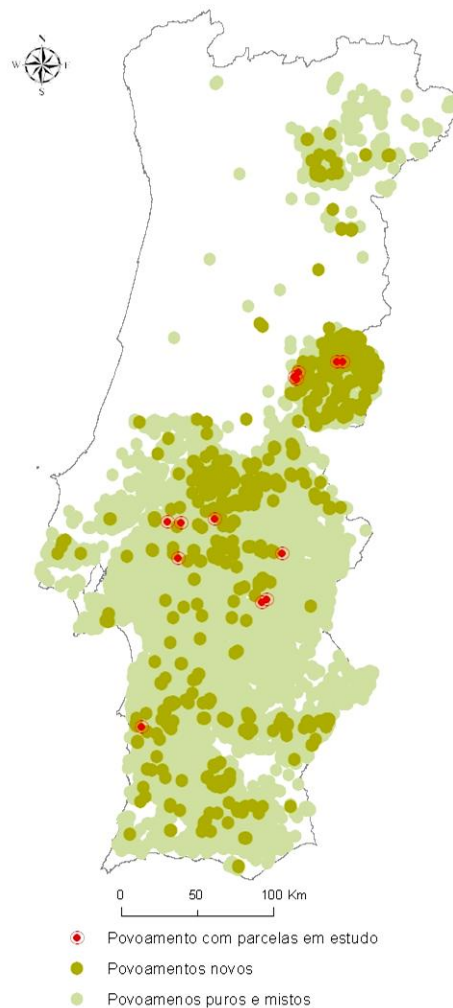


Figura 1 - Localização dos povoamentos de sobreiro em estudo.

3.2 - Instalação das parcelas e caracterização dos povoamentos e das árvores

As parcelas instaladas foram na sua maioria parcelas quadrangulares, com uma área de 2000 m². Sempre que essa forma não foi possível foi adotada uma forma retangular de modo a cobrir os 2000 m². Para delimitar as parcelas foram utilizadas fitas métricas de 50 metros e prismas de espelhos. Na Figura 2 apresenta-se uma fotografia de um dos povoamentos.



Figura 2 - Exemplo de uma parcela em estudo.

Após a delimitação dos cantos das parcelas foram numeradas todas as árvores, incluindo na numeração tanto árvores vivas como mortas (mortas e presentes no terreno ou já ausentes). As árvores foram identificadas com uma chapa de metal onde foi gravado o número correspondente.

É característico desta espécie uma árvore estar aparentemente morta devido à parte aérea se encontrar seca na totalidade, mas no ano seguinte apresentar novo rebentamento que garante a sobrevivência do indivíduo. Neste trabalho, dado que não se realizaram medições anuais, foi somente considerado o estado observado da árvore na altura da medição, isto é, se viva ou morta.

As variáveis dendrométricas recolhidas durante o trabalho de campo foram: altura total (h), circunferência à altura do peito sobre cortiça virgem (c) e o estado em que se encontra a árvore (viva ou morta). A altura de todas as árvores da parcela foi medida com recurso a uma vara telescópica de 6 metros.

Em cada parcela foram recolhidas, com recurso a GPS, as coordenadas geográficas da árvore codificada com o nº.1, e registados o declive e a exposição.

É reconhecida a importância das operações de preparação do terreno e da colocação ou não de protetores das árvores no momento da plantação. No que diz respeito ao tipo de preparação do terreno, uma vez que a informação não estava disponível nem homogeneizada entre todas as plantações amostradas, não se considerou essa variável no desenvolvimento dos modelos propostos. No que diz respeito à colocação de tubos protetores nas árvores, esta não se verificou em nenhuma das plantações.

3.3 - Classificação e amostragem de solo

Dependendo dos recursos locais existentes a caracterização e amostragem de solo foi feita com recurso a abertura de perfil de solo com retroescavadora (Figura 3 e 4) ou amostragem com sonda de solos de 1 metro de comprimento (Figura 5a e 5b).



Figura 3 - Abertura de perfil de solo com retroescavadora.



Figura 4 - Perfil de solo aberto.



Figura 5a e 5b - Sondagem com recurso a sonda de solos.

Em cada uma das parcelas, o solo foi classificado de acordo com a Classificação de Solos de Portugal (Cardoso *et al.*, 1973) e a World Reference Base for Soil Resources (WRB, 2006). Foram avaliadas as seguintes variáveis: litologia, profundidade de solo, textura dos horizontes superficial e sub-superficial, profundidade de raízes de sobreiro e presença de horizonte

impermes a pouca profundidade (camada de solo formada por materiais finos que impedem a penetração da água e o crescimento das raízes).

No que diz respeito à profundidade de solo, entende-se esta como sendo a profundidade até à qual pode verificar a presença de raízes, seja pela presença de um imperme, seja pela presença da rocha. Esta variável apenas foi determinada e registada nos perfis onde houve a possibilidade de recorrer ao trabalho de retroescavadora.

Foram também recolhidas amostras de solo, que permitem a realização de análises físicas e químicas no seguimento de trabalhos futuros.

Os dados recolhidos provenientes da observação do solo encontram-se na Tabela 2. Valores nulos de profundidade de solo apresentam-se nos casos em que foi apenas possível recorrer a sonda de solos.

Tabela 2 - Caracterização do solo nas parcelas analisadas.

Parcela	Classificação		Litologia	Prof (cm)	Imperme	Textura
	CSP	WRB				
3001001	Ppt	AR	Arenitos de grão grosseiro consolidados	90	Não	A
3001002	Ppt	AR	Arenitos de grão grosseiro consolidados	120	Não	AF
3002001	Ppt	AR	Arenitos de grão grosseiro consolidados	110	Não	AF
3002002	Ppt	AR	Arenitos de grão grosseiro consolidados	90	Não	AF
3003001	Ppt+Vt+Rg	AR	Areias	90	Não	A
3003002	Ppt+Vt+Rg	AR	Areias	120	Não	AF
3004001	Ppt+Vt+Rg	CM	Areias	110	Não	AF
3004002	Ppt+Vt+Rg	CM	Areias	90	Não	AF
3005001	Ppt+Vt+Rg	AR	Areias	135	Não	AF
3005002	Ppt+Vt+Rg	AR	Areias	110	Não	A
3006001	Vt	CM	Areias	120	Não	AF
3006002	Vt	CM	Areias	125	Não	AF
3007001	Vt	CM	Areias	100	Não	FA
3007002	Vt	CM	Areias	150	Não	FA

Tabela 2 - Caracterização do solo nas parcelas analisadas.

Parcela	Classificação		Litologia	Prof (cm)	Imperme	Textura
	CSP	WRB				
3008001	Ppt	AR	Areias	130	Não	AF
3008002	Ppt	AR	Areias	110	Não	AF
3009001	Ppt	CM	Areias	105	Não	AF
3009002	Vt+Ppt	CM	Areias	75	Não	FA
3010001	Px	LV	Xistos luzentes	87	Não	FG
3011001	Sr	LV	Cascalheiras de planalto	50	Não	G
3011002	Sr	LV	Cascalheiras de planalto	105	Não	FG
3011003	Sr	LV	Cascalheiras de planalto	85	Não	G
3012001	Sr	LV	Cascalheiras de planalto	115	Não	G
3012002	Sr	LV	Cascalheiras de planalto	87	Não	G
3013001	.	AR	.	.	Não	A
3015001	Pmn+Pv	LV	Quartzo-dioritos	.	Não	F
3016001	Pm	LV	Quartzo-dioritos	.	Não	FA
3016002	Pm	LV	Quartzo-dioritos	.	Não	FGA
3016003	Pm	LV	Quartzo-dioritos	.	Sim	AF
3016004	Pm+Pmn	LV	Quartzo-dioritos	.	Não	FGA
3016005	Pg+Arg	CM	Granito	.	Não	AF
3017001	Pg	CM	Granito	120	Não	FGA
3017002	Pg	CM	Granito	60	Não	FGA
3017003	Pg	CM	Granito		Não	FGA
3017004	Pgn	CM	Materiais coluviados de solos de granito	45	Sim	FGA
3018001	Pg	CM	Granito	75	Não	FA
3019001	Eg	LP	Granito	20	Não	AF
3020001	Ex	LP	Xistos	15	Não	FA
3021001	Pg	CM	Granito	85	Não	AG/FL
3021002	Pgn	CM	Granito	70	Sim	AG/FL

3.4 - Caracterização do clima

A caracterização climática dos povoamentos foi feita recorrendo a dados fornecidos pela aplicação disponível em <http://www.isa.utl.pt/cef/forchange/fctools/pt/ferramentas/nc6090> (Faias *et al.*, 2012). Esta ferramenta possibilita-nos recolher os dados climáticos da estação

meteorológica mais próxima a um ponto indicado pelo utilizador, através do *Google Maps*, referente às normais climatológicas entre 1970 e 1999, na Rede de Estações Meteorológicas do Instituto de Meteorologia. Os dados climáticos recolhidos encontram-se na Tabela 3. Dado o elevado número de variáveis disponíveis, são apenas apresentadas as que são consideradas mais importantes para a sobrevivência e desenvolvimento do sobreiro.

Tabela 3 - Normais climatológicas recolhidas das parcelas em estudo.

Parcelas	Estação Meteorológica	Tmax	Tmed	Tmin	Pmed	NdiasGeadas
3001001 - 3009002	Coruche	22,5	16,0	9,5	641,7	18
3010001	Vila Fernando	21,1	15,4	9,8	590,1	25
3011001 - 3012002	Sines	18,3	15,8	13,1	493,3	0
3013001	Mora	22,0	16,0	10,2	617,2	30
3015001	Évora	20,1	15,7	10,9	624,8	8
3016001 - 3016005	Évora/Currais	22,0	15,4	8,9	543,8	47
3017001 - 3019001	Fundão	19,8	14,1	8,5	943,7	33
3020001 - 3021002	Termas de Monfortinho	21,8	15,4	9,0	632,4	29

Uma análise dos valores da tabela anterior permite concluir que estes estão dentro dos ótimos estabelecidos por Natividade (1950) e/ou Costa e Pereira (2007) para o desenvolvimento do Sobreiro em Portugal. Somente nas parcelas 3017001-3019001 a precipitação média anual está um pouco acima dos valores indicados, encontrando-se superior a 800 mm.

Com base nestes dados foram ainda calculados o índice de Emberger (Q) e índice de Martonne (I).

O índice de Emberger (Q) é calculado através da seguinte expressão:

$$Q = \frac{100 \cdot P}{2 \cdot T_{12} + t_1 / 2 \cdot (T_{12} - t_1)}$$

Em que:

P: Precipitação média anual (mm)

T₁₂: Média das temperaturas máximas do mês mais quente (°C)

t₁: Média das temperaturas mínimas do mês mais frio (°C)

Para os povoamentos considerados resultaram os valores de índices de Emberger apresentados na Tabela 4, correspondentes na sua grande parte a clima mediterrâneo temperado (50 < Q < 100).

Tabela 4 - Classificação do clima com base no Índice de Emberger.

