

**Efeitos Edafoclimáticos na Produtividade de *Eucalyptus
globulus* Labill. em Portugal Continental**

William Felipe Gomes Tosta

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de
Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Gestão
de Recursos Florestais*

Orientado por

Professora Doutora Felícia Maria da Silva Fonseca

Professor Doutor Luis Filipe de Sousa Teixeira Nunes

Bragança

2020

William Felipe Gomes Tosta

Efeitos Edafoclimáticos na Produtividade de *Eucalyptus globulus* Labill. em Portugal Continental

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recursos Florestais

Bragança

Instituto Politécnico de Bragança - IPB

2020

AGRADECIMENTOS

Para tudo há uma ocasião certa; há um tempo certo para cada propósito debaixo do céu:

- Tempo de plantar e tempo de colher o que se plantou.

(Eclesiastes 3:1-2)

Sim, hoje é tempo de colher os frutos de um grande sonho que foi plantado alguns anos atrás!

Sim, hoje é tempo de finalizar mais uma etapa da minha carreira profissional na área Florestal!

Sim, hoje é tempo de subir mais um degrau na área profissional e na área pessoal!

Sim, hoje é tempo de plantar mais um sonho e colher os seus frutos no futuro breve!

Mas, para que tudo isso acontecesse, tenho que agradecer infinitamente!

Primeiramente, quero agradecer à Deus e ao seu filho Jesus Cristo! Quero agradecê-los pelo dom da vida, pelo respirar de cada dia, por me protegerem, por me conduzirem, por abrirem portas certas e fecharem portas erradas;

Quero agradecer a minha família e aos meus amigos e colegas pelo carinho e incentivo;

Quero agradecer ao IPB e principalmente aos meus orientadores da minha dissertação;

O meu especial agradecimento será para a minha esposa Aline Tosta! Tenho certeza de que sem ela, esse sonho não teria se tornado realidade. Obrigado meu amor, por ser essa pessoa que tu és! Uma pessoa que sempre me incentivou, uma pessoa que sempre esteve ao meu lado, uma pessoa forte e corajosa! TE AMO!

“Pois dEle, por Ele e para Ele são todas as coisas”

Romanos 11:36

“Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridade, os sonhos não se tornem reais”

Augusto Cury

RESUMO

O género *Eucalyptus* é de origem Australiana, mas também pode ser encontrado na Nova Guiné, Timor e Mollucas. Em Portugal Continental foi introduzido entre os anos de 1854 e 1859 e nos dias de hoje, as áreas de florestas plantadas de eucalipto em Portugal são da ordem de 884 mil hectares e contribui nos aspectos socioeconômicos e ambientais. Os efeitos edafoclimáticos afetam diretamente a produtividade dos povoamentos de eucalipto, nomeadamente o clima (temperatura, precipitação, geada e ventos) e o solo (propriedades físicas, químicas e biológicas). Por sua vez o relevo, material genético, pragas e doenças, incêndios florestais e gestão florestal, também influenciam a produtividade. Na zona Norte de Portugal os efeitos edafoclimáticos favorecem no crescimento/produtividade dos povoamentos de eucalipto. Esta zona do país apresenta em média solos com maiores profundidades (67 cm) e menor pedregosidade (27%). Já em relação ao clima, apresenta as maiores médias de precipitação total (1815 mm), precipitação nos meses junho a agosto (106,35 mm) e maior nº de dias (125) com precipitação acima de 1 mm e ainda com as menores médias de temperatura mínima (3,9 °C), média (14 °C) e máxima (28 °C). A zona Norte, com um acréscimo médio anual (AMA) em volume na ordem dos 19,73 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ apresenta-se como a mais produtiva. Logo em seguida é a zona Centro (16,79 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), depois é a zona de Lisboa e Vale do Tejo (LVT) (13,80 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), em penúltimo lugar a zona do Alentejo (9,77 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) e por último encontra-se a zona do Algarve (8,61 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). O programa WebGlobulus implementa um modelo de crescimento e produção empírico ao nível do povoamento de eucalipto e que, pode parametrizar com as informações edafoclimáticos em função da localização dos povoamentos. Por um lado, algumas informações obtidas pelo simulador WebGlobulus ainda não são 100% compatíveis ou semelhantes com as informações do Inventário Florestal, por outro lado, o problema que os usuários precisam definir uma classe de Site Index para depois conseguirem os valores de AMA. O programa WebGlobulus é uma ferramenta valiosíssima e que pode fornecer informações muito úteis acerca dos povoamentos de eucalipto, mas como sugestão de melhoria poderia ter uma interface que permitisse chegar a valores mais exatos do Site Index.

Palavras-Chaves: Eucalipto, Fatores Edafoclimáticos, Produtividade e Estimativa.

ABSTRACT

The genus *Eucalyptus* is of Australian origin, but can also be found in New Guinea, Timor and Mollucas. In mainland Portugal it was introduced between the years 1854 and 1859 and today, the areas of eucalyptus planted forests in Portugal are of the order of 884 thousand hectares and contribute to socioeconomic and environmental aspects. The edaphoclimatic effects directly affect the productivity of eucalyptus stands, namely the climate (temperature, precipitation, frost and winds) and the soil (physical, chemical and biological properties). In turn, relief, genetic material, pests and diseases, forest fires and forest management also influence productivity. In northern Portugal, edaphoclimatic effects favor the growth / productivity of eucalyptus stands. This area of the country has, on average, soils with greater depths (67 cm) and less stony (27%). In relation to the climate, it presents the highest average of total precipitation (1815 mm), precipitation in the months June to August (106.35 mm) and the greatest number of days (125) with precipitation above 1 (mm) and with the lowest averages of minimum (3.9 °C), average (14 °C) and maximum (28 °C) temperatures. The North zone, with an average annual increase (AAI) in volume of around 19.73 m³ ha⁻¹ year⁻¹, presents itself as the most productive. Right after that is the Central zone (16.79 m³ ha⁻¹ year⁻¹), then it is the Lisbon and Vale do Tejo (LVT) zone (13.80 m³ ha⁻¹ year⁻¹), second to last zone from the Alentejo (9.77 m³ ha⁻¹ year⁻¹) and finally there is the Algarve (8.61 m³ ha⁻¹ year⁻¹). The WebGlobulus program implements a model of growth and empirical production at the level of the eucalyptus stand, which can be parameterized with the edaphoclimatic information depending on the location of the stands. On the one hand, some information obtained by the WebGlobulus simulator is not yet 100% compatible or similar with the information from the Forest Inventory, on the other hand, the problem that users need to define a Site Index class to later obtain the AAI values. The WebGlobulus program is a very valuable tool and can provide very useful information about eucalyptus stands, but as a suggestion for improvement it could have an interface that would allow you to reach more accurate values of the Site Index.

Keywords: *Eucalyptus*, Edaphoclimatic, Productivity and Estimation.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	1
Objetivo geral.....	2
Objetivos específicos.....	2
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
O Eucalipto.....	3
A introdução do Eucalipto em Portugal Continental.....	3
Enquadramento da Ocupação do Solo por Eucalipto em Portugal Continental.....	4
Enquadramento Macroeconómico do Eucalipto em Portugal Continental.....	10
Enquadramento Legal do Eucalipto em Portugal Continental.....	11
Fatores que Influenciam a Produtividade do Eucalipto.....	13
Solo.....	14
Clima.....	16
Relevo.....	17
Material Genético.....	19
Gestão Florestal.....	19
Proteção Florestal.....	20
CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
Caracterização das Áreas Experimentais.....	22
Localização das Parcelas de Amostragem.....	22
Caracterização das Parcelas de Amostragem.....	25
Condições Climáticas das Parcelas de Amostragem.....	26
Caracterização dos Solos das Parcelas de Amostragem.....	29
Inventário Florestal das Parcelas de Amostragem.....	30
Material Utilizado no Estudo.....	35
Simulador WebGlobulus.....	35
WebGlobulus.....	35
Produtividade Florestal através do WebGlobulus.....	36
Análise Estatística.....	39
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
Produtividade Florestal Observada.....	41
Caracterização das Parcelas de Amostragem.....	41
Condições Climáticas das Parcelas de Amostragem.....	44
Caracterização dos Solos das Parcelas de Amostragem.....	52

Inventário Florestal das Parcelas de Amostragem.....	55
Produtividade Florestal Estimada via WebGlobulus.....	60
Site Index das Parcelas de Amostragem através do WebGlobulus.....	60
Cálculo do Site Index das Parcelas de Amostragem.....	60
Produtividade através do WebGlobulus.....	64
Produtividade Florestal Observada x Estimada.....	65
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES.....	69
REREFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa de distribuição de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	4
Figura 2- Distribuição do Uso do Solo em Portugal Continental.....	5
Figura 3 - Ocupação do Solo Por Espécie.....	5
Figura 4 - Distribuição das espécies florestais no território continental.....	6
Figura 5 - Ocupação do solo entre o período de 1995 a 2015.....	7
Figura 6 - Mapa de distribuição regional das espécies florestais.....	8
Figura 7- Dominância de eucalipto por Zona.....	9
Figura 8 - Distribuição do eucalipto: proporção de área ocupada.....	9
Figura 9 - Evolução da balança comercial portuguesa do setor florestal.....	10
Figura 10 - Fatores definidores, limitantes e redutores da produtividade.....	14
Figura 11 - Composição média do solo.....	15
Figura 12 - Correlação entre declividade e índice de umidade.....	18
Figura 13 - Correlação entre declividade e atributos do solo.....	18
Figura 14 - Localização e distribuição das Parcelas de Amostragem da Região Norte.....	22
Figura 15 - Localização e distribuição das Parcelas de Amostragem da Região Centro.....	23
Figura 16 - Localização e distribuição das Parcelas de amostragem da Região LVT.....	24
Figura 17 - Localização e distribuição das Parcelas de Amostragem da Região do Alentejo.....	24
Figura 18 - Localização e distribuição das Parcelas de Amostragem da Região do Algarve.....	25
Figura 19 – Área (ha) das Parcelas de Amostragem.....	26
Figura 20 – Altitude (m) das Parcelas de Amostragem.....	26
Figura 21 - Temperatura máxima média (°C).....	27
Figura 22 - Temperatura média (°C)	27
Figura 23 - Temperatura mínima média (°C)	28
Figura 24 - Precipitação Total Anual (mm)	28
Figura 25 - Nº de dias com precipitação superior a 1 (mm).....	28
Figura 26 – Precipitação (mm) dos meses mais quentes (Junho, Julho e Agosto).....	29
Figura 27 - Profundidade (cm) dos solos	29
Figura 28 - Pedregosidade dos solos.....	30
Figura 29 - Idade dos Povoamentos de Eucalipto.....	31
Figura 30 - Tipo de Rotação do Povoamento de Eucalipto.....	31
Figura 31 - Ilustração de diferentes alturas das árvores.....	32
Figura 32 - Altura média dos Povoamentos de Eucalipto.....	33
Figura 33 – Diâmetro à altura do peito médio (DAP, cm) dos Povoamentos de Eucalipto.....	33
Figura 34 - Volume (m ³ /ha) dos Povoamentos de Eucalipto.....	34
Figura 35 – Acréscimo Médio Anual (AMA, m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹) dos Povoamentos de Eucalipto.....	34
Figura 36 - Localização e obtenção das informações das Parcelas de Amostragem.....	36
Figura 37 - Interface do WebGlobulus.....	37
Figura 38 - Simulação de Produtividade (Acréscimo médio anual, m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹) através do WebGlobulus.....	38
Figura 39 - Site Index das Parcelas de Amostragem através do WebGlobulus.....	39
Figura 40 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹) x Área (ha).....	42
Figura 41 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹) x Altitude (m).....	43