Povoamento	Índice de Emberger	Classe
3001001 - 3009002	64	Mediterrâneo Temperado
3010001	59	Mediterrâneo Temperado
3011001 - 3012002	60	Mediterrâneo Temperado
3013001	59	Mediterrâneo Temperado
3015001	64	Mediterrâneo Temperado
3016001 - 3016005	53	Mediterrâneo Temperado
3017001 - 3019001	103	Mediterrâneo Húmido
3020001 - 3021002	70	Mediterrâneo Temperado

O Índice de Martonne (I) ou Índice de Aridez foi calculado com recurso à seguinte fórmula:

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Onde:

P= Precipitação média anual (mm)

T= Temperatura média anual (°C)

Para os povoamentos considerados resultaram os valores de índices de Martonne apresentados na Tabela 5, que permitem distinguir entre povoamentos localizados nas zonas Húmida, Sub-Húmida e Semi-Árida Mediterrânea.

Tabela 5 - Classificação do clima com base no Índice de Martonne.

Povoamento	Índice de Martonne	Classe
3001001 - 3009002	25	Zona Sub-Húmida
3010001	23	Zona Sub-Húmida
3011001 - 3012002	19	Zona Semi-Árida Mediterrânea
3013001	24	Zona Sub-Húmida
3015001	24	Zona Sub-Húmida
3016001 - 3016005	21	Zona Sub-Húmida
3017001 - 3019001	39	Zona Húmida
3020001 - 3021002	25	Zona Sub-Húmida

3.5 - Determinação do Índice de Qualidade da Estação (S)

O índice de qualidade da estação (S) é a altura dominante (hdom) para uma idade padrão próxima da idade de revolução da espécie, e é usado para avaliar a produtividade da estação. A altura dominante corresponde à altura média das árvores mais grossas por hectare. No sobreiro é vulgar utilizar-se uma idade padrão de 80 anos e o número de árvores utilizado no cálculo da altura dominante costuma ser na proporção de 25 árvores por ha. Os valores deste índice foram calculados para cada parcela com o modelo para crescimento em altura dominante desenvolvido por Sánchez-González *et al.* (2007), encontram-se na Tabela 6. Nesta tabela encontram-se também os valores de altura e diâmetro médios das árvores dominantes à idade da medição.

Tabela 6 - Valores de S, dudom e hdom para cada parcela.

Parcela	dudom	hdom	S	Parcela	dudom	hdom	S
3001001	12	6	18	3011002	18	9	18
3001002	13	6	18	3011003	17	6	17
3002001	10	5	18	3012001	20	8	18
3002002	10	5	18	3012002	17	7	18
3003001	17	7	17	3013001	14	6	18
3003002	15	7	17	3015001	6	4	17
3004001	12	5	16	3016001	16	7	18

Tabela 6 - Valores de S, dudom e hdom para cada parcela.

Parcela	dudom	hdom	S	Parcela	dudom	hdom	S
3004002	17	7	17	3016002	12	5	17
3005001	15	6	16	3016003	4	3	14
3005002	12	6	16	3016004	14	5	17
3006001	9	4	16	3016005	5	3	14
3006002	7	4	15	3017001	19	6	15
3007001	12	6	17	3017002	11	5	14
3007002	11	6	17	3017003	11	4	14
3008001	17	6	17	3017004	7	3	12
3008002	13	5	16	3018001	8	5	15
3009001	18	7	18	3019001	4	3	12
3009002	18	8	18	3020001	0	1	13
3010001	5	4	16	3021001	4	3	17
3011001	20	8	18	3021002	1	2	16

S= índice de qualidade da estação; dudom= diâmetro médio das árvores dominantes (cm); hdom= altura média das árvores dominantes (m).

A relação entre a altura dominante e o diâmetro dominante encontrada das parcelas medidas encontra-se na Figura 6.

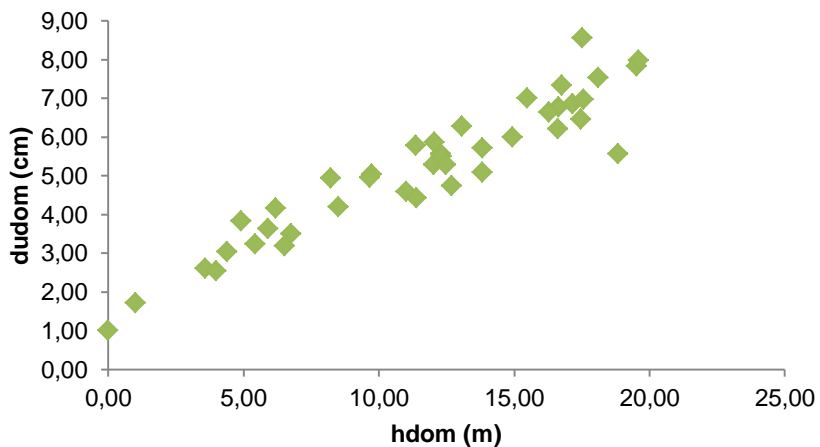


Figura 6 - Relação entre o diâmetro dominante (dudom) e a altura dominante (hdom) das parcelas medidas.

3.6 - Determinação do Índice Topográfico de Água no Solo (TWI)

O TWI é um índice desenvolvido por Beven e Kirkby (1979), usado para estudar os efeitos de escala espacial nos processos hidrológicos, identificar caminhos de fluxo hidrológico para modelação geoquímica e para caraterizar processos biológicos, tais como padrões de produção primária líquida anual e índices de qualidade florestal (Sorensen *et al.*, 2005). Este índice foi determinado recorrendo a um modelo digital do terreno, para as coordenadas das parcelas em estudo, pela seguinte função:

$$TWI = \ln \frac{a}{\tan\beta}$$

Onde:

a= área de drenagem (m²)

tanβ= declive (°)

4 - Métodos

4.1 - Determinação das taxas de mortalidade e análise gráfica da sua distribuição

De modo a determinar as taxas de mortalidade de cada parcela, expressa pela proporção de árvores mortas anual da plantação (P), foi recolhida informação do número de árvores que foram plantadas inicialmente (N_0 em idade $t = 0$) e do número de árvores que se encontraram na parcela ao fim de t anos (N_t em idade t). Os valores registados encontram-se na Tabela 7.

O cálculo de mortalidade anual teve como base a fórmula para o cálculo da proporção de árvores mortas ao fim de t anos, assumindo uma proporção anual constante. Teve como base a seguinte dedução:

$$N_t = N_0(1 - P)^t \Leftrightarrow \frac{N_t}{N_0} = (1 - P)^t \Leftrightarrow \sqrt[t]{\frac{N_t}{N_0}} = 1 - P \Leftrightarrow P = 1 - \sqrt[t]{\frac{N_t}{N_0}}$$

Onde:

N_0 = Número de árvores à plantação

N_t = Número de árvores ao fim de t anos

t = Idade da plantação no momento da medição

P = Proporção anual de árvores mortas da plantação

Para ter uma melhor perceção das tendências e relações entre variáveis dos dados foram realizados gráficos no *software* SAS 9.2 (*Statistical Analysis System*), que permitem observar a variação dos valores obtidos para a proporção de árvores mortas, a sua variação agrupada por concelho, bem como a avaliar a relação destes valores com as variáveis edafo-climáticas consideradas no estudo.

Tabela 7 - Proporção de árvores mortas nas diferentes parcelas.

Parcela	N ₀	N _t	t	P	Parcela	N ₀	N _t	t	P
3001001	48	48	7	0,23	3011002	59	59	15	0,07
3001002	45	45	7	0,21	3011003	52	52	15	0,19
3002001	72	72	6	0,10	3012001	63	63	15	0,00
3002002	64	64	6	0,16	3012002	57	57	15	0,10
3003001	97	97	13	0,45	3013001	126	119	12	0,11
3003002	128	128	13	0,41	3015001	120	71	9	0,12
3004001	72	72	13	0,68	3016001	59	61	14	0,26
3004002	30	30	13	0,85	3016002	74	54	14	0,47
3005001	30	30	13	0,81	3016003	32	19	14	0,55
3005002	44	44	13	0,78	3016004	79	23	14	0,57
3006001	27	27	9	0,74	3016005	60	34	14	0,34
3006002	27	27	9	0,75	3017001	84	67	19	0,21
3007001	78	78	9	0,32	3017002	124	83	19	0,35
3007002	73	73	9	0,39	3017003	159	116	19	0,28
3008001	64	64	15	0,43	3017004	130	53	19	0,61
3008002	63	63	15	0,45	3018001	110	102	18	0,08
3009001	56	56	15	0,32	3019001	32	26	18	0,20
3009002	58	58	15	0,28	3020001	132	120	7	0,10
3010001	138	131	9	0,06	3021001	128	101	7	0,24
3011001	53	53	15	0,17	3021002	173	69	7	0,65

N₀= Número de árvores à plantação; N_t= Número de árvores ao fim de t anos; t = Idade da plantação no momento da medição; P = Proporção anual de árvores mortas da plantação.

4.2 - Modelação da mortalidade com regressão logística

A regressão logística é utilizada com o objetivo de encontrar o melhor modelo para descrever a relação entre uma variável dependente (y) binária (pode tomar os valores 0 ou 1) e um conjunto de variáveis preditoras (x). O modelo considerado desta metodologia pode ser descrito como:

$$\pi = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p)}$$

Onde:

π : Probabilidade de $y=1$

X_i : Variáveis preditoras

β_i : Parâmetros do modelo

Os modelos foram ajustados no *software* SAS 9.2, recorrendo-se ao procedimento PROC LOGISTIC (SAS Institute Inc., 2000).

De modo a seleccionar as variáveis preditoras (X_i) a incluir no modelo e a testar o seu nível de significância, recorreu-se a três testes estatísticos: o teste de razão de verosimilhanças (*Likelihood ratio test*), o teste de Wald e à interpretação do efeito das variáveis preditoras com base no valor da razão de probabilidades (*Odds ratio*).

O teste de Wald testa a significância individual de cada variável, tendo como hipótese $H_0: \beta_i = 0$ e estatística do teste com uma distribuição χ^2 . Este teste baseia-se na comparação do parâmetro estimado com o erro padrão associado, utilizando a seguinte estatística do teste:

$$W_j = \frac{\beta_i}{DP(\beta_i)}$$

Em que:

β_i . Valor estimado do parâmetro em estudo

DP - Desvio padrão estimado

Devido à ocorrência frequente de o teste não rejeitar a hipótese nula quando o coeficiente é significativo, Hauck e Donner (1977) recomendam a utilização do teste de razão de verosimilhança para testar a real significância quando o teste de Wald não rejeita a hipótese nula.

Para testar a significância das variáveis em conjunto no modelo utiliza-se o teste da razão de verosimilhança (G). A hipótese H_0 é a mesma do teste de Wald, seguindo uma estatística do teste (-2LnL) com distribuição χ^2 e n graus de liberdade. A estatística G é calculada com base na seguinte expressão:

$$G = -2 \ln \frac{(\text{Verosimilhança sem variável})}{(\text{Verosimilhança com variável})}$$

A variável será significativa se a probabilidade associada ao valor da estatística G for muito pequena para um nível de significância de 0,05.

A razão de probabilidades (*odds ratio*) foi calculada como:

$$\text{Odds ratio} = e^{\beta_i}$$

Onde: β_i é o valor estimado para o parâmetro i

Esta função é usada para obter, para cada variável quantitativa, a variação na probabilidade de sucesso da variável resposta, para uma unidade de variação da variável independente. No caso de uma variável qualitativa o *Odds ratio* representa a variação na probabilidade de sucesso da variável resposta se houver sucesso associado à variável qualitativa em questão.

O modelo de regressão logística é geralmente aplicado para modelar a probabilidade de morte ao nível da árvore. Quando aplicado a dados ao nível do povoamento, permite modelar a proporção de árvores mortas no povoamento ao considerar as árvores do povoamento que sobreviveram associadas a um valor de $y=1$ e as restantes a um valor de $y=0$.

Procedeu-se a uma primeira análise univariada, ou seja, ajustou-se o modelo de regressão logística considerando cada uma das possíveis variáveis preditoras. Foi assim possível avaliar o impacto de cada uma das variáveis individualmente com a variável resposta (proporção de árvores mortas), registando-se quais as mais significativas, quando estas são consideradas individualmente. Para tal foram ajustados tantos modelos logísticos quanto o número de variáveis independentes existentes no conjunto de dados disponível. A significância das variáveis foi avaliada com base nos testes estatísticos anteriormente referidos.

De seguida foi feito o ajustamento do modelo com as variáveis que na primeira análise se mostraram mais significativas *per si*.

Foram estudadas várias alternativas para se chegar ao modelo final, que se caracterizou por uma maior percentagem de concordância entre os valores observados e estimados, e por garantia de significado biológico no que diz respeito aos valores dos parâmetros ajustados. Como resultado são propostos 3 modelos alternativos, que correspondem a diferentes níveis de detalhe na recolha de dados de solo:

- Modelo completo: modelo que exige abertura de perfil de solo;
- Modelo reduzido mas com informação sobre a variável qualitativa *Imperme*: modelo que não exige abertura de perfil de solo mas que necessita de informação relativa à existência de imperme;
- Modelo reduzido: modelo que não exige abertura de perfil de solo, nem informação sobre a existência de imperme.

5 - Resultados

5.1 - Análise da distribuição dos valores de proporção de árvores mortas

Nesta fase a análise da distribuição e dispersão dos valores da variável dependente (proporção de árvores mortas) foi feita considerando o conjunto de dados no seu todo, bem como em relação com variáveis de solo e clima disponíveis no conjunto de variáveis independentes.

Algumas estatísticas descritivas de localização e dispersão da proporção de árvores mortas encontram-se na Tabela 8. Na Figura 7 podemos observar o gráfico de caixa de bigodes da mesma variável.

Tabela 8 - Estatísticas de localização e dispersão para o conjunto de dados da proporção de árvores mortas.

Estatísticas de localização				Estatísticas de dispersão			
Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Desvio padrão	Variância	Amplitude	Amplitude interquartil
0.00	0.35	0.30	0.85	0.24	0.06	0.85	0.32

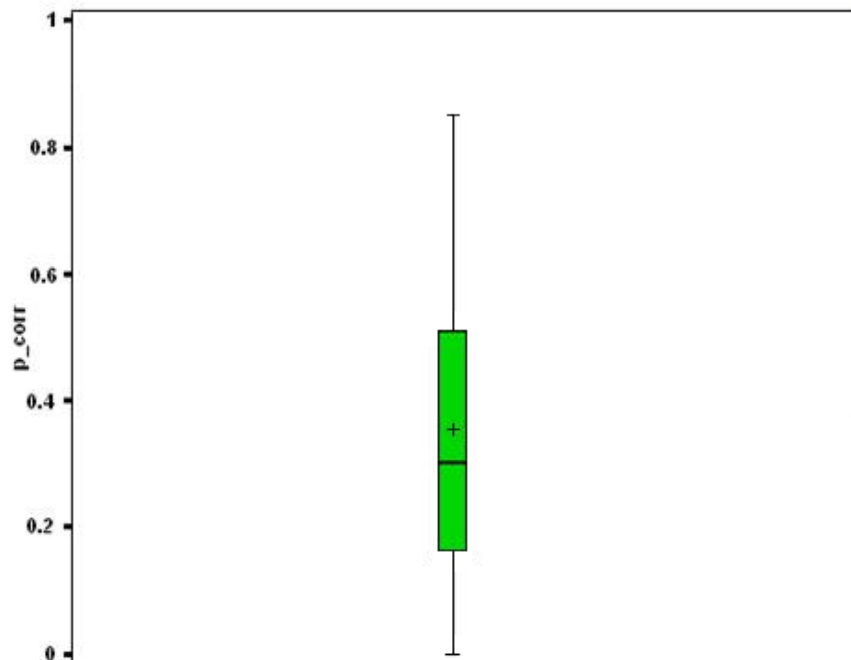


Figura 7 - Gráfico de caixa de bigodes dos valores encontrados para a proporção de árvores mortas. O símbolo (+) representa o valor médio.

Podemos observar que existe uma grande variabilidade nas taxas de mortalidade, havendo valores entre 0 e pouco mais de 0,8, sendo que a distribuição dos valores é assimétrica à esquerda.

A distribuição da proporção de árvores mortas agrupada por concelho encontra-se na Figura 8. A ordenação dos concelhos fez-se de forma crescente do valor médio de proporção de árvores mortas, quando este é calculado por concelho. Os concelhos com apenas uma observação (Ponte de Sor e Estremoz) foram excluídos deste gráfico.

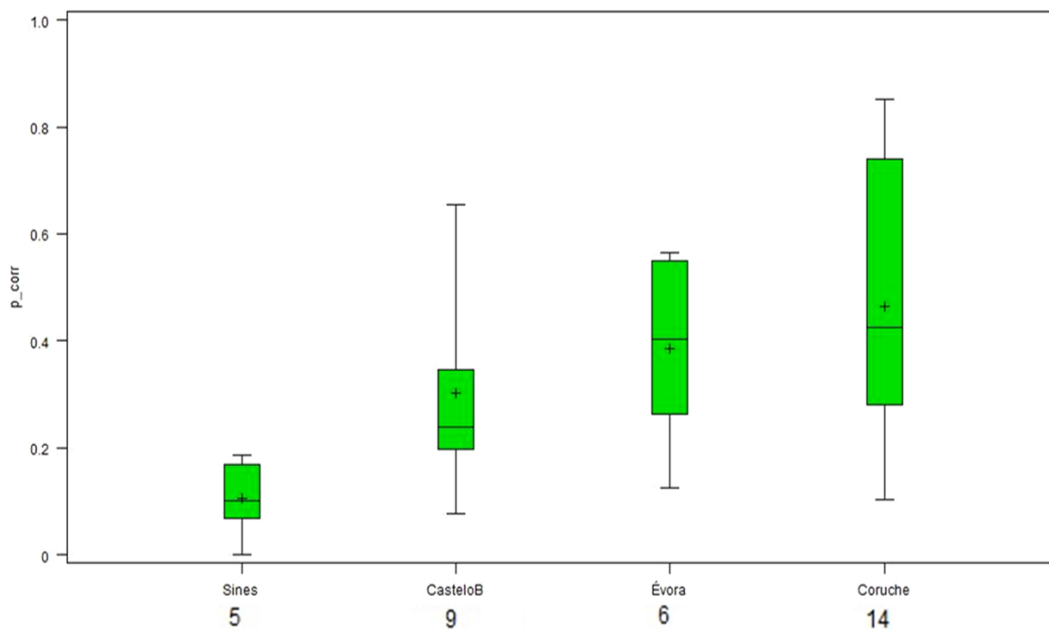


Figura 8 - Distribuição da proporção de árvores mortas por concelho. O valor médio é indicado pelo símbolo '+', e os números de observações encontrados em cada concelho são indicados por baixo do nome do concelho no eixo xx do gráfico.

Para além de se observarem diferenças nos valores encontrados entre concelhos, é também notória a grande variabilidade de valores encontrada em cada concelho, tanto em termos de valor médio da proporção de árvores mortas como da variação dos valores.

Embora a presente análise necessite de ser cuidada devido às grandes diferenças de número de observações em diferentes concelhos, verifica-se que a variabilidade dos valores encontrada na Figura 7 se mantém a este nível de agregação.

A distribuição da proporção de árvores mortas, agrupada por textura do horizonte superficial do solo encontra-se na Figura 9. A ordenação das classes de textura foi feita de forma crescente do valor médio de proporção de árvores mortas, quando este é calculado por classe de textura do horizonte superficial do solo.

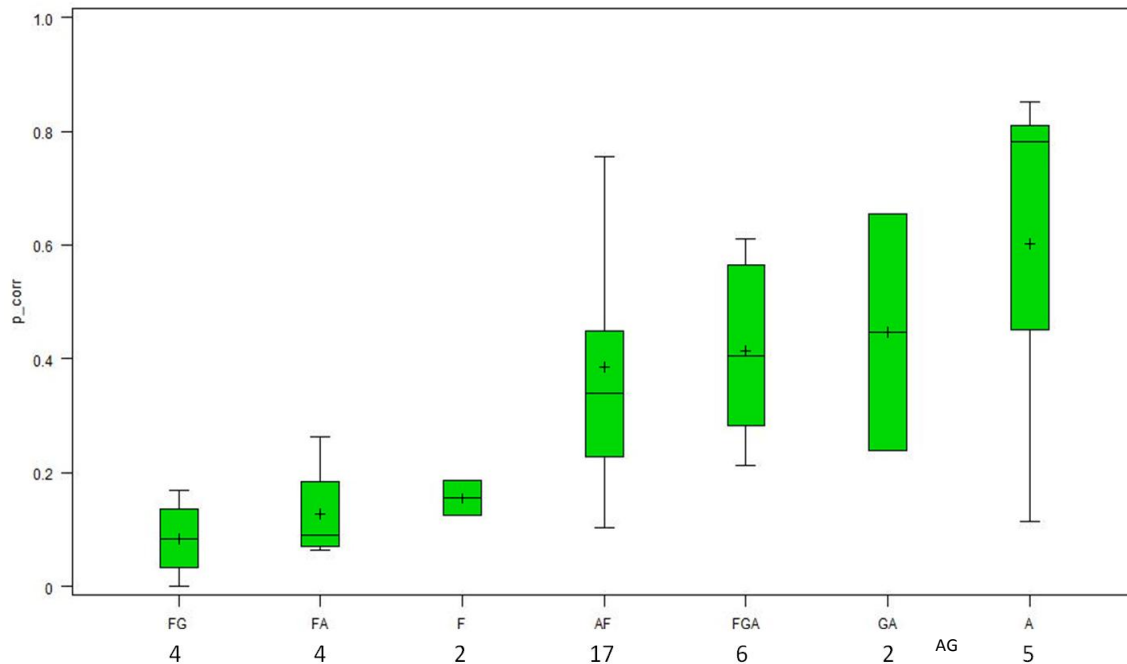


Figura 9 - Distribuição da proporção de árvores mortas. O valor médio é indicado pelo símbolo '+', e os números de observações encontrados em cada classe de textura são indicados por baixo da respetiva classe no eixo xx do gráfico.

Na Figura 9 observa-se que a proporção de árvores mortas apresenta menores valores para texturas francas, também designadas texturas médias (FG, FA e F). À medida que nos deslocamos para classes mais à direita do gráfico, os valores médios de proporção de árvores mortas vão aumentando, sendo que passam a estar associados a texturas de solo mais argilosas e arenosas.