Figura 42 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x Temperatura Máxima ($^{\circ}C$).....	45
Figura 43 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x Temperatura Média ($^{\circ}C$).....	46
Figura 44 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x Temperatura Mínima ($^{\circ}C$).....	47
Figura 45 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x Precipitação Total (mm).....	49
Figura 46 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x N° de dias com precipitação acima de 1 (mm).....	50
Figura 47 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x Precipitação dos meses mais quentes do ano.....	51
Figura 48 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x Pedregosidade (%).....	53
Figura 49 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x Profundidade (cm).....	54
Figura 50 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x Altura (m).....	56
Figura 51 - Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x Volume ($m^3 ha^{-1}$)	58
Figura 52 - Site Index das Parcelas de Amostragem.....	61
Figura 53 - Estimativa de Produtividade($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) (AMA Mínimo, Médio, Máximo e Calculado).....	64
Figura 54 - Produtividade Observado x Estimada.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Áreas máximas previstas.....	12
Tabela 2 - Interpretação de p-value.....	39
Tabela 3 - Teste de comparação não paramétrico para Área (ha) e Altitude (m).....	41
Tabela 4 - Teste Scott Knott para Área (ha).....	41
Tabela 5 - Teste Scott Knott para Altitude (m).....	42
Tabela 6 - Teste não paramétrico para condições climáticas.....	44
Tabela 7 - Teste Scott Knott para Temperatura Máxima (°C).....	45
Tabela 8 - Teste Scott Knott para Temperatura Média (°C).....	46
Tabela 9 - Teste Scott Knott para Temperatura Mínima (°C).....	47
Tabela 10 - Teste Scott Knott para Precipitação Total (mm).....	48
Tabela 11 - Teste Scott Knott para Nº de dias com precipitação > 1 (mm).....	49
Tabela 12 - Teste Scott Knott para Precipitação para os meses mais quentes do ano.....	50
Tabela 13 - Teste não paramétrico para Caracterização dos Solos.....	52
Tabela 14 - Teste Scott Knott para Pedregosidade (%).....	52
Tabela 15 - Teste Scott Knott para Profundidade (cm).....	53
Tabela 16 - Teste não paramétrico para Inventário Florestal.....	55
Tabela 17 - Teste Scott Knott para Altura Média (m).....	56
Tabela 18 - Teste Scott Knott para Diâmetro da Altura do peito (DAP).....	57
Tabela 19 - Teste Scott Knott para Volume (m ³ /ha).....	57
Tabela 20 - Teste Scott Knott para AMA.....	59
Tabela 21 - Teste Scott Knott para Idade.....	59
Tabela 22 - Teste Scott Knott para Rotação.....	59
Tabela 23 - Teste não Paramétrico para Site Index das parcelas de amostragem.....	62
Tabela 24 - Teste Scott Knott para Site Index Mínimo.....	62
Tabela 25 - Teste Scott Knott para Site Index Médio.....	63
Tabela 26 - Teste Scott Knott para Site Index Máximo.....	63
Tabela 27 - Teste Scott Knott para Site Index Calculado.....	63
Tabela 28 - Teste não paramétrico para Produtividade Florestal Estimada.....	64
Tabela 29 - Teste de Estimação de Parâmetros entre o Inventário Florestal x WebGlobulus (AMA Médio).....	65
Tabela 30 - Teste de Estimação de Parâmetros entre Inventário Florestal x WebGlobulus (AMA Calculado).....	66
Tabela 31 - Teste Scott entre o Método Observado x Estimado.....	67
Tabela 32 - Porcentagem de diferença em relação ao AMA do Inventário Florestal.....	67

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O género *Eucalyptus* pertence à família *Myrtaceae*. Esta família integra mais de 5000 espécies (das quais cerca de 800 são de eucalipto), pode ser considerada como uma das mais plantadas no mundo, pelo facto de apresentar elevada capacidade de adaptação a outras regiões que não seja a de origem (Lemos, 2012; Moço, 2019).

O género é de origem Australiana, mas também pode ser encontrado na Nova Guiné, Timor e Mollucas e foi descoberto e descrito primeiramente por L'Hertier em 1788 e os primeiros registos da sua introdução em Portugal Continental datam entre os anos de 1854 e 1859 (Cabral, 2019; Sandim, 2017).

As áreas de florestas de eucalipto plantadas em Portugal são da ordem dos 844 mil hectares e pode referir-se alguns benefícios socioeconómicos e ambientais que os povoamentos de eucalipto apresentam, tais como: geração de empregos no país, fornecimento de produtos competitivos na economia, contribuindo para o PIB do país, proteção de florestas nativas/autótonas e retenção de CO₂ da atmosfera (ICNF, 2019; Sandim, 2017).

Apesar de Portugal ser um país relativamente pequeno se for comparado com a sua vizinha Espanha ou até mesmo com o Brasil, o seu clima tem grandes variações de norte a sul e as características físicas, químicas e biológicas dos solos variam conforme as condições climáticas do país.

Os efeitos edafoclimáticos afetam diretamente a produtividade dos povoamentos de eucalipto. Dessa forma, antes de realizar uma plantação de povoamentos de eucalipto, é fundamental estudar as condições edafoclimáticas do local.

Os aspectos edafoclimáticos que afetam a produtividade dos povoamentos de eucalipto são o clima (temperatura, precipitação, geada, vento) e o solo (propriedades físicas, químicas e biológicas) (Fritzens et al., 2012). Também, outros fatores podem influenciar a produtividade dos povoamentos de eucaliptos, como o relevo, material genético, proteção florestal (pragas, doenças e incêndios florestais) e gestão florestal (Lemos, 2012).

O programa WebGlobulus, é uma ferramenta importante para a área académica e para a área profissional. O programa tem a finalidade de fornecer informações úteis para o setor florestal português.

O WebGlobulus tem a capacidade de reunir informações de SIG (Sistema de Informação Geográfica) e informações dos aspectos edafoclimáticos. Dessa forma, o programa disponibiliza informações de produtividade dos povoamentos, conforme a sua localização e com as suas respectivas variações edafoclimáticas.

1.1 Objetivo geral

Compreender a importância dos aspectos edafoclimáticos e os seus efeitos na produtividade dos povoamentos de eucalipto em Portugal Continental. Analisar e comparar 2 métodos (Inventário Florestal e Simulador de Crescimento e Produção - WebGlobulus) de avaliação de produtividade dos povoamentos de eucalipto.

1.2 Objetivos específicos

Para realização desta investigação definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- Compreender e analisar a significância estatística dos efeitos edafoclimáticos, ou seja, entre as variáveis de clima, solo e informações do inventário florestal;
- Comparar e analisar estatisticamente os efeitos edafoclimáticos entre as 5 zonas de Portugal Continental;
- Identificar e classificar as zonas mais produtivas do território continental;
- Comparar e analisar estatisticamente os 2 métodos de avaliação de produtividade dos povoamentos de eucalipto, ou seja, o método observado e o método estimado.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Eucalipto

2.1.1 A introdução do Eucalipto em Portugal Continental

O género *Eucalyptus* é de origem australiana para a maioria das espécies e é considerado como um dos mais plantados no mundo, devido ao grande número de espécies e à sua facilidade de adaptação em diferentes locais, proporcionando a possibilidade de produzir madeira para diversos usos (Lemos, 2012). De acordo com Sandim (2017), o *Eucalyptus* pode ocorrer naturalmente, ou seja, pode ser encontrado como espécie nativa na Nova Guiné, Timor e Molucas.

A introdução do género *Eucalyptus* em Portugal ocorreu entre 1854 e 1859. As primeiras plantações de eucaliptos começaram por volta de 1860, principalmente com árvores para ornamentação e no final desta década, começou a instalação de pequenos povoamentos (Alves et al., 2007; Cabral, 2019). De acordo com Cabral (2019), os silvicultores Carlos Augusto de Sousa Pimentel e Duarte de Oliveira Júnior, foram os divulgadores e promotores da cultura do *Eucalyptus globulus* Labill. em Portugal, naquela época.

O primeiro destino da produção comercial do eucalipto, foram as travessas de caminhos-de-ferro. As primeiras plantações com essa finalidade, foram efetuadas em 1870 pela Companhia Real dos Caminhos de Ferro Portugueses (Alves et al., 2007). Segundo Cabral (2019), “a companhia Real dos Caminhos de Ferro Portugueses iniciou a plantação de eucaliptos junto às estações, casas de guardas florestais e ao longo da via-férrea. Em 1876, eram já mais de 40 mil árvores plantadas por esta empresa”.

Conforme Alves et al. (2007), “a espécie *Eucalyptus globulus* Labill., foi a única espécie do género *Eucalyptus* que teve interesse económico e que se expandiu em Portugal, que ocorre naturalmente na Tasmânia e em Vitória, no sudoeste do continente Australiano” (Figura 1).

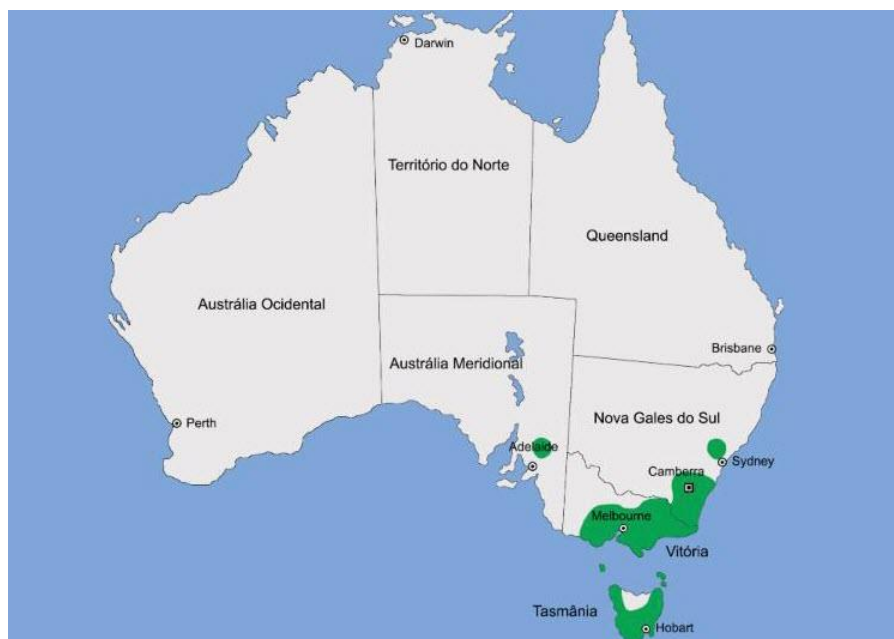


Figura 1 – Mapa de distribuição natural do *Eucalyptus globulus* Labill. Adaptado de RAIZ (2020)

O *Eucalyptus globulus* Labill., foi a espécie que melhor se adaptou às condições edafoclimáticas de Portugal Continental, e consequentemente obteve uma maior taxa de sobrevivência e produtividade em relação a outras espécies do gênero *Eucalyptus*. (Alves et al., 2007).

Naturlink (2020) define O *Eucalyptus globulus* Labill., como sendo uma árvore de grande porte, que pode atingir os 70 – 80 metros de altura em árvores adultas velhas. O tronco é alto e reto, com casca lisa, cinzenta ou castanha. As folhas jovens com formatos oval, cor glauca e com inserção no ramo e oposta. Já as folhas adultas são alternadas, longas com cor verde brilhante. As flores são grandes, sésses e de cor branca e os frutos são cápsulas lenhosas.

2.1.2 Enquadramento da Ocupação do Solo por Eucalipto em Portugal Continental

De acordo com o ICNF (2019), “O Inventário Florestal Nacional (IFN) é o processo de produção de estatísticas, e de cartografia-base, sobre a abundância, estado e condição dos recursos florestais nacionais. Baseia-se em recolhas de dados a partir de imagens aéreas e em medições da vegetação no terreno, ao longo de todo o território.

Estas recolhas de dados são repetidas, aproximadamente, de 10 em 10 anos, o que permite monitorizar a evolução dos espaços florestais”.

Conforme o IFN 6, 37% do território continental, é representado por área florestal, os matos e pastagens representam 31% da ocupação do solo e 23% representam as áreas agrícola do território continental (Figura 2) (ICNF, 2019).

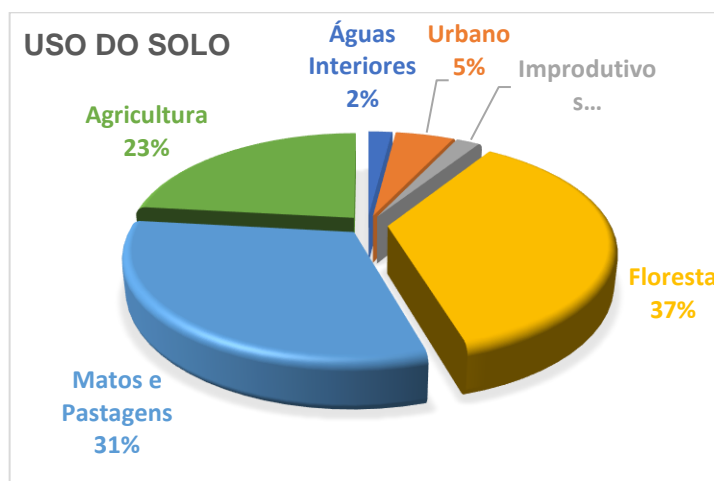


Figura 2: Distribuição do Uso do Solo em Portugal Continental (ICNF, 2019)

Analisando as espécies separadamente, o eucalipto é a espécie florestal com maior ocupação de área no território continental, em seguida o sobreiro e pinheiro-bravo, respectivamente (Figura 3) (ICNF, 2019).

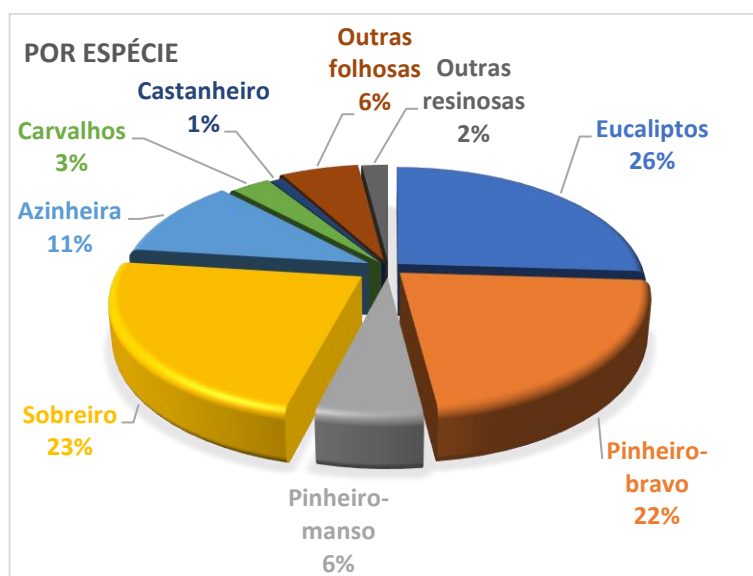


Figura 3: Ocupação do Solo por Espécie (ICNF, 2019)

De acordo com o ICNF (2019), foram realizados um conjunto de 360 mil pontos (fotopontos), através de análise visual de imagens e apoio de terreno. Com esse procedimento, foi possível identificar a distribuição das espécies no território continental (Figura 4).

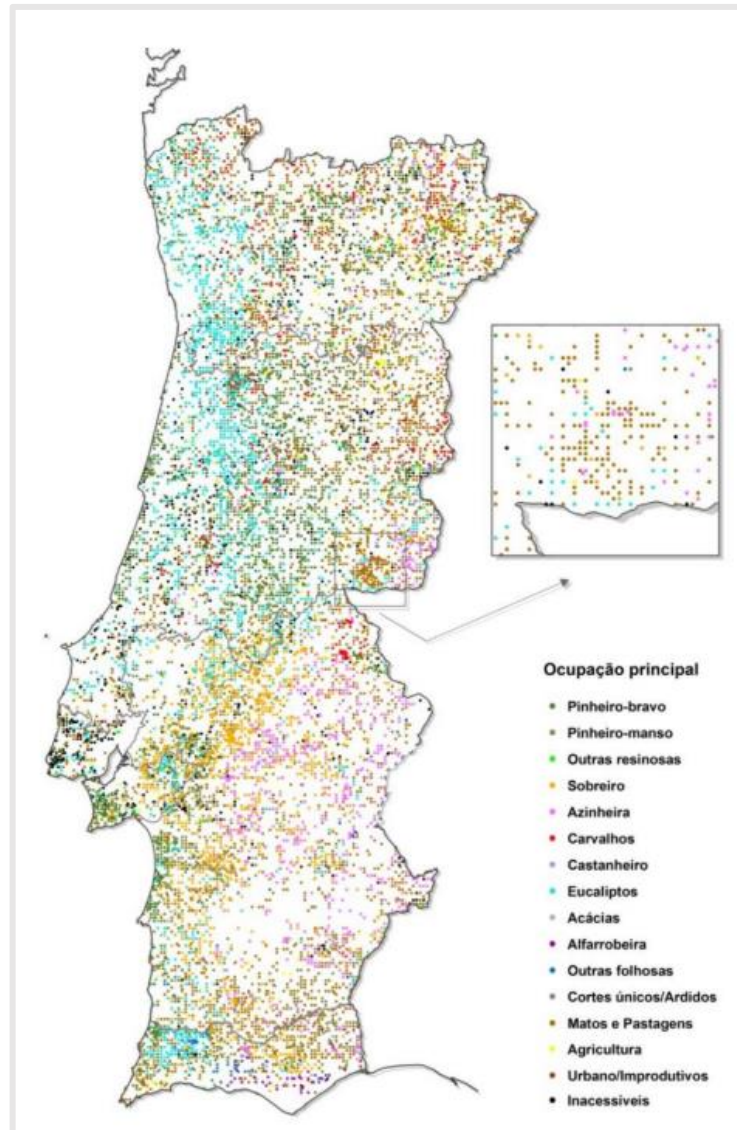


Figura 4: Distribuição das espécies florestais no território continental (ICNF, 2019)

Segundo ICNF (2019), entre o período de 1995 a 2015, a espécie que teve o maior crescimento em área (ha), foi o eucalipto e a espécie que teve a maior redução em área (ha) foi o Pinheiro-bravo. As restantes espécies não tiveram uma mudança expressiva em área (ha) (Figura 5).

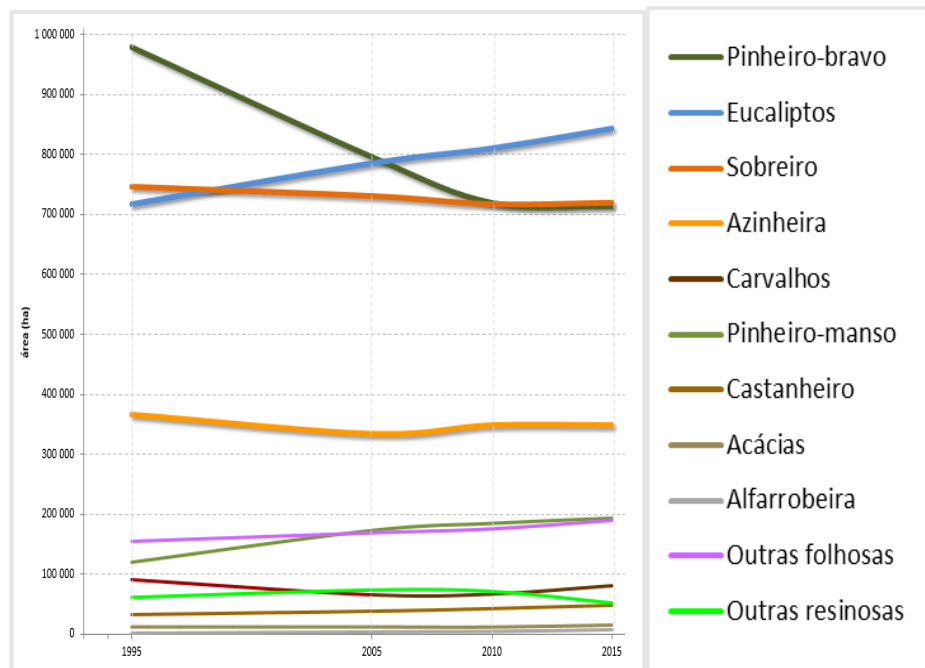


Figura 5: Ocupação do solo entre o período de 1995 a 2015 (ICNF, 2019)

O eucalipto, o pinheiro-bravo e o sobreiro são as espécies que têm maior expressão a nível global no território continental. No entanto, cada espécie tem importância relativa distinta de região para região. O eucalipto e o pinheiro-bravo são espécies que dominam nas regiões norte e centro e o sobreiro predomina na região sul (Figura 6) (AIFF, 2013).