Após a observação destes resultados, julgou-se útil o agrupamento das classes de textura do solo em 3 e 5 grupos, permitindo aumentar e homogeneizar o número de observações de cada classe, e tentando confirmar os resultados aqui apresentados. No caso da Figura 10, o agrupamento das observações foi feito nas classes de textura fina (1), média (2) e grosseira (3). Na Figura 11, as classes consideradas são a fina (1), moderadamente fina (2.1), média (2.2),

moderadamente grosseira (2.3) e grosseira (3). Mesmo com a agregação feita nestes gráficos, o número de observações da classe de textura fina mantém-se bastante reduzido em relação ao número de observações de outras classes. O valor médio das classes de textura do solo foi unido por linhas entre as diferentes caixas de bigodes.

Observando as Figuras 10 e 11, confirma-se a tendência de decréscimo da proporção de árvores mortas média nas texturas médias do solo. No entanto, mantém-se também uma grande variabilidade nos valores dentro de cada classe de textura. A aparente menor variabilidade de valores encontrada nas classes média (2.2) e moderadamente grosseira (2.3) não pode ser considerada representativa, dado o reduzido número de observações destas classes. A recolha de mais dados em povoamentos com solos de textura fina, média e moderadamente grosseira é pois aconselhada por forma à validade estes resultados.

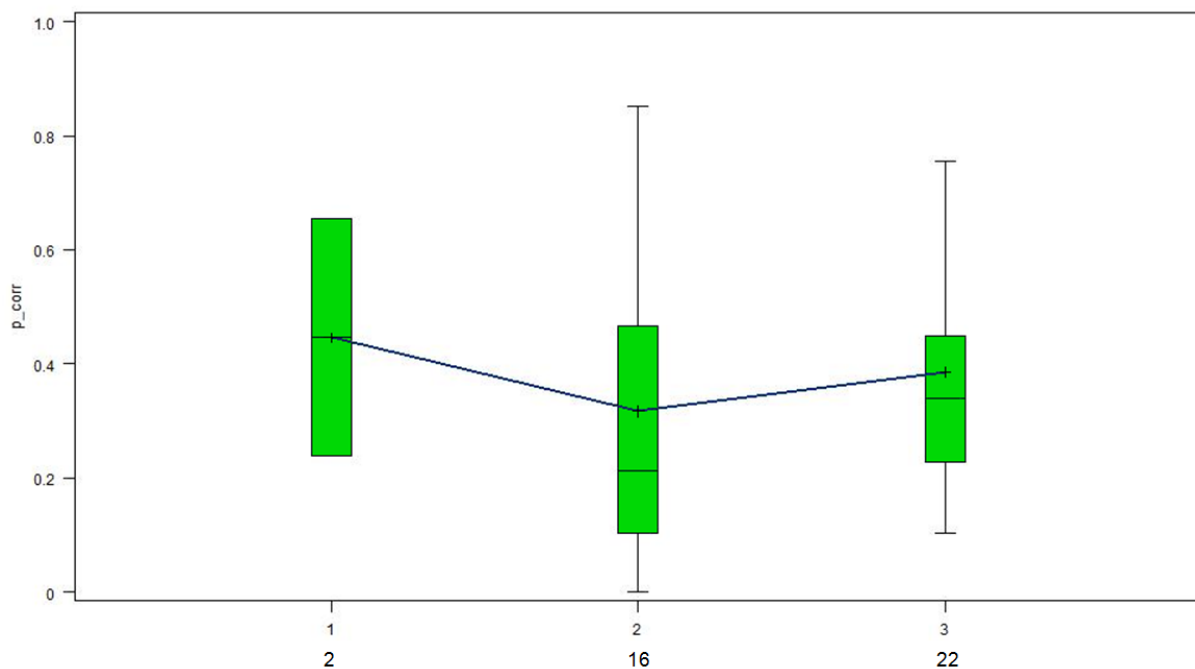


Figura 10 - Distribuição da proporção de árvores mortas e valor médio (+) por textura agrupada do horizonte superficial do solo (1- textura fina; 2- textura média; 3- textura grosseira). Os números de observações encontrados em cada classe de textura são indicados por baixo da respetiva classe no eixo xx do gráfico.

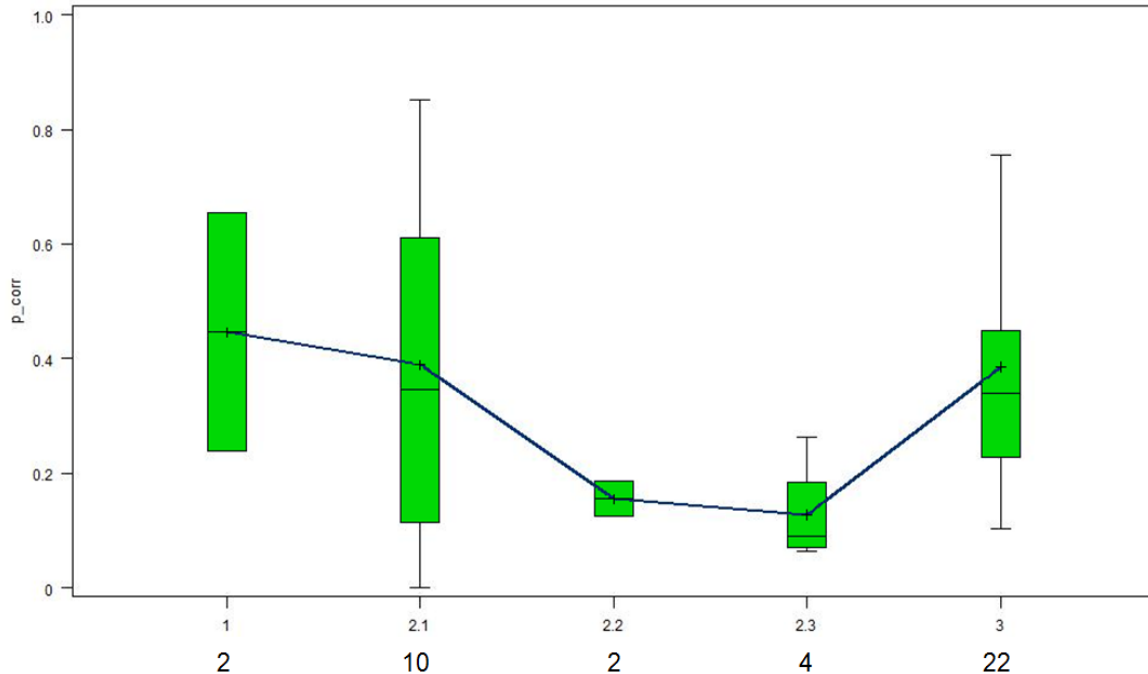


Figura 11 - Distribuição da proporção de árvores mortas e valor médio (+) por textura agrupada do horizonte superficial do solo (1 - fina; 2.1 - moderadamente fina; 2.2 - média; 2.3 - moderadamente grosseira; 3 - grosseira). Os números de observações encontrados em cada classe de textura são indicados por baixo da respetiva classe no eixo xx do gráfico.

A distribuição da proporção de árvores mortas agrupada por tipos de solos de acordo com a Classificação de Solos de Portugal encontra-se na Figura 12. Também aqui a ordenação se fez de forma crescente de valor médio, agora calculado por tipo de solo. As classes correspondentes aos solos incipientes (Eg e Ex) e aos solos argiluvitados pouco insaturados (Px e Pmn) não foram inseridas nesta Figura, pois em cada uma destas classes só existiu uma observação.

As restantes classes de solo apresentaram taxas de mortalidade com valores médios em torno de 50%, e novamente uma grande variabilidade e menor distinção entre si.

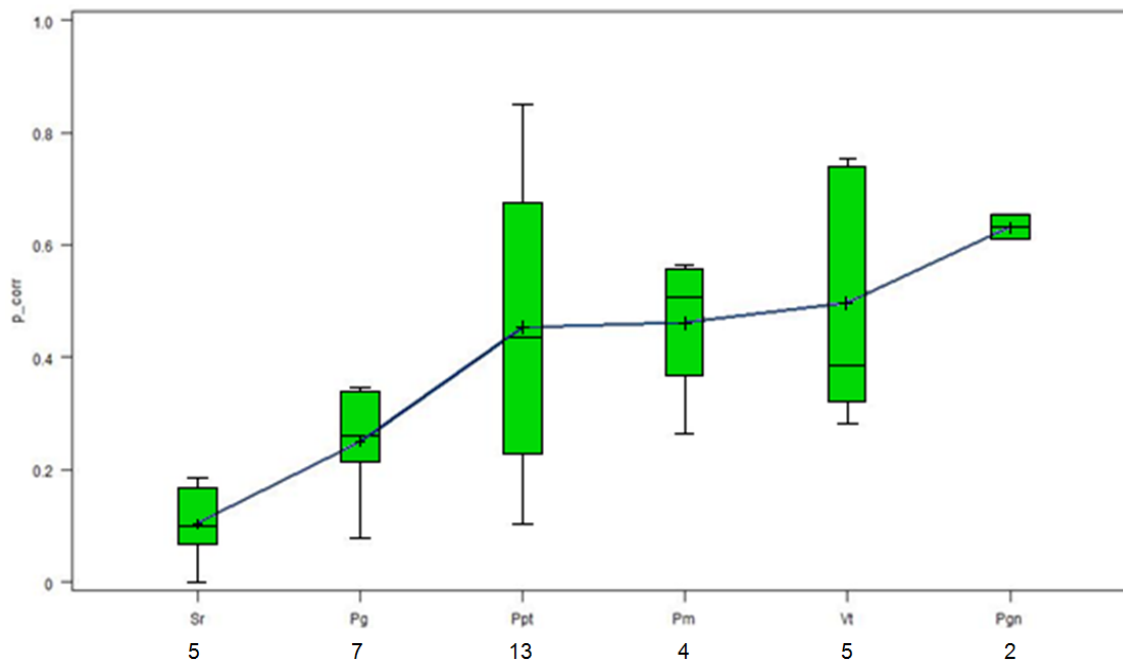


Figura 12 - Distribuição da proporção de árvores mortas e valor médio (+) pela CSP. Os números de observações encontrados em cada classe de solo são indicados por baixo da respectiva classe no eixo xx do gráfico.

De seguida apresenta-se a distribuição da proporção de árvores mortas por valor de precipitação média anual (mm) encontradas neste estudo (Figura 13) e a distribuição da proporção de árvores mortas por valor de temperatura média anual (Figura 14). Tratando-se de variáveis contínuas, a ordenação das diferentes caixas de bigodes segue a ordem crescente das variáveis. Ainda assim, o valor médio das diferentes caixas de bigodes é unido por linhas em ambas as figuras.

Da observação dos gráficos das Figuras 13 e 14, não é clara uma tendência evidente de relação entre variáveis. No entanto, na Figura 14, se não for considerado o valor médio das parcelas com a temperatura média anual igual a 15,71°C, verifica-se uma tendência crescente dos valores médios nas restantes classes. Esta observação pode indicar o efeito de interação entre variáveis, o qual só pode ser aferido e investigado na análise seguinte.