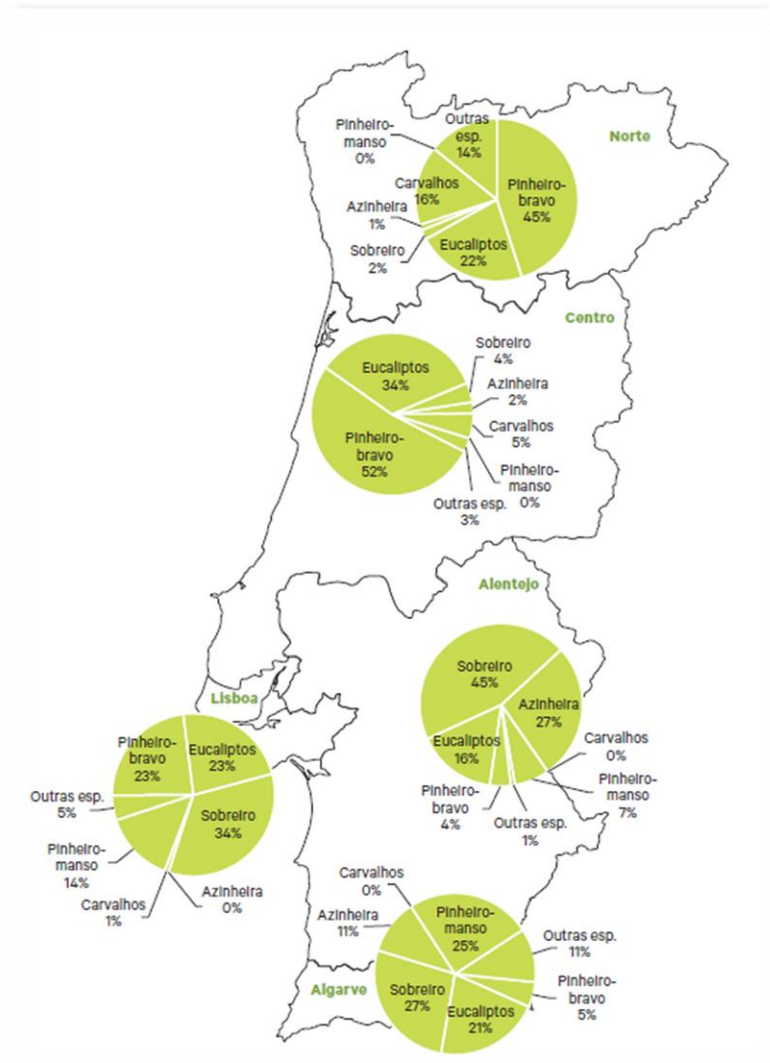


Figura 6: Mapa de distribuição regional das espécies florestais (AIFF, 2013)

Atualmente, o eucalipto encontra-se distribuído por todo o país, com preferência no litoral e em altitudes inferiores a 700 m, condições que favorecem o seu desenvolvimento. O eucalipto tem maior representatividade na Zona Centro e na Zona do Alentejo (Figura 7) (AIFF, 2013). De acordo com Alves et al. (2007), a distribuição do eucalipto no território continental está claramente associada com as preferências edafoclimáticas da espécie (Figura 8).

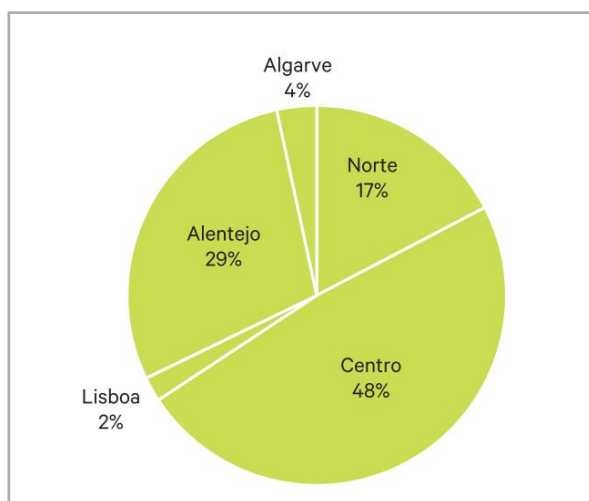


Figura 7: Dominância do eucalipto por Zona (AIFF, 2013)

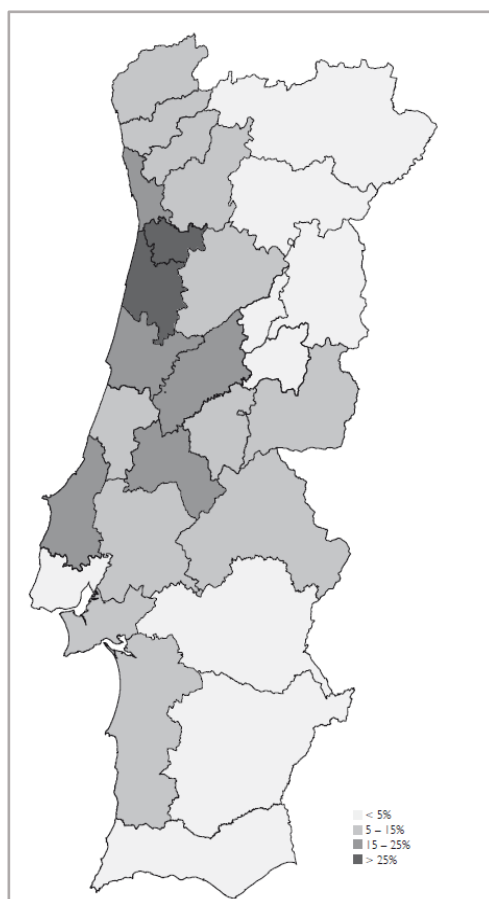


Figura 8: Distribuição do eucalipto: proporção de área ocupada. Adaptado de Alves et al. (2007)

2.1.3 Enquadramento Macroeconómico do Eucalipto em Portugal Continental

O setor florestal português é competitivo, tanto no mercado interno como externo, possuindo uma flexibilidade que lhe tem permitido ajustar-se a choques externos (AIFF, 2013).

De acordo com o ICNF (2020), a economia nacional do setor florestal português é extremamente importante para o país. As indústrias do setor florestal caracterizam-se por uma orientação fortemente exportadora o que se traduz numa balança comercial com um saldo positivo de 1.801,4 mil milhões de euros em 2011 (AIFF, 2013). A partir de 2012 este saldo positivo manteve-se sempre superior a 2 mil milhões de euros, sendo que, em 2017, foi superior a 2,3 mil milhões de euros. No mesmo período, a taxa de exportações sobre as importações foi na ordem dos 200%. O setor florestal representa em média, desde 2000, 10% das exportações portuguesas (ICNF, 2019).

Segundo AIFF (2013), historicamente a balança comercial tem apresentado um saldo positivo. As exportações portuguesas no setor florestal representam praticamente o dobro das importações. As exportações têm vindo a crescer de uma forma muito significativa, principalmente para países fora da UE (Figura 9).

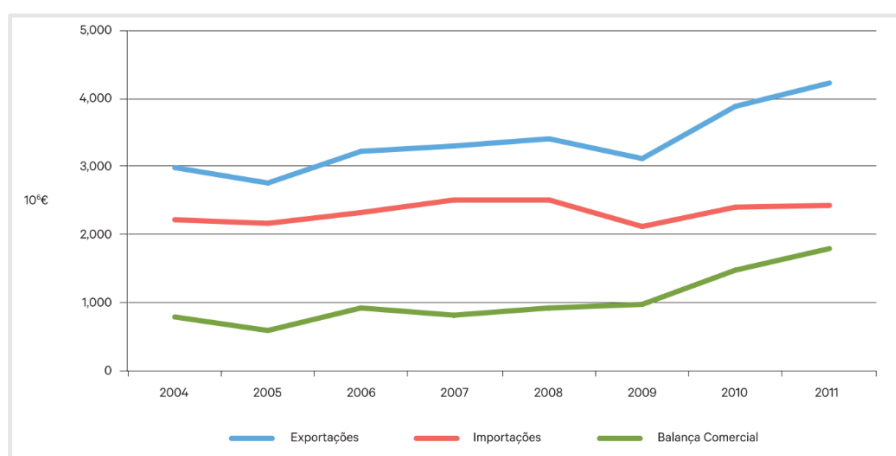


Figura 9: Evolução da balança comercial portuguesa do setor florestal, 2004 – 2011 (AIFF, 2013)

De acordo com ICNF (2020), “em 2015, o Valor Acrescentado Bruto (VAB) da silvicultura e indústrias de base florestal, representou mais de 10 mil milhões de euros, correspondendo a 13% do VAB industrial e a 3% do VAB e do Produto Interno Bruto

(PIB) nacionais. O setor florestal é ainda responsável pela criação de cerca de 94,3 mil postos de trabalho, dos quais quase 68,7 mil correspondem a empregos diretos no setor primário e indústrias transformadoras de base florestal”.

O eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) assume um papel relevante no quadro da atividade económica portuguesa, não só pela importância da área ocupada e da elevada rentabilidade da sua cultura, mas igualmente pelo significado macroeconómico da produção a que dá origem, constituindo a matéria-prima de um dos principais sectores industriais da economia do país, a indústria de pasta para papel (Alves et al., 2007).

Em 2011, a madeira para tritar, na qual se destaca a madeira de eucalipto, registrou um aumento de produção de 3,7%, a preços constantes. Entre 2001 e 2011, a produção de madeira para tritar registrou um crescimento de 34,7%, refletindo o crescimento e desenvolvimento da indústria da Pasta e Papel (AIFF, 2013). Em 2017, o volume de vendas das empresas associadas da CELPA, correspondeu a 2,68 mil milhões de euros, que representou a 1,39% do PIB de 2017 (Celpa, 2017).

2.1.4 Enquadramento Legal do Eucalipto em Portugal Continental

De acordo com Oliveira et al. (2018), “as ações de arborização e re-arborização estão sujeitas a regulamentação legal desde a aprovação do Regime Florestal em 1901, que passou a enquadrar as iniciativas públicas ou privadas, realizadas no âmbito florestal, ambiental e de desenvolvimento agrícola e rural, conforme o Decreto-Lei nº 96/2013, de 19 de julho”.

As ações de arborização e re-arborização podem promover a valorização produtiva do ecossistema, a recuperação de áreas degradadas, bem como a evolução da composição dos povoamentos já existentes, contribuindo com os objetivos da gestão florestal dos proprietários e gestores florestais (Oliveira et al., 2018).

De acordo com o Artigo 3º, do Decreto-Lei nº 96/2013, de 19 de julho, as definições de arborização e re-arborização são:

a) Arborização: ação de instalar árvores de espécies florestais, por sementeira ou plantação, em terrenos que não tenham sido ocupados por floresta nos últimos 10 anos;

b) Rearborização: ação de reinstalar árvores de espécies florestais, por sementeira ou plantação, em terrenos que já tenham sido ocupados por floresta, nos últimos 10 anos.

Oliveira et al. (2018) referem que o Artigo 3º - A, do Decreto-lei nº 96/2013, de 19 de julho, define os procedimentos de arborização e rearborização com espécies do género *Eucalyptus spp*:

a) Não são permitidas ações de arborização com espécies do género *Eucalyptus spp*;

b) A rearborização com espécies do género *Eucalyptus spp*, só é permitida quando a ocupação anterior constitua um povoamento puro ou misto dominante, de espécies daquele género.

Também, Oliveira et al. (2018) salientam que o Artigo 3º - A, do Decreto-lei nº 96/2013, de 19 de julho, define os procedimentos com projetos de compensação com espécies do género *Eucalyptus spp*:

a) Os projetos de compensação devem contemplar o compromisso de investimentos em áreas que garantam o uso agrícola ou pecuário ou com rearborização com espécies autóctones, em caso de uso florestal;

b) Os promotores podem realizar projetos de compensação que executem a arborização de acordo com as áreas máximas previstas (Tabela 1).

Tabela 1: Áreas máximas previstas (Oliveira et al., 2018)

Ano	Área arborizável (Eucaliptos)
1º	90%
2º	80%
3º	70%
4º	60%
5º e seguintes	50%

2.2 Fatores que Influenciam a Produtividade do Eucalipto

Uma das razões que tornaram o género *Eucalyptus* como uma das espécies mais cultivada no setor florestal é a sua elevada produtividade, quando comparada com outras espécies florestais (Soares et al., 2007). Outra característica do género *Eucalyptus* é o seu rápido crescimento, ou seja, atinge produtividades elevadas em poucos anos. A combinação desses fatores, torna o *Eucalyptus globulus* Labill., muito atraente para os produtores florestais e empresas de papel e celulose no território continental (Soares et al., 2007).

A produção de uma floresta é determinada pela quantidade de radiação solar interceptada pela copa e pela eficiência da conversão dessa radiação em biomassa (Santana et al., 2008). Segundo Soares et al. (2007), a produtividade é a produção de biomassa por unidade de área e por unidade de tempo ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ou $\text{kg m}^{-2} \text{ano}^{-1}$). O mesmo autor ressalta que, a produtividade também pode ser quantificada em unidades de volume de madeira, por unidade de área e por unidade de tempo, por exemplo em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, designando-se esta medida da produtividade por acréscimo corrente em volume (ac). A produtividade também pode ser expressa em função do acréscimo médio anual (ama).

Bouman et al. (1996) referem, do ponto de vista conceitual, que a produtividade vegetal pode ser dividida em três categorias: i) produtividade potencial, em que o crescimento é definido pela concentração de CO_2 atmosférico, radiação solar, temperatura e material genético; ii) produtividade atingível, em que o crescimento é determinado pelos fatores limitantes da produtividade, tais como água e nutrientes; e iii) produtividade real, em que o crescimento é reduzido abaixo do atingível, devido a fatores como competição, pragas e doenças (Figura 10).

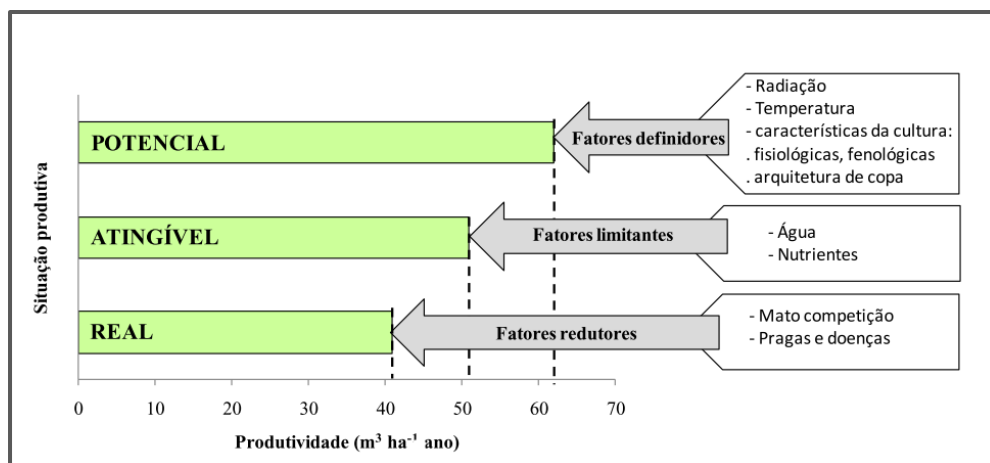


Figura 10: Fatores definidores, limitantes e redutores da produtividade (Bouman et al., 1996)

Em termos florestais, a produtividade real é aquela efetivamente mensurada pelo inventário florestal (Lemos, 2012). A produtividade das florestas de *Eucalyptus* é influenciada por vários fatores, tais como: material genético, clima, fisiografia (relevo e drenagem), solo (propriedades físicas, químicas e biológicas), gestão florestal (cultura anterior, limpeza do solo, preparação do terreno, conservação do solo, compasso de plantação, fertilização, competição, desrama, desbaste, corte e condução da brotação) e proteção florestal (pragas, doenças e fogo), o que justifica as grandes variações da produtividade florestal (Lemos, 2012).

2.2.1 Solo

Segundo Moço (2019), o solo é a camada superficial da crosta terrestre constituída por partículas minerais, matéria orgânica, ar, água e organismos vivos (Figura 11).

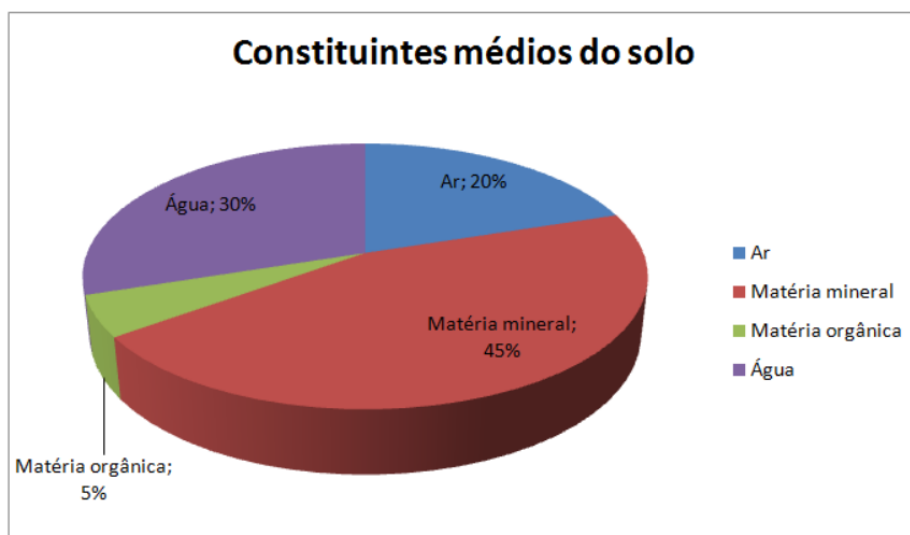


Figura 11: Composição média do solo (Moço, 2019)

O solo é o resultado da meteorização (intemperismo) do material de origem – Rocha Mãe, cujo processo decorre sob a ação de fatores como a erosão eólica e hídrica, precipitação, relevo e ação de organismos (homem, vegetação), microrganismos existentes e o tempo (Moço, 2019). Schroeder (1984) corrobora que o solo é o produto da transformação das substâncias orgânicas e minerais sob a influência de fatores ambientais que operam por um período longuíssimo e pode apresentar uma organização e morfologia definidas.

Segundo Pereira et al. (2019), diversos atributos do solo podem ser influenciados pelo tipo de material originário: as rochas e os sedimentos. As rochas, com suas características, influenciam atributos dos solos, tais como a composição química e mineralogia, a cor e a textura. Os sedimentos são formados a partir da meteorização das rochas e atuam nos processos erosivos e influenciam a textura, composição mineralógica, cor, e fertilidade natural do solo.

As características do solo, tais como a fertilidade e capacidade de armazenamento de água, afetam diretamente a produtividade florestal (Moço, 2019). Segundo o mesmo autor, existem outras características que afetam a produtividade de uma floresta do género *Eucalyptus*, tais com a profundidade efetiva, a pedregosidade, a textura e a densidade (nível de compactação do solo).

De acordo com Moço (2019), a matéria orgânica é a principal fonte de azoto, enxofre, fósforo e boro e produz efeitos significativos sobre a capacidade de troca catiónica e a capacidade de retenção de água. A matéria orgânica é importante na

agregação do solo, afeta de modo acentuado a economia de água, o arejamento e a temperatura do solo, tendo um papel crucial na fertilidade do solo (Schroeder, 1984).

Quanto maior o teor de matéria orgânica no solo e maior a presença de nutrientes no solo, melhor será a capacidade de absorção das raízes das plantas (Moço, 2019). Dessa forma, permitirá não só um melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas, fundamental para uma nutrição adequada, mas também favorece um maior crescimento aéreo da planta e, conseqüentemente maior produtividade florestal.

2.2.2 Clima

O clima é um fator limitante e condicionante do cultivo das espécies florestais e a definição de áreas aptas ao cultivo deve ser baseada nas junções das informações do ambiente físico (clima e solo) e das necessidades ambientais das espécies visadas (Fritzens et al., 2012).