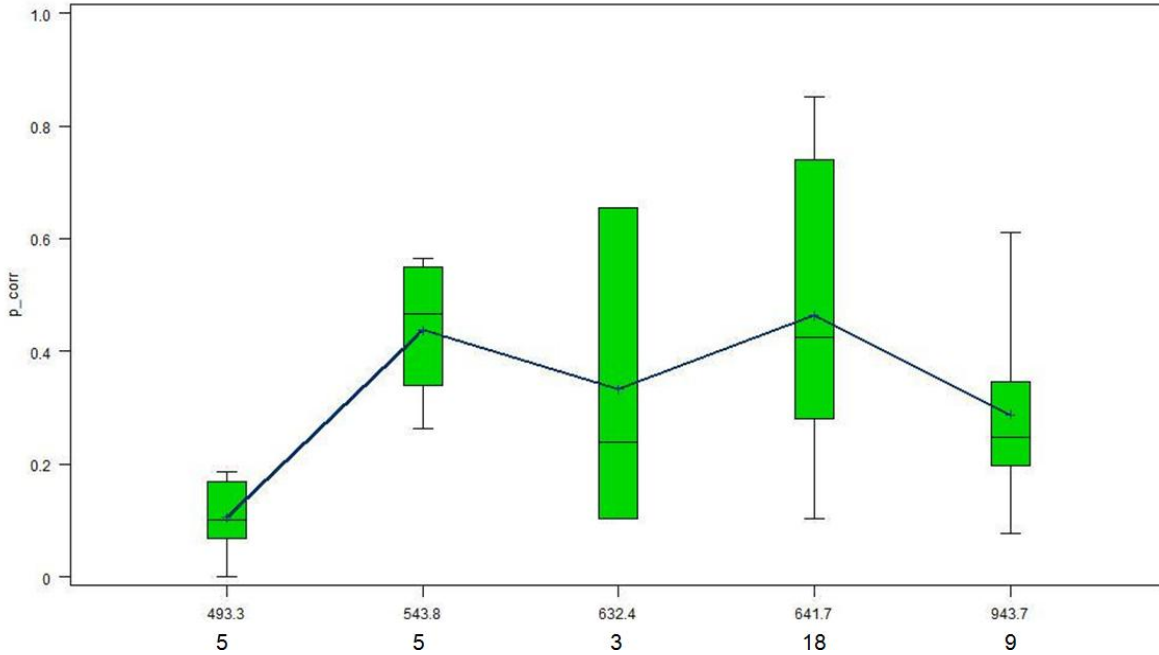


Figura 13 - Distribuição da proporção de árvores mortas por classes de precipitação média anual. O valor médio é indicado pelo símbolo '+', e os números de observações encontrados em cada classe de precipitação são indicados por baixo da respectiva classe no eixo xx do gráfico.

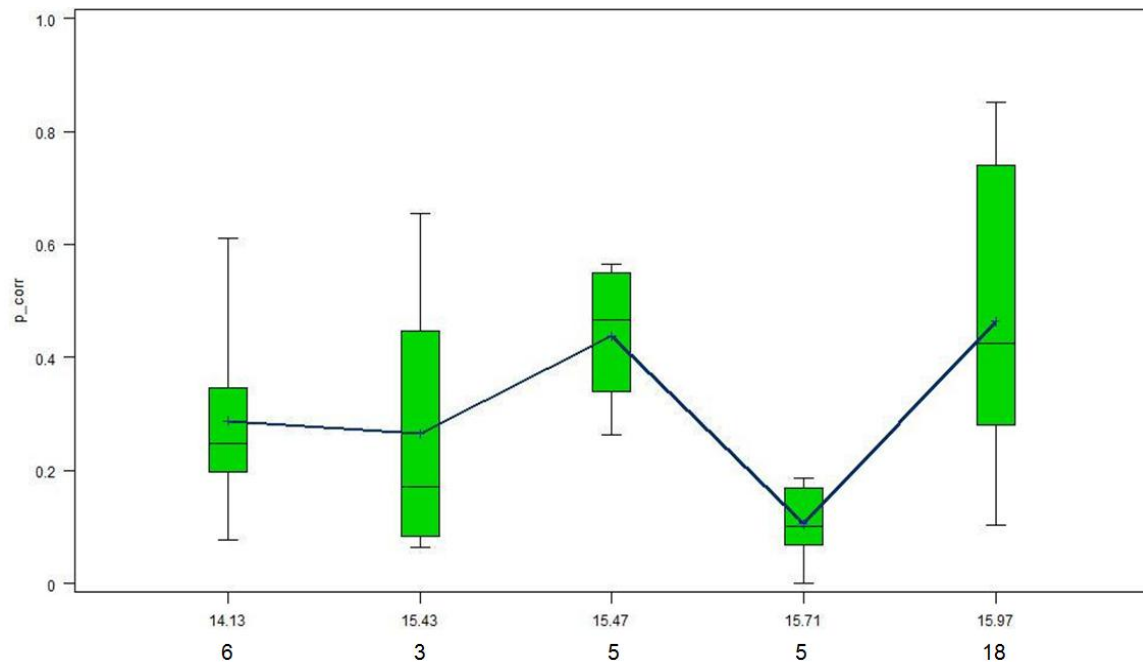


Figura 14 - Distribuição da proporção de árvores mortas por temperatura média anual. O valor médio é indicado pelo símbolo '+', e os números de observações encontrados em cada classe de temperatura são indicados por baixo da respectiva classe no eixo xx do gráfico.

5.2 - Ajustamento dos modelos de regressão logística

5.2.1 - Ajustamento inicial

Na Tabela 9 encontram-se os resultados obtidos pelo ajustamento individual de cada variável. Para cada modelo podemos ver o valor do *Likelihood ratio test*, do teste de Wald, da *Odds Ratio* e as percentagens de concordância (conc.) e discordância (disc.) encontradas para o conjunto das observações. A negrito estão identificadas as variáveis que se revelaram significativas para um nível de significância de 5%. No que diz respeito a variáveis categóricas (texhs, Litologia, CSP, e WRB), apenas são assinaladas a negrito aquelas em que todas as classes se revelaram significativas.

Tabela 9 - Resumo dos resultados obtidos para o ajustamento individual de todas as variáveis consideradas.

Variável	Classe	Likelihood Estimate	Wald Chi-Square	Pr> ChiSq	Odds Ratio	Conc. (%)	Disc. (%)
S		-0,0942	21,6610	<0,0001	0,910	57,2	39,0
TWI		0,0764	74,6673	<0,0001	1,079	56,2	39,7
Pmed		0,0003	1,0533	0,3048	1,000	35,5	26
Prof		-0,0019	3,1385	0,0765	0,998	49,1	44,2
Ndias Pmaior1		0.0325	23.5420	<0001	1.033	41.7	30.1
NdiasGeada		0,0174	47,0461	<0,0001	1,018	40,5	31,3
Imperme		1,1900	62,3638	<0,0001	3,287	8,8	2,7
Tmax		0,4152	233,3892	<0,0001	1,515	50,3	21,5
Tmin		-0,3485	127,0614	<0,0001	0,706	41,3	30,5
Tmed		0,3492	37,8213	<0,0001	1,418	44,6	26,9
texhs	A	1,8308	286,7414	<0,0001	3,250	57,1	18,7
	AF	0,4009	35,4655	<0,0001	0,778		
	F	-0,8272	22,8057	<0,0001	0,228		
	FA	-1,0614	59,6728	<0,0001	0,180		
	FG	-1,5156	88,8637	<0,0001	0,114		
	FGA	0,5201	35,2958	<0,0001	0,876		

Tabela 9 - Resumo dos resultados obtidos para o ajustamento individual de todas as variáveis consideradas.

Variável	Classe	Likelihood Estimate	Wald Chi-Square	Pr> ChiSq	Odds Ratio	Conc. (%)	Disc. (%)
Litologia	Quartzo	0,3420	17,6532	<0,0001	1,329	62,0	19,6
	fdnc/xst	-1,4386	184,2989	<0,0001	0,224		
	fncs	1,2625	384,1814	<0,0001	3,337		
	fsc	-0,2235	9,2349	0,0024	0,755		
CSP	Eg	-0,2794	1,4046	0,236	0,249	59,8	22,1
	Ex	-1,0270	11,6190	0,0007	0,118		
	Pg	0,0220	0,0400	0,8414	0,337		
	Pgn	1,6688	125,2947	<0,0001	1,748		
	Pm	0,9706	72,1174	<0,0001	0,870		
	Pmn	-0,8219	8,6359	0,0033	0,145		
	Pp	0,9337	116,2537	<0,0001	0,838		
	Px	-1,5557	17,4928	<0,0001	0,070		
Sr	-1,0212	47,2091	<0,0001	0,119			
WRB	AR	0,4952	46,6567	<0,0001	-	45,6	23,2
	CM	0,6564	96,9260	<0,0001	-		
	LP	-0,8437	31,3299	<0,0001	0,585		

As variáveis que se revelaram significativas nos modelos com apenas uma variável foram: *S*, *TWI*, *NdiasGeada*, *Imperme*, *Tmax*, *Tmin*, *Tmed*, *texhs*, *Litologia* e *WRB*.

A variável *prof* mesmo tendo um nível de significância de 7% foi também considerada para o modelo final, por se considerar importante a análise do seu parâmetro em conjunto com outras variáveis.

A variável *Imperme*, apesar de ser significativa individualmente, por si só não é muito importante pois apresenta valores muito baixos de concordância e discordância (somente três parcelas com imperme foram observadas). No entanto, dado que se revelou significativa

(Tabela 9), e que por observação no campo se revelou relevante para o estudo em questão, foi também considerada na construção dos modelos finais.

5.2.2 - Modelos finais

O modelo completo foi desenvolvido avaliando em conjunto a significância das variáveis: *S*, *TWI*, *NdiasGeadas*, *Imperme*, *Tmax*, *Tmin*, *Tmed*, *texhs*, *Litologia*, *WRB*. Destina-se ao utilizador que tem a possibilidade de abrir um perfil de solo a fim de determinar a sua profundidade, bem como a presença ou não de um imperme. Esta operação exige a disponibilidade de uma retroescavadora (ou similar) para a abertura do perfil de solo, pelo que este modelo poderá não ser possível de ser utilizado em várias situações.

No conjunto, revelaram-se significativas as variáveis: *S*, *prof*, *texhs*, *Imperme* e *Tmed*. No caso da variável *prof*, que se apresenta no conjunto de dados em centímetros, o acréscimo de 1 centímetro na profundidade é pouco relevante/significativo para a variação da proporção de árvores mortas. Deste modo, o *Odds Ratio* desta variável foi recalculado para a unidade de metros, de forma a facilitar a sua interpretação, usando-se a seguinte fórmula de cálculo:

$$\text{Odds ratio recalculado} = e^{100 \beta_i} = e^{100 (-0,00243)} = 0,7843$$

O *Odds Ratio* passou assim a indicar uma variação da proporção de árvores mortas de 0,7843 por 1 metro de profundidade.

Os valores dos parâmetros ajustados para este modelo encontram-se na Tabela 10, assim como a sua significância e *Odds Ratio* de cada variável presente no modelo. Os valores de *Likelihood ratio test*, teste de Wald e percentagens de concordância/discordância são apresentados na Tabela 11.