De acordo com Mantovani & Fritzens (2010), as condições climáticas exercem uma forte influência no crescimento e na produtividade florestal, pois deve ser considerado que houve uma adaptação genética de cada espécie ao clima e solo onde tiveram origem. Segundo os mesmos autores, elementos do clima, como a temperatura e umidade, exercem uma forte influência sobre as plantas.

A produção e a pesquisa florestal devem, priorizar e considerar as condições climáticas (regime de chuvas, estiagem, temperatura, ocorrência de geadas, vento e evapotranspiração), devido à sua influência direta no desenvolvimento e na produtividade florestal (Fritzens et al., 2012). Segundo Mantovani & Fritzens (2010), a precipitação é fundamental e importante na fase da plantação das mudas no campo e durante a germinação das sementes, quando a umidade do solo deve ser favorável. Entretanto, as condições de umidade relativa, evapotranspiração, número de dias sem chuva, possibilidade de geadas e excesso de água também exercem forte influência sobre o crescimento das plantas.

Um exemplo de vulnerabilidade da produtividade no setor florestal está relacionado com as pragas e doenças. As condições climáticas são fatores-chave que contribuem para a epidemia de pragas e de doenças florestais (Hakamada et al., 2015).

As áreas onde há constantemente influência de ventos, constitui um grande problema para o sucesso das florestas comerciais devido à possibilidade de quebra de galhos e de ruptura de ponteiros e, conseqüentemente a proliferação de doenças ou até

mesmo levar à morte da planta na fase inicial da plantação (Mantovani & Fritzsos, 2010).

Pereira et al (2009), a especificidade da floresta Portuguesa é marcada por uma origem recente e uma forte intervenção humana. A estas características deveremos juntar as condicionantes ambientais. Por um lado, o clima do tipo mediterrânico caracteriza-se pela concentração da precipitação na estação fria, a que se segue um período quente com reduzida precipitação. A evapotranspiração potencial é mais elevada do que a precipitação anual levando à escassez sazonal da água. Os gradientes de abundância-de-água/severidade-da-seca determinam a composição das florestas e a sua distribuição geográfica. À medida que se caminha do Norte, mais pluvioso, para o Sul, mais seco e quente, ou do Litoral para o Interior, as árvores são sucessivamente mais resistentes à seca apresentando folhas mais esclerófitas e raízes mais profundas.

2.2.3 Relevo

O papel da topografia pode ser apreciado usando muitos descritores, mas a elevação, a inclinação, o gradiente, o comprimento da encosta, a direção da inclinação, a curvatura do contorno e a área de captação parecem ser os fatores mais importantes na produtividade florestal (Farina, 2006). A altitude, o declive e a exposição (N, S, E, O) afetam a relação entre a superfície do solo e o lençol freático, a ocorrência de erosão e movimento lateral da água no solo. O relevo também influencia a vegetação e, consequentemente afeta na produtividade das florestas (Schroeder, 1984).

A elevação, o aspecto, os materiais originários e a inclinação das formas terrestres afetam a temperatura do ar e do solo e as quantidades de umidade, nutrientes e outros materiais disponíveis em locais dentro de uma paisagem. Por exemplo, as encostas viradas a sul recebem mais radiação solar do que as encostas a norte, resultando em condições mais quentes e secas. Esses padrões topográficos estão fortemente relacionados com a distribuição da vegetação na paisagem e diretamente relacionados com a produtividade das florestas comerciais (Turner et al., 2001). Schroeder (1984) corrobora que na Europa as encostas são mais quentes e mais secas na face sul do que na face norte e a face oeste é geralmente mais úmida do que a face leste, factos que se repercutem na produtividade da floresta.

Segundo Farina (2006), há uma boa correlação entre declividade e o índice de umidade com os atributos do solo (teor de matéria orgânica, pH, teor de P e na

espessura do horizonte A (Figuras 12 e 13). Este estudo salienta a importância do declive, ou seja, o relevo do terreno afeta diretamente ou indiretamente a produtividade florestal.

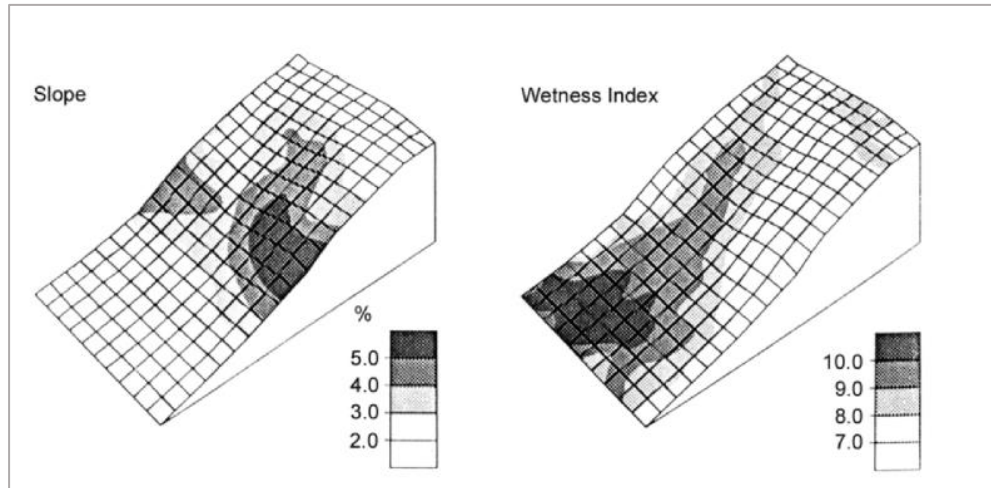


Figura 12: Correlação entre declividade e índice de umidade. Adaptado de Farina (2006)

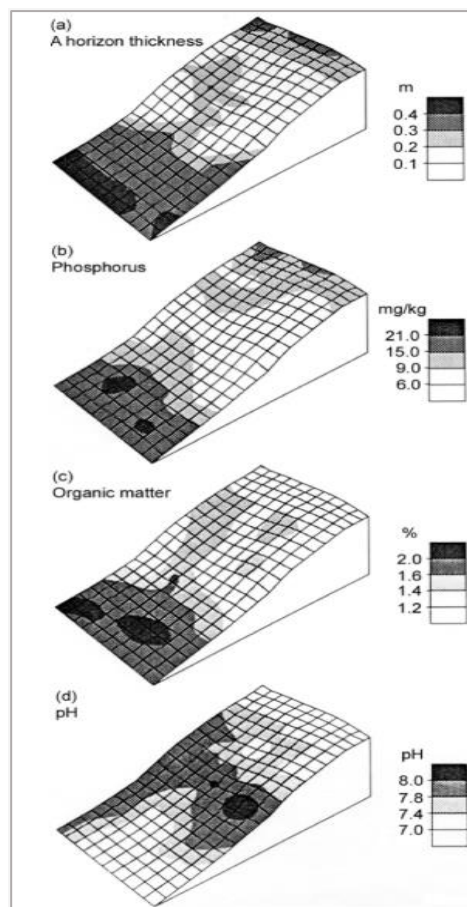


Figura 13: Correlação entre declividade e atributos do solo. Adaptado de Farina (2006)

2.2.4 Material Genético

De acordo com Borralho et al. (2007), há grandes benefícios da utilização de materiais geneticamente melhorados nas plantações de eucalipto, mas é necessário estar sempre associado a uma gestão florestal adequada, uma vez que o fenótipo está dependente não só do genótipo, mas também do ambiente em que se encontra.

Para o setor florestal, um dos aspectos relevantes para obter resultados de produtividades nos povoamentos consiste na plantação de materiais genéticos adequados ao ambiente. A plantação de materiais genéticos em zonas inapropriadas pode contribuir para diversos problemas, tais como: produtividade inferior ao potencial do material genético, elevada susceptibilidade às pragas e doenças, produção de madeira com características não adequadas à finalidade da plantação, sensibilidade aos efeitos de geada e deficiência hídrica (Fritzsos et al., 2011).

Segundo Borralho et al. (2007), o objetivo do melhoramento genético das plantas de eucalipto é obter um alto volume por hectare, maior densidade da madeira e, conseqüentemente maior rendimento em pasta nas fábricas e maior resistência às pragas e doenças. A economia do setor florestal sempre beneficiará com investimentos na utilização de materiais geneticamente melhorados, no aumento da produtividade e na qualidade dos produtos (Borralho et al., 2007).

2.2.5 Gestão Florestal

Uma gestão florestal adequada dos povoamentos de *Eucalyptus globulus* pode resultar numa elevada produtividade, com várias possibilidades de intervenção ao nível do ecossistema. Estas intervenções podem ser benéficas no ciclo dos nutrientes e na disponibilidade de água (irrigação) (Soares et al., 2007).

Na década de 80, a silvicultura do eucalipto teve intensa evolução tecnológica. O surgimento de novos materiais genéticos, métodos de preparação do terreno, espaçamento de plantação (compasso), fertilização mineral e controle de plantas daninhas (vegetação infestante) proporcionaram grandes ganhos de produtividade, implicando a necessidade de alocação de materiais genéticos específicos para cada área e cada nível tecnológico (Gonçalves et al., 2014)

Segundo Higa et al., (2017), os grandes avanços da silvicultura obtidos nos últimos 30 anos, foram a substituição da queima pela limpeza da área para plantação e a adoção de técnicas para melhor conservação dos solos, culminando na implementação

de sistemas de preparação do terreno com perturbação mínima do solo, denominado como “cultivo mínimo”. A menor perturbação do solo contribui para o aumento da acumulação de carbono, ao longo do tempo, devido às menores taxas de mineralização da matéria orgânica (Higa et al., 2017).

2.2.6 Proteção Florestal

De acordo com Branco (2007), as espécies do género *Eucalyptus* que foram plantadas fora da sua região de origem, tiveram uma situação privilegiada durante muito tempo em relação ao ataque de pragas e doenças. Essa situação contribuiu para o crescimento e a produtividade dos povoamentos de eucalipto.

As plantações de eucaliptos em Portugal Continental, tiveram um comportamento semelhante, ou seja, durante muito tempo não ocorreram ataques de pragas e doenças nos povoamentos (Branco, 2007).

Nas últimas décadas essa situação mudou completamente, ou seja, os povoamentos de eucalipto passaram a ser mais afetados por pragas e doenças e, conseqüentemente o crescimento e a produtividade dos povoamentos começaram a ser prejudicados. Conforme Branco (2007), esta situação pode ter ocorrido de duas maneiras: 1) introdução acidental das pragas e doenças das regiões de origem do eucalipto; 2) deslocamento das pragas e doenças para novas regiões onde foram introduzidos novos povoamentos. As pragas são favorecidas pela maior disponibilidade de alimento (plantações homogêneas) e pela diminuição da resistência ambiental, devido à ausência de inimigos naturais (Iede et al., 2014).

Para resolver os problemas associados com as pragas e doenças e, conseqüentemente as mesmas não prejudicarem o crescimento e a produtividade florestal, deve-se conhecer todos os fatores que agem no ecossistema, a fim de que seja utilizado, racionalmente, todos os meios disponíveis para resolve-lo, minimizando impactos ambientais (Iede et al., 2014).

A vulnerabilidade de crescimento e produtividade no setor florestal está relacionada com as pragas e doenças. As condições climáticas são fatores-chave que contribuem para a epidemia de pragas e de doenças florestais (Hakamada et al., 2015).

Entretanto, no caso das espécies do género *Eucalyptus*, o problema mais expressivo com a relação à proteção florestal, é a ocorrência de incêndios florestais, os quais ocorrem quase sempre nos meses mais secos do ano (Mantovani & Fritzsos,

2010). Os incêndios florestais podem provocar danos económicos nos povoamentos de eucalipto, perda de produtividade e alterações no solo (Silva et al., 2007).

As propriedades do combustível têm a maior influência no comportamento dos incêndios florestais, são elas: arranjo (estrutura), carga, distribuição por classes de dimensão, continuidade e teor de humidade (Moreira et al., 2010). Os efeitos do fogo na vegetação são os impactos mais nítidos que se podem observar após um incêndio. Mas, segundo Silva et al. (2007), os incêndios florestais de grande intensidade podem causar alterações significativas no solo e principalmente na produtividade dos povoamentos de eucalipto.

De acordo com Silva et al., (2007), “a gestão florestal surge como a única ferramenta que podemos utilizar com o objetivo de minimizar os danos de um incêndio florestal”.

CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3. Caracterização das Áreas Experimentais

3.1.1 Localização das Parcelas de Amostragem

O presente trabalho foi conduzido em 50 parcelas de amostragem distintas e distribuídas pelo território continental. Sendo que, 10 parcelas estão distribuídas na Região Norte, 10 parcelas estão distribuídas na Região Centro, 10 parcelas estão distribuídas na Região Lisboa e Vale do Tejo, 10 parcelas estão distribuídas na Região do Alentejo e 10 parcelas estão distribuídas na Região do Algarve (Figuras 14, 15, 16, 17 e 18).

As parcelas de amostragem são geridas pelo grupo The Navigator Company e faz parte de uma rede alargada de ensaios, do departamento de Solos e Nutrição Florestal do Raiz - Instituto de Investigação da Floresta e Papel.

As parcelas foram escolhidas aleatoriamente em cada região. Na Região Norte, (Figura 14): Parcela 1 – Município de Vieira do Minho ($41^{\circ} 35' 50''$ N e $8^{\circ} 11' 04''$ O), Parcela 2 – Ribeiro de Pena ($41^{\circ} 32' 30''$ N e $7^{\circ} 45' 49''$ O), Parcela 3 – Póvoa de Lanhoso ($41^{\circ} 01' 41''$ N e $8^{\circ} 21' 46''$ O), Parcela 4 – Granda ($42^{\circ} 00' 01''$ N e $8^{\circ} 36' 13''$ O), Parcela 5 – Carreira ($41^{\circ} 52' 54''$ N e $8^{\circ} 37' 18''$ O), Parcela 6 – Nogueira ($41^{\circ} 44' 46''$ N e $8^{\circ} 42' 09''$ O), Parcela 7 – Balinhas ($41^{\circ} 41' 12''$ N e $8^{\circ} 32' 39''$ O), Parcela 8 – Lamego ($40^{\circ} 56' 50''$ N e $7^{\circ} 35' 32''$ O), Parcela 9 – Trofa ($41^{\circ} 19' 53''$ N e $8^{\circ} 31' 11''$ O) e Parcela 10 – Freixo Baixo ($41^{\circ} 17' 08''$ N e $8^{\circ} 06' 22''$ O).

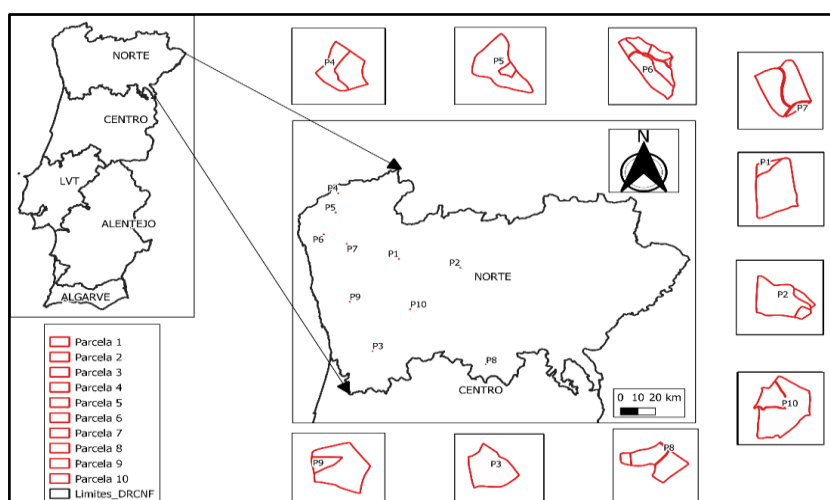


Figura 14: Localização e distribuição das Parcelas de Amostragem da Região Norte

Na Região Centro, foram seleccionadas (Figura 15): Parcela 1 – Covas do Rio ($40^{\circ} 54' 43''$ N e $8^{\circ} 03' 58''$ O), Parcela 2 – Louriçal ($40^{\circ} 02' 022''$ N e $8^{\circ} 43' 36''$ O), Parcela 3 – Vila de Pouca da Beira ($40^{\circ} 18' 10''$ N e $7^{\circ} 56' 18''$ O), Parcela 4 – Alto das Antas ($40^{\circ} 43' 56''$ N e $8^{\circ} 23' 56''$ O), Parcela 5 – Agadão ($40^{\circ} 32' 38''$ N e $8^{\circ} 17' 28''$ O), Parcela 6 – Vale Formoso ($40^{\circ} 23' 17''$ N e $7^{\circ} 23' 56''$ O), Parcela 7 – Madeirã ($39^{\circ} 56' 19''$ N e $8^{\circ} 02' 02''$ O), Parcela 8 – Castelo de Penalva ($40^{\circ} 40' 00''$ N e $7^{\circ} 39' 26''$ O), Parcela 9 – Figueiró dos Vinhos ($39^{\circ} 53' 27''$ N e $8^{\circ} 15' 53''$ O) e Parcela 10 – Dianteiro ($40^{\circ} 13' 21''$ N e $8^{\circ} 21' 01''$ O).

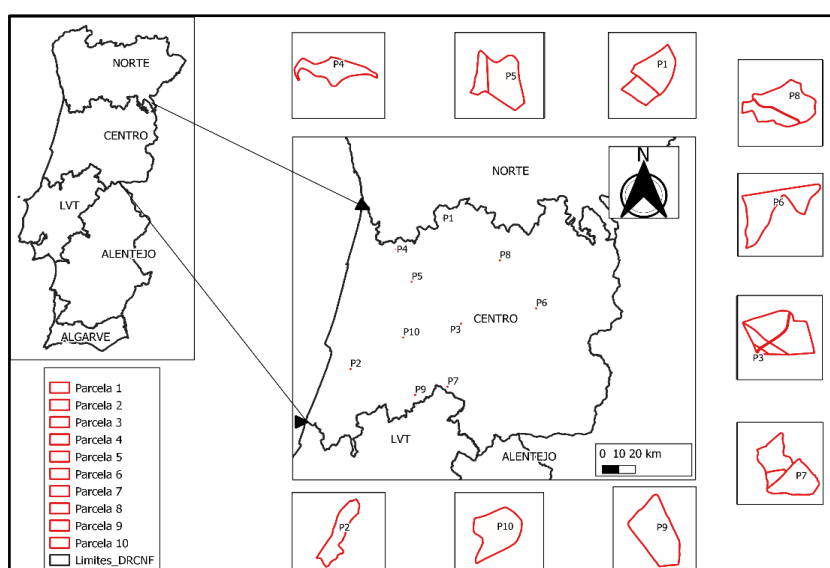


Figura 15: Localização e distribuição das Parcelas de Amostragem da Região Centro

Na Região Lisboa e Vale do Tejo, foram seleccionadas (Figura 16): Parcela 1 – Ferreira do Zêzere ($39^{\circ} 44' 56''$ N e $8^{\circ} 15' 40''$ O), Parcela 2 – Poceirão ($38^{\circ} 33' 19''$ N e $8^{\circ} 43' 36''$ O), Parcela 3 – Entrocamento ($39^{\circ} 28' 11''$ N e $8^{\circ} 30' 39''$ O), Parcela 4 – Alcobaça ($39^{\circ} 33' 27''$ N e $8^{\circ} 59' 29''$ O), Parcela 5 – Alvorninha ($39^{\circ} 23' 30''$ N e $9^{\circ} 01' 23''$ O), Parcela 6 – Monte Redondo ($39^{\circ} 07' 35''$ N e $9^{\circ} 11' 48''$ O), Parcela 7 – Almerim ($39^{\circ} 08' 27''$ N e $8^{\circ} 34' 28''$ O), Parcela 8 – Abrantes ($39^{\circ} 25' 59''$ N e $8^{\circ} 15' 19''$ O), Parcela 9 – Benavente ($38^{\circ} 56' 01''$ N e $8^{\circ} 45' 20''$ O) e Parcela 10 – São João da Ribeira ($39^{\circ} 17' 02''$ N e $8^{\circ} 50' 59''$ O).