Observando o valor e o sinal dos parâmetros estimados para cada uma das variáveis do modelo completo, pode-se concluir que a diminuição de proporção de árvores mortas está associada ao aumento do valor de *S*, aumento da profundidade do solo e textura do solo franca

(FA ou FG). Contrariamente, o aumento da variável *P* está associado a texturas de classes arenosas e argilosas, à presença de imperme e ao aumento da temperatura média.

Analisando os valores de *Odds ratio* deste modelo, verifica-se que as variáveis que apresentam valores mais elevados são a *texhs A* e *AF* e *Tmed*, o que sugere a existência de uma relação mais elevada com a proporção de árvores mortas.

Tabela 10 - Valores dos parâmetros ajustados, nível de significância e *Odds Ratio* no modelo completo.

Parâmetros	Valor do parâmetro	Nível de Significância	<i>Odds Ratio</i>
S	-0,3496	<0,0001	0,705
prof	-0,0024	0,1003	0,784
texhs A	1,3023	<0,0001	6,865
texhs AF	0,2284	0,0526	2,346
texhs FA	-1,7555	<0,0001	0,323
texhs FG	-1,1607	<0,0001	0,585
texhs FGA	1,5924	<0,0001	9,176
texhs AG	0,4172	0,0215	2,833
Imperme	0,7820	0,0007	2,186
Tmed	1,6720	<0,0001	5,323

Tabela 11 - Valores dos testes de *Likelihood ratio* e Wald e de concordância e discordância no modelo completo.

<i>Likelihood ratio test</i>	704,8
Teste de Wald	479,2
% Concordância	77,2
% Discordância	20,3

O modelo reduzido com inclusão da variável qualitativa *Imperme* que se segue, embora não exija a abertura de um perfil de solo, exige a necessidade de se avaliar no local a existência ou ausência de um imperme, uma vez que esta variável está incluída no modelo. Esta observação pode ser feita por conhecimento e descrição das características do local, ou por sondagem com sonda de solos, reduzindo em larga escala os custos associados à utilização do modelo completo anteriormente descrito, uma vez que não inclui a profundidade de solo. Estão também

incluídas no modelo as variáveis *texhs*, *S*, *Imperme* e *Tmed*. Os valores dos parâmetros ajustados para este modelo encontram-se na Tabela 12, assim como a sua significância e *Odds Ratio* de cada variável presente no modelo. Os valores de *Likelihood ratio test*, teste de Wald e percentagens de concordância/discordância são apresentados na Tabela 13.

Tabela 12 - Valores dos parâmetros ajustados, nível de significância e *Odds Ratio* no modelo reduzido mas com a variável qualitativa *Imperme*.

Parâmetro	Valor do parâmetro	Nível de Significância	Odds Ratio
S	-0,3495	<0,0001	0,705
texhs A	1,3758	<0,0001	8,646
texhs AF	0,0456	0,5868	2,286
texhs FA	-1,0757	<0,0001	0,745
texhs FG	-1,1411	<0,0001	0,698
texhs FGA	1,2087	<0,0001	7,315
texhs AG	0,3679	0,0257	3,155
Tmed	1,4168	<0,0001	2,424
Imperme	0,8854	<0,0001	4,124

Tabela 13 - Valores dos testes de *Likelihood ratio* e Wald e de concordância e discordância no modelo reduzido mas com a variável qualitativa *Imperme*.

Likelihood ratio test	710.7
Teste de Wald	523.8
% Concordância	74,2
% Discordância	23,2

Neste modelo, as variáveis *S*, *texhs* e *Tmed* mantiveram-se significativas. Analisando os valores de *Odds ratio* deste modelo, verifica-se que as variáveis *texhs A*, *txhs FGA* e *Tmed* apresentam valores bastante elevados, sugerindo a existência de uma elevada relação destas variáveis com a proporção de árvores mortas.

Comparando os valores de concordância e discordância do modelo completo com o modelo apresentando nas Tabelas 12 e 13, verifica-se uma ligeira diminuição da % de concordância, passando de 77,2 para 74,2.

O último modelo, também denominado reduzido, diferencia-se por não incluir a variável *Imperme*. Permite ao utilizador o cálculo da proporção de árvores mortas, sem ter de recorrer à abertura de perfil ou sondagem com sonda de solos. No modelo estão presentes as variáveis *S*, *texhs* e *Tmed*.

Os valores dos parâmetros ajustados para este modelo encontram-se na Tabela 14, assim como a sua significância e *Odds Ratio* de cada variável presente no modelo. Os valores de *Likelihood ratio test*, teste de Wald e percentagens de concordância/discordância são apresentados na Tabela 15.

Tabela 14 - Valores dos parâmetros ajustados, nível de significância e *Odds Ratio* no modelo reduzido.

Parâmetros	Valor do parâmetro	Nível de Significância	<i>Odds Ratio</i>
S	-0,4235	<0,0001	0,655
texhs A	1,2665	<0,0001	8,147
texhs AF	-0,0742	0,3486	2,132
texhs FA	-1,1270	<0,0001	0,645
texhs FG	-1,1248	<0,0001	0,745
texhs FGA	1,2773	<0,0001	8,235
texhs AG	0,7563	<0,0001	4,891
Tmed	1,5300	<0,0001	4,618

Tabela 15 - Valores dos testes de *Likelihood ratio* e Wald e de concordância e discordância no modelo reduzido.

<i>Likelihood ratio test</i>	690,5
Teste de Wald	496,3
% Concordância	73,9
% Discordância	23,5

Este modelo tem uma % de concordância inferior em relação ao modelo reduzido mas com a variável qualitativa *Imperme*. Em relação aos valores de *Odds ratio*, as variáveis *texhs FGA*, *AG* e *A*, e *Tmed* apresentam mais uma vez valores bastante elevados.

6 - Discussão

Foi encontrada uma grande variabilidade na taxa de mortalidade de povoamentos jovens de sobreiro instalados em regiões diferentes em Portugal, a qual foi relacionada com diversas variáveis, tanto climáticas como de características de solo.

A variabilidade encontrada não se limita a ser observada entre regiões; embora dentro de um determinado povoamento os valores sejam mais homogêneos. Quando observadas entre parcelas, as condições específicas de solo de uma parcela influenciam o sucesso das plantações e possivelmente o crescimento e produção futuros das árvores. Em particular a relevância das variáveis profundidade do solo e da ocorrência de imperme, são reveladoras da importância da observação das características dos locais onde se realizam novas plantações, sendo tanto mais importante este aspeto quanto mais variáveis as características do terreno.

A presença de uma camada imperme no solo em algumas parcelas mostrou-se relacionada com uma elevada proporção de árvores mortas. Tal fato aparenta estar relacionado com o encharcamento do solo quando ocorre grande precipitação, criando ambientes anaeróbios que são prejudiciais às funções vitais da árvore. No verão, o solo fica muito compacto e a dificuldade de acesso à água pelas raízes, nomeadamente em lençóis freáticos, conduz à mortalidade das árvores.

Outra das variáveis que se revelaram importantes, através da sua significância nos modelos logísticos propostos, foi a textura do solo. As texturas que se mostraram mais favoráveis à instalação do sobreiro foram as texturas medianas ou seja, que tenham uma razoável capacidade de reter nutrientes e água, não descurando um bom arejamento do solo necessário à oxigenação das raízes.

No que diz respeito às variáveis climáticas, a que se mostrou mais relevante foi a temperatura média, mostrando pela análise dos valores do parâmetro associado que o aumento da temperatura está relacionado com maiores taxas de mortalidade das árvores. O facto de a quantidade total de precipitação não se ter revelado significativa pode estar relacionado com a fraca capacidade de retenção de água dos solos amostrados. Por esta razão, será mais importante a ocorrência periódica de precipitação ao longo do ano, mesmo que não em grandes quantidades, do que a concentração de grandes volumes de precipitação que não conseguem ser retidos no solo para ficarem disponíveis para as plantas. O regime pluviométrico é assim relevante para a instalação e desenvolvimento de novas plantações, e conduz à discussão da

importância ou não da realização de eventuais regas pontuais nos primeiros anos após a plantação. Este assunto, que presentemente se debate em alguns fóruns técnicos ou científicos, poderá ser estudado no futuro, considerando alguns dos resultados apresentados e discutidos nesta tese.

A análise realizada, para além de exploratória dos dados recolhidos, envolveu ainda o ajustamento de modelos do tipo logístico. Foram propostos 3 modelos distintos, que diferem na exigência de informação recolhida ao nível do solo. Um primeiro modelo que exige a abertura de um perfil de solo, mais direcionado para situações de parcelas permanentes, ou outro tipo de instalações com fim científico; um segundo que, embora não exigindo a abertura de perfil de solo, exige o conhecimento das condições de terreno; e um terceiro modelo, que apenas necessita da avaliação da textura do solo. Os três modelos necessitam de informação do índice de qualidade da estação. Na situação de avaliação da proporção de morte das árvores no local de uma futura plantação, a determinação desta variável deverá ser feita com recurso a modelos indiretos, como os propostos por Paulo (2011).

Os modelos resultantes deste trabalho poderão vir a ser incluídos no modelo SUBER (Paulo, 2011), melhorando a sua capacidade de predição no que diz respeito à evolução do número de árvores jovens vivas existentes na simulação de uma nova plantação. Uma vez que os dados utilizados neste trabalho dizem respeito a povoamentos medidos em idades diferentes, que variam entre 7 e 19 anos, o valor da proporção de árvores mortas diz respeito a um valor médio nos anos que antecederam a medição. Desta forma, os modelos apresentados deverão ser aplicados no máximo até idades de 15 anos, evitando que o valor médio seja aplicado a idades que estavam pouco representadas no conjunto de dados.

No primeiro modelo apresentado é demonstrada a preferência do sobreiro por solos de texturas médias, justificado pelos valores negativos dos valores estimados dos parâmetros associados às variáveis *texhs FA* e *FG*. Estes resultados estão em concordância com a distribuição da proporção de árvores mortas por textura agrupada do horizonte superficial do solo apresentada anteriormente, confirmando a tendência de decréscimo da proporção de árvores mortas nas texturas médias do solo e a preferência do sobreiro por este tipo de solos.

Embora a variável *Imperme* apareça nos modelos como pouco significativa, no terreno ficou clara a baixa taxa de sobrevivência de árvores de sobreiro quando se verifica a presença de um imperme (em 3 das parcelas incluídas nos dados). Esta variável apesar de pouco contribuir individualmente, no modelo final é importante, melhorando significativamente a sua qualidade.

Assim, sempre que for possível determinar a presença de um imperme, é preferível usar o modelo reduzido mas com a variável qualitativa *Imperme* em vez do modelo reduzido devido à importância desta variável.

Apesar de neste estudo a proporção de árvores mortas ter sido tratada como constante no período de crescimento das árvores, na realidade, esta proporção deverá variar consoante a idade e mesmo com o clima do ano. Com o intuito de aproximar ainda mais o modelo da realidade, sugere-se que venham a ser realizadas medições anuais nestas e em novas parcelas, de modo a estudar a evolução da mortalidade consoante a idade e também de modo a se proceder à validação deste modelo que aqui não foi efetuada.