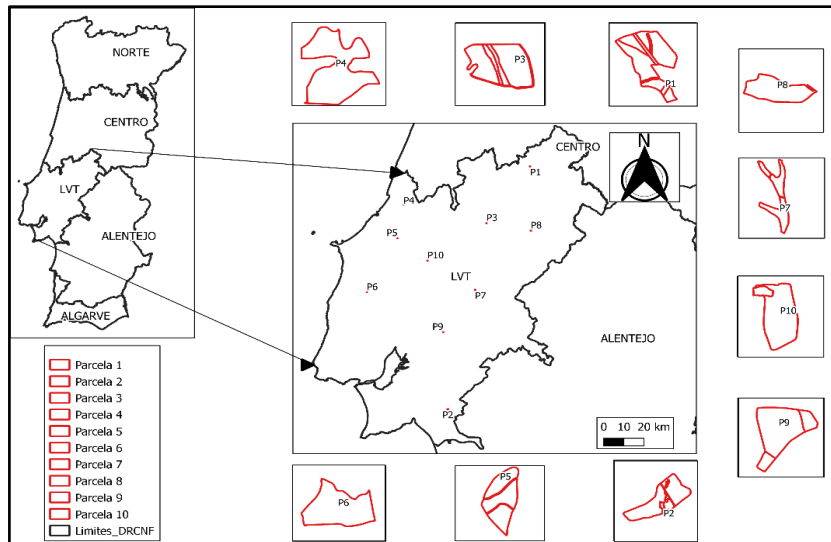


Figura 16: Localização e distribuição das Parcelas de Amostragem da Região de Lisboa e Vale do Tejo

Na Região do Alentejo, foram selecionadas (Figura 17): Parcela 1 – Aljustrel ($37^{\circ} 51' 20''$ N e $8^{\circ} 12' 47''$ O), Parcela 2 – Vendas Novas ($38^{\circ} 32' 07''$ N e $8^{\circ} 29' 32''$ O), Parcela 3 – Amieira do Tejo ($39^{\circ} 31' 38''$ N e $7^{\circ} 46' 41''$ O), Parcela 4 – Portalegre ($39^{\circ} 21' 02''$ N e $7^{\circ} 30' 05''$), Parcela 5 – Avis ($38^{\circ} 59' 08''$ N e $7^{\circ} 55' 41''$ O), Parcela 6 – Estremoz ($38^{\circ} 45' 09''$ N e $7^{\circ} 35' 43''$ O), Parcela 7 – Évora ($38^{\circ} 32' 10''$ N e $8^{\circ} 06' 29' 03''$ O), Parcela 8 – Grândola ($38^{\circ} 05' 12''$ N e $8^{\circ} 29' 39''$ O), Parcela 9 – Ourique ($37^{\circ} 36' 59''$ N e $8^{\circ} 21' 17''$ O) e Parcela 10 – São Teotónio ($37^{\circ} 28' 58''$ N e $8^{\circ} 39' 14''$ O).

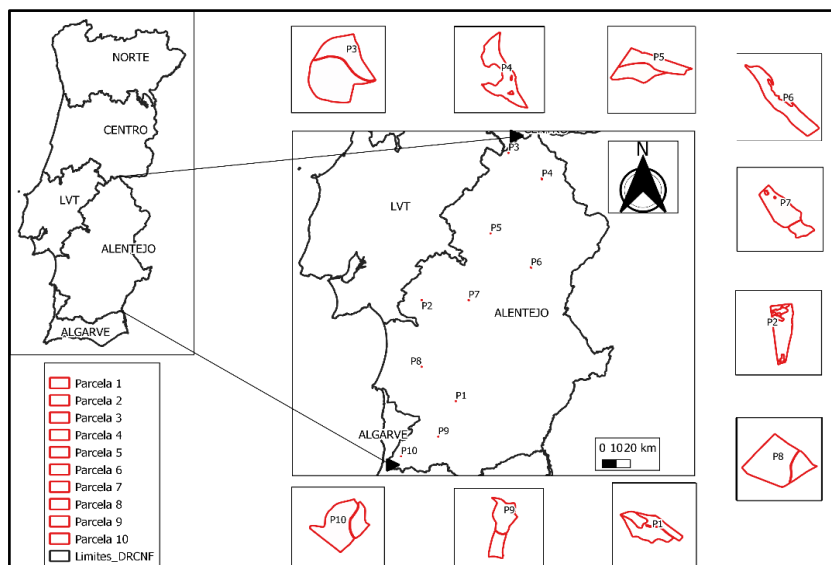


Figura 17: Localização e distribuição das Parcelas de Amostragem da Região do Alentejo

Na Região do Algarve, foram selecionadas (Figura 18): Parcela 1 – São Bartolomeu de Messines ($37^{\circ} 19' 06''$ N e $8^{\circ} 20' 53''$ O), Parcela 2 – Aljezur ($37^{\circ} 17' 38''$ N e $8^{\circ} 47' 00''$ O), Parcela 3 – Monchique ($37^{\circ} 24' 01''$ N e $8^{\circ} 34' 22''$ O), Parcela 4 – Marmeleite ($37^{\circ} 14' 28''$ N e $8^{\circ} 40' 17''$ O), Parcela 5 – Monchique ($37^{\circ} 16' 37''$ N e $8^{\circ} 30' 06''$ O), Parcela 6 – São Bartolomeu de Messines ($37^{\circ} 23' 55''$ N e $8^{\circ} 30' 06''$ O), Parcela 7 – São Marcos da Serra ($37^{\circ} 21' 38''$ N e $8^{\circ} 25' 42''$ O), Parcela 8 – Vila Nova de Milfontes ($37^{\circ} 41' 27''$ N e $8^{\circ} 43' 01''$ O), Parcela 9 – Odemira ($37^{\circ} 36' 54''$ N e $8^{\circ} 37' 44''$ O) e Parcela 10 – Cercal ($37^{\circ} 49' 55''$ N e $8^{\circ} 43' 04''$ O).

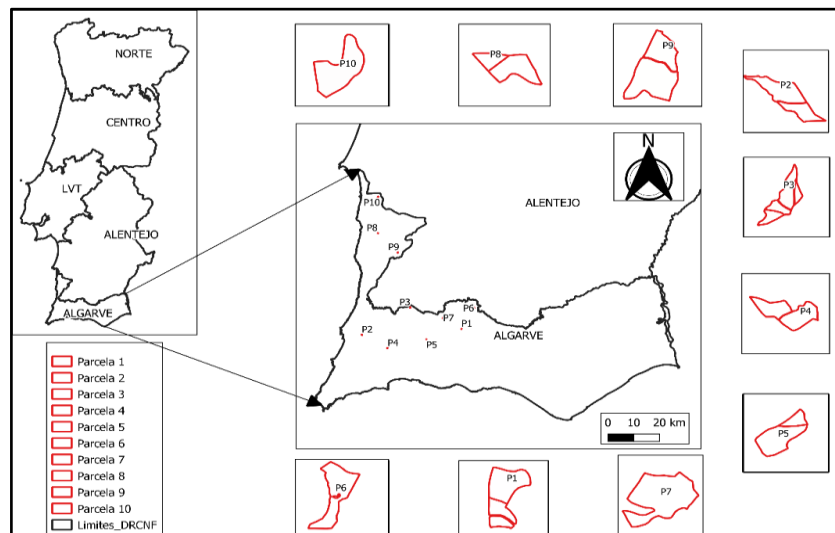


Figura 18: Localização e distribuição das Parcelas de amostragem da Região do Algarve

3.1.2 Caracterização das Parcelas de Amostragem

Conforme a Figura 19, as parcelas de amostragem têm áreas diferentes, mas em termos médios não há uma diferença substancial entre cada zona do território continental.

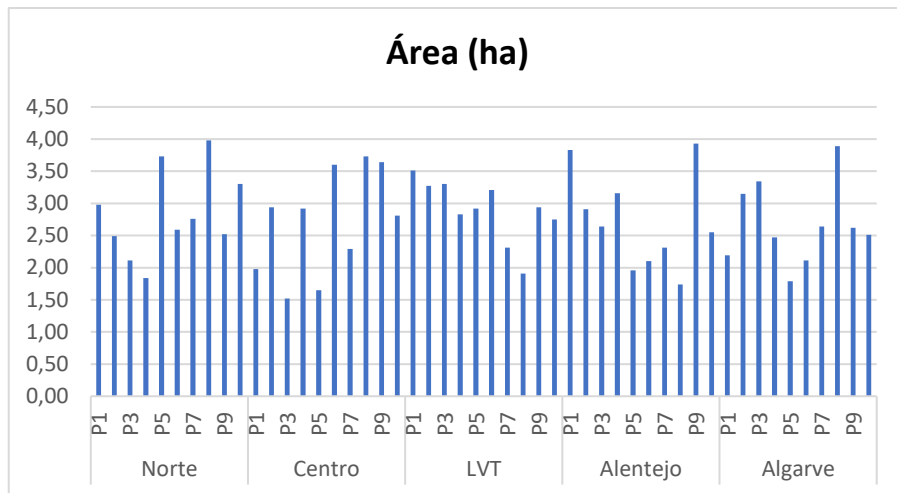


Figura 19: Área (hectares) das Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020)

A Figura 20, mostra a altitude (m) das parcelas de amostragem em relação ao nível do mar, de acordo com a Carta Militar de Portugal, na escala 1/25000 (Igeoe, 2020).

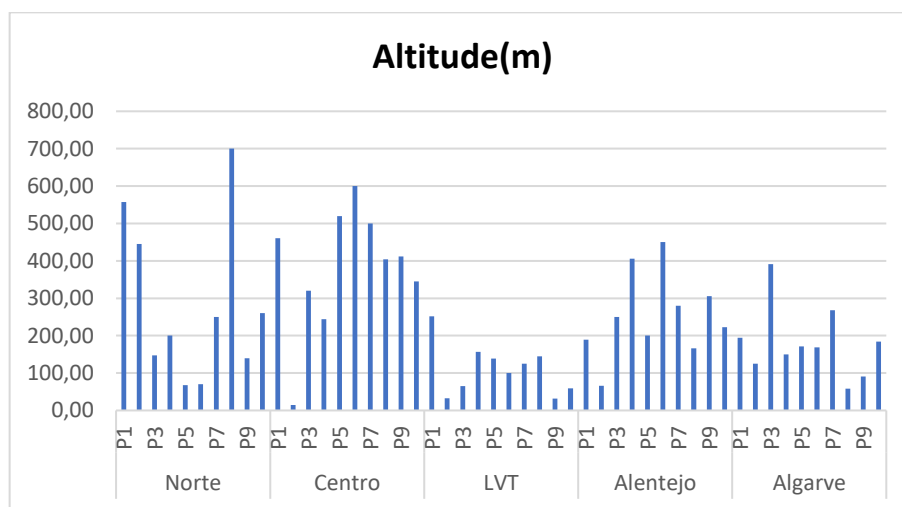


Figura 20: Altitude (m) das Parcelas de Amostragem (Igeoe, 2020)

3.1.3 Condições Climáticas das Parcelas de Amostragem

As temperaturas máximas, médias e mínimas, foram obtidas através do histórico dos municípios mais próximos de cada parcela de amostragem (Figuras 21, 22 e 23). As temperaturas máximas e mínimas, são temperaturas médias registadas ao longo dos anos anteriores e a temperatura média sendo a média registada historicamente.

A caracterização climática das áreas de estudos teve por base a análise dos dados consultados no site <http://pt.weatherspark.com>, bem como informações disponíveis na base de dados do RAIZ, nomeadamente a cartografia nacional disponível (Ribeiro