7 - Conclusões

A realização deste trabalho permitiu concluir:

- Que o tipo de solo parece ter uma elevada relação com a proporção de árvores mortas.
- Que presença de um imperme tem fortes indícios de indicar uma consequente elevada taxa de mortalidade.
- Que a quantidade de precipitação não se revela significativa para a gama de valores presentes no conjunto de dados.
- Que a qualidade da estação e a proporção de árvores mortas parecem ter uma relação inversa.
- Que a profundidade do solo parece estar relacionada com a mortalidade, diminuindo a proporção de árvores mortas com o aumento da profundidade.
- Que, em Portugal, parece existir em certos casos alguma falta de caracterização inicial das características edafo-climáticas, de modo a se poderem limitar áreas pouco recomendáveis à plantação de sobreiro.
- Algumas das plantações visitadas e amostradas incluem pequenas áreas onde a acumulação de água não favorece o desenvolvimento do sobreiro e que seria mais favorável outras espécies florestais.

Os modelos logísticos finais propostos e alternativos apresentam as seguintes expressões:

Modelo completo	$P = -0,3496 S - 0,00243 Prof + 1,3023 TexhsA + 0,2284 TexhsAF - 1,7555 TexhsFA - 1,1607 TexhsFG + 1,5924 TexhsFGA + 0,4172 TexhsGA + 0,7820 Imperme + 1,6720 Tmed$
Modelo reduzido mas com a variável qualitativa Imperme	$P = -0,3495 S + 1,3758 TexhsA + 0,0456 TexhsAF - 1,0757 TexhsFA - 1,1411 TexhsFG + 1,2087 TexhsFGA + 0,3679 TexhsGA + 1,4168 Tmed + 0,8854 Imperme$
Modelo reduzido	$P = -0,4235 S + 1,2665 TexhsA - 0,0742 TexhsAF - 1,1270 TexhsFA - 1,1248 TexhsFG + 1,2773 TexhsFGA + 0,7563 TexhsGA + 1,5300 Tmed$

8 - Referências bibliográficas

- AFN. 2010. *Inventário Florestal Nacional Portugal Continental IFN5, 2005 - 2006*. Autoridade Florestal Nacional, Lisboa, pp. 209.
- Aronson, J.; Pereira, J.S.; Pausas, J.G. 2009. *Cork Oak Woodlands on the Edge: Conservation, Adaptive Management and Restoration*. Island Press, New York, pp. 315.
- Beven, K.J.; Kirkby, M.J. 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.*, 24: 43-69.
- Braga, F. (Em Curso). *Modelação do Crescimento em Altura e da Relação Diâmetro-Altura de Árvores Jovens de Quercus suber*. Tese de mestrado em Gestão e Conservação dos Recursos Naturais. Universidade de Évora - Instituto Superior de Agronomia.
- Bugalho, N.M.; Caldeira, C.M.; Pereira, S.J.; Aronson, J.; Pausas, G.J. 2011. Mediterranean cork oak savannas require human use to sustain biodiversity and ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9: 278-286.
- Cabral, M.T.; Sardinha, R.A. 1989. Reflexões sobre o estado de degradação dos montados de sobro. *Actas do III Congresso sobre o Alentejo*, Elvas.
- Cabral, M.T.; Ferreira, M.C.; Moreira, T.; Carvalho, E.C; Diniz, A.C. 1992. Diagnóstico das causas da anormal mortalidade dos sobreiros a sul do Tejo. *Scientia*, 18: 205-214.
- Cao, Quang V. 1997. A method to distribute mortality in diameter distribution models. *Forest Science*, 43(3): 435-442.
- Cardoso, J.C.; Bessa, M.T.; Marado, M.B. 1973. Carta de Solos de Portugal (1:1.000.000). *Agronomia Lusitana*, XXXIII (I-IV): 481-602.
- Coelho, M.B.; Paulo, J.A.; Palma, J.H.N.; Tomé, M. 2012. Contribution of cork oak plantations installed after 1990 in Portugal to the Kyoto commitments and to the landowners economy. *Forest Policy and Economics*, 17: 59-68.
- Costa, A; Pereira, H. 2007. *Montados e Sobreiros: uma Espécie, duas Perspectivas*. In: *Árvores e Florestas de Portugal – Os Montados, muito para além das Árvores*. Edição LPN, Lisboa.

Costa, A.; Pereira, H.; Madeira, M. 2009. Analysis of spatial patterns of oak decline in cork oak woodlands in Mediterranean conditions. *Ann. For. Sci.*, 67: 204-23.

Daniels, R.F. 1976. Simple competition indices and their correlation with annual Loblolly Pine tree growth. *Forest Sci.*, 22: 454-456.

Dias, A.S.; Tomé, J.; Tavares, P.; Nunes, J.; Pereira, J.S. 1992. The effect of individual tree shelters in growth and morphology of cork oak seedlings. *Scientia gerundensis*, 18: 91-98.

Faias, S.P.; Palma, J.H.N.; Barreiro, S.M.; Paulo, J.A.; Tomé, M. 2012. Resource communication. SIMFLOR – platform for the Portuguese forest simulators. *Forest Systems* 21 (3): 543-548.

Ferreira, A.G.; Gonçalves, A.C.; Pinheiro, A.C.; Gomes, C.P.; Ilhéu, M.; Neves, N.; Ribeiro, N.; Santos, P. 2001. *Plano específico de ordenamento florestal para o Alentejo*. Alfredo Gonçalves Ferreira e Ana Cristina Gonçalves (Eds.). Universidade de Évora.

Ferreira, L.; Cabral, M. T. 1990. Reflexões sobre a situação dos montados de sobreiro. *Revista Florestal*, 4(2): 35-39.

Fonseca, A. 2004. *O montado no Alentejo (Século XV a XVIII)*. Edições Colibri. Lisboa. 158 pp.

Giesler, R.; Hogberg, M.; Hogberg, P. 1998. Soil chemistry and plants in Fennoscandian boreal forest as exemplified by a local gradient. *Ecology*, 79: 119-137.

Hauck, W. W.; Donner, A. 1977. Wald's test as applied to hypothesis in logistic analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 72: 851 - 853

Merouani, H.; Almeida, M.H.; Pereira, J.S. 2001. *A conservação a longo prazo de sementes de sobreiro - Manual prático*. Universidade de Turim, Itália.

Merouani, H.; Costa e Silva, F.; Sampaio, T.; Lourenço, M.J.; Faria, C.; Pereira, J.S.; Almeida, M.H. 2005. Efeito da idade e da fertilização na qualidade das plantas do sobreiro (*Quercus suber* L.) em viveiro. Actas do 5.º Congresso Florestal "A Floresta e as gentes", Instituto Politécnico de Viseu.

Monserud, R.A.; Sterba, H. 1999. Modeling individual tree mortality for Austrian forest species. *Forest Ecology and Management*, 113: 109-123.

Munro, D. D. 1974. *Forest growth models - a prognosis*. In: FRIES, J. (Ed.). *Growth models for tree and stand simulation*. Royal College of Forestry, Stockholm.

Natividade, J.V. 1950. *Subericultura*. Direcção Geral das Florestas. Lisboa.

Paulo, J.A. 2011. *Desenvolvimento de um sistema de apoio à gestão sustentável de montados de sobro*. Tese de Doutoramento. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/3850>.

Richards, F.J. 1959. *A flexible growth function for empirical use*. J. Exp. Bot., 10: 290-300.

Ribeiro, N.A.; Surovy, P. 2011. Growth modeling in complex forest systems: CORKFITS a tree spatial growth model for cork oak woodlands. FORMATH, 10: 263-278.

Sánchez-González, M.; Canellas, I.; Montero, G. 2007. Generalized height-diameter and crown diameter prediction models for cork oak forests in Spain. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 16(1): 76-88.

SAS Institute Inc.. 2000. *SAS/STAT User's Guide: Version 8*. Vols. 1-3. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Serrano, T.A. 2007. *Análisis de la Distribución de Alturas en Alcornoques en Fase de Regeneracion*. Tese de mestrado em Engenharia Florestal. Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

Silva, J.S.; Catry, F. 2006. Forest fires in cork oak (*Quercus suber* L.) stands in Portugal. International Journal of Environmental Studies, Vol. 63(3): 235-257.

Soares, P.; Tomé, M. 2008. *Símbolos usados na inventariacao e modelacao de recursos florestais*. 2^a Versão. Publicacoes ForChange RT5/2008, pp. 26.

Sorensen, R.; Zinko, U.; Seibert, J. 2005. On the calculation of the topographic wetness index: evaluation of different methods on field observations. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 2: 1807-1834.

Tomé, M.; Barreiro, S.; Paulo, J.A.; Tomé, J. 2006. Modelling tree and stand growth with growth functions formulated as age independent difference equations. Canadian Journal of Forest Research, 36 (7):1621-1630.

WRB. 2006. *World reference base for soil resources*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.

ANEXO II - BASE DE DADOS

Parcela	N0	Nt	idade	S	P	TWI	prof	CSP	FAO	Texhs	Litologia	Tmax	Tmin	Pmed_anual	Tmed	NdiasPmaior1	NdiasGeada
3001001	60	48	7	17,48	0,23	4,8	.	Ppt	AR	AF	ag-c	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3001002	55	45	7	17,85	0,21	4,1	.	Ppt	AR	AF	ag-c	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3002001	79	72	6	17,53	0,10	11,2	.	Ppt	AR	AF	ag-c	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3002002	74	64	6	17,53	0,16	10,8	.	Ppt	AR	AF	ag-c	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3003001	169	97	13	16,68	0,45	4,1	90	Ppt+Vt+Rg	AR	A	ag-c	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3003002	210	128	13	17,55	0,41	6,9	65	Ppt+Vt+Rg	AR	AF	ag-c	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3004001	204	72	13	16,22	0,68	4,1	110	Ppt+Vt+Rg	CM	AF	ag-pc	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3004002	176	30	13	17,38	0,85	14,0	90	Ppt+Vt+Rg	CM	A	af-nc	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3005001	140	30	13	16,68	0,81	12,3	135	Ppt+Vt+Rg	AR	A	ap-pc	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3005002	180	44	13	16,42	0,78	13,0	110	Ppt+Vt+Rg	AR	A	ag-pc	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3006001	90	27	9	15,96	0,74	5,2	50	Vt	CM	AF	ag-pc	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3006002	95	27	9	15,85	0,75	6,3	52	Vt	CM	AF	ag-pc	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3007001	110	78	9	17,20	0,32	11,9	50	Vt	CM	AF	ag-pc	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3007002	113	73	9	17,22	0,39	13,7	70	Vt	CM	AF	ag-pc	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3008001	109	64	15	17,34	0,43	4,1	170	Ppt	AR	AF	ap-pc	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3008002	110	63	15	15,96	0,45	4,5	110	Ppt	AR	AF	ap-pc	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3009001	80	56	15	17,65	0,32	4,5	105	Ppt	CM	AF	ag-c	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3009002	79	58	15	17,95	0,28	12,1	160	Vt+Ppt	CM	AF	ag-c	22,48	9,46	641,7	15,97	72	18,3
3010001	139	131	9	15,72	0,06	5,9	120	Px	LV	FA	fd/xstPAPR	21,08	9,81	590,1	15,43	69	25,1
3011001	63	53	15	18,09	0,17	12,7	50	Sr	LV	FG	cscranhas	18,28	13,17	493,3	15,71	64	0,1
3011002	63	59	15	18,41	0,07	6,6	135	Sr	LV	FG	cscranhas	18,28	13,17	493,3	15,71	64	0,1
3011003	63	52	15	17,18	0,19	4,1	85	Sr	LV	F	cscranhas	18,28	13,17	493,3	15,71	64	0,1
3012001	63	63	15	18,16	0,00	5,2	115	Sr	LV	FG	cscranhas	18,28	13,17	493,3	15,71	64	0,1
3012002	63	57	15	17,84	0,10	3,4	110	Sr	LV	FG	cscranhas	18,28	13,17	493,3	15,71	64	0,1
3013001	133	119	12	17,74	0,11	4076,0	192	.	AR	A	.	21,98	10,15	617,2	16,08	75	30,2
3015001	80	71	9	17,30	0,12	4,8	.	Pmn+Pv	LV	F	Quartzo-dioritos	20,56	10,93	624,8	15,74	72	8,1
3016001	81	61	14	17,72	0,26	14,4	.	Pm	LV	FA	Quartzo-dioritos	22,03	8,93	543,8	15,47	67	47
3016002	97	54	14	16,79	0,47	4,3	.	Pm	LV	FGA	Quartzo-dioritos	22,03	8,93	543,8	15,47	67	47
3016003	40	19	14	14,14	0,55	11,9	.	Pm	LV	AF	Quartzo-dioritos	22,03	8,93	543,8	15,47	67	47
3016004	50	23	14	16,63	0,57	6,2	.	Pm+Pmn	LV	FGA	Quartzo-dioritos	22,03	8,93	543,8	15,47	67	47
3016005	50	34	14	14,47	0,34	4,1	.	Pg+Arg	CM	AF	granito	22,03	8,93	543,8	15,47	67	47
3017001	84	67	19	15,47	0,21	3,8	130	Pg	CM	FGA	granito	19,76	8,52	943,7	14,13	79	33,4
3017002	124	83	19	14,42	0,35	4,1	60	Pg	CM	FGA	granito	19,76	8,52	943,7	14,13	79	33,4
3017003	159	116	19	14,20	0,28	7,9	80	Pg	CM	FGA	granito	19,76	8,52	943,7	14,13	79	33,4
3017004	130	53	19	12,30	0,61	3,8	45	Pgn	CM	FGA	Coluviados_granito	19,76	8,52	943,7	14,13	79	33,4
3018001	110	102	18	15,15	0,08	3,4	75	Pg	CM	FA	granito	19,76	8,52	943,7	14,13	79	33,4
3019001	32	26	18	11,52	0,20	3,7	20	Eg	LP	AF	granito	19,76	8,52	943,7	14,13	79	33,4
3020001	132	120	7	13,18	0,10	4,1	15	Ex	LP	FA	xistos	21,83	9,07	632,4	15,43	62	29,3
3021001	128	101	7	17,13	0,24	5,867884	85	Pg	CMdy	GA	granito	21,83	9,07	632,4	15,43	62	29,3
3021002	173	69	7	15,75	0,65	12,524527	70	Pgn	CMgl	GA	granito	21,83	9,07	632,4	15,43	62	29,3

ANEXO III - OUTPUT SAS MODELO COMPLETO

p = S prof texhs Imperme Tmed

The LOGISTIC Procedure

Model	binary logit
Optimization Technique	Fisher's scoring

Number of Observations Read	40
Number of Observations Used	29

Model Fit Statistics

AIC	3849.136	3164.292
SC	3855.109	3229.989
-2 Log L	3847.136	3142.292

R-Square	0.2158	Max-rescaled R-Square	0.2937
----------	--------	-----------------------	--------

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0

Test	Chi-Square	DF	Pr>ChiSq
Likelihood Ratio	704.8447	10	<.0001
Score	616.9975	10	<.0001
Wald	479.1835	10	<.0001

Type 3 Analysis of Effects

Effect	DF	Wald	
		Chi-Square	Pr>ChiSq
S	1	22.5822	<.0001
prof	1	2.7002	0.1003
texhs	6	306.6625	<.0001
Imperme	1	11.3742	0.0007
Tmed	1	53.2143	<.0001

Analysis of Maximum Likelihood Estimates

Parameter	DF	Standard Estimate	Wald		
			Error	Chi-Square	Pr>ChiSq
Intercept	1	-20.9103	2.6892	60.4599	<.0001
S	1	-0.3496	0.0736	22.5822	<.0001
prof	1	-0.00243	0.00148	2.7002	0.1003
texhs A	1	1.3023	0.1525	72.9176	<.0001
texhs AF	1	0.2284	0.1178	3.7567	0.0526
texhs FA	1	-1.7555	0.2450	51.3570	<.0001
texhs FG	1	-1.1607	0.1853	39.2267	<.0001
texhs FGA	1	1.5924	0.2419	43.3361	<.0001
texhs GA	1	0.4172	0.1815	5.2832	0.0215

Analysis of Maximum Likelihood Estimates

Parameter	DF	Standard Estimate	Wald		
			Error	Chi-Square	Pr>ChiSq

Imperme	1	0.7820	0.2319	11.3742	0.0007
Tmed	1	1.6720	0.2292	53.2143	<.0001

Odds Ratio Estimates

Effect	Point Estimate	95% Wald Confidence Limits
S	0.705	0.610 0.814
prof	0.998	0.995 1.000
texhs A vs F	6.865	3.840 12.272
texhs AF vs F	2.346	1.366 4.027
texhs FA vs F	0.323	0.154 0.674
texhs FG vs F	0.585	0.312 1.095
texhs FGA vs F	9.176	4.426 19.023
texhs GA vs F	2.833	1.500 5.352
Imperme	2.186	1.388 3.443
Tmed	5.323	3.397 8.341

Association of Predicted Probabilities and Observed Responses

Percent Concordant	77.2	Somers' D	0.569
Percent Discordant	20.3	Gamma	0.584
Percent Tied	2.5	Tau-a	0.268
Pairs	1978243.7948	c	0.785

ANEXO IV - OUTPUT SAS MODELO REDUZIDO SEM VARIÁVEL *IMPERME*

p = S txths Tmed

The LOGISTIC Procedure

Model Information

Model	binary logit
Optimization Technique	Fisher's scoring

Number of Observations Read	40
Number of Observations Used	39

Model Fit Statistics

AIC	5091.681	4417.206
SC	5097.950	4473.625
-2 Log L	5089.681	4399.206

R-Square	0.1623	Max-rescaled R-Square	0.2226
----------	--------	-----------------------	--------

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0

Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	690.4751	8	<.0001
Score	612.5252	8	<.0001
Wald	496.3461	8	<.0001

Type 3 Analysis of Effects

Effect	DF	Wald	
		Chi-Square	Pr > ChiSq
S	1	103.7646	<.0001
texhs	6	389.8931	<.0001
Tmed	1	117.2605	<.0001

Analysis of Maximum Likelihood Estimates

Parameter	DF	Standard Estimate	Wald		
			Error	Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	-17.6215	1.7120	105.9502	<.0001
S	1	-0.4235	0.0416	103.7646	<.0001
texhs A	1	1.2665	0.1199	111.5177	<.0001
texhs AF	1	-0.0742	0.0791	0.8786	0.3486
texhs FA	1	-1.2700	0.1543	67.7388	<.0001
texhs FG	1	-1.1248	0.1697	43.9099	<.0001
texhs FGA	1	1.2773	0.1264	102.0732	<.0001
texhs GA	1	0.7563	0.1334	32.1609	<.0001
Tmed	1	1.5300	0.1413	117.2605	<.0001

Odds Ratio Estimates

Effect	Point	95% Wald	
	Estimate	Confidence Limits	
S	0.655	0.604	0.710
texhs A vs F	8.147	5.184	12.802
texhs AF vs F	2.132	1.422	3.196
texhs FA vs F	0.645	0.386	1.078
texhs FG vs F	0.745	0.441	1.261
texhs FGA vs F	8.235	5.185	13.079
texhs GA vs F	4.891	3.033	7.888
Tmed	4.618	3.501	6.092

Association of Predicted Probabilities and Observed Responses

Percent Concordant	73.9	Somers' D	0.504
Percent Discordant	23.5	Gamma	0.518
Percent Tied	2.6	Tau-a	0.232
Pairs	3497761.4874	c	0.752

ANEXO V - OUTPUT SAS MODELO REDUZIDO

p = S texhs Tmed Imperme

The LOGISTIC Procedure

Model Information

Model Optimization Technique	binary logit Fisher's scoring
------------------------------	----------------------------------

Number of Observations Read	40
Number of Observations Used	39

Model Fit Statistics

Criterion	Intercept and Covariates	
	Intercept Only	
AIC	5091.681	4399.029
SC	5097.950	4461.716
-2 Log L	5089.681	4379.029

R-Square	0.1666	Max-rescaled R-Square	0.2286
----------	--------	-----------------------	--------

Testing Global Null Hypothesis: BETA=0

Test	Chi-Square	DF	Pr > ChiSq
Likelihood Ratio	710.6520	9	<.0001
Score	642.3438	9	<.0001
Wald	523.7653	9	<.0001

Type 3 Analysis of Effects

Effect	DF	Wald	
		Chi-Square	Pr > ChiSq
S	1	62.0354	<.0001
texhs	6	355.3641	<.0001
Tmed	1	97.6748	<.0001
Imperme	1	19.5050	<.0001

Analysis of Maximum Likelihood Estimates

Parameter	DF	Standard Estimate	Wald		
			Error	Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	-17.1674	1.7250	99.0428	<.0001

S		1	-0.3495	0.0444	62.0354	<.0001
texhs	A	1	1.3758	0.1228	125.5725	<.0001
texhs	AF	1	0.0456	0.0839	0.2954	0.5868
texhs	FA	1	-1.0757	0.1567	47.1055	<.0001
texhs	FG	1	-1.1411	0.1696	45.2611	<.0001
texhs	FGA	1	1.2087	0.1272	90.2207	<.0001
texhs	GA	1	0.3679	0.1650	4.9737	0.0257
Tmed		1	1.4168	0.1434	97.6748	<.0001
Imperme		1	0.8854	0.2005	19.5050	<.0001

Odds Ratio Estimates

Effect	Point Estimate	95% Wald Confidence Limits
S	0.705	0.646 0.769
texhs A vs F	8.646	5.498 13.594
texhs AF vs F	2.286	1.524 3.430
texhs FA vs F	0.745	0.447 1.243
texhs FG vs F	0.698	0.412 1.181
texhs FGA vs F	7.315	4.591 11.655
texhs GA vs F	3.155	1.866 5.335
Imperme	2.424	1.636 3.591
Tmed	4.124	3.114 5.462

Association of Predicted Probabilities and Observed Responses

Percent Concordant	74.2	Somers' D	0.510
Percent Discordant	23.2	Gamma	0.523
Percent Tied	2.5	Tau-a	0.235
Pairs	3497761.4874	c	0.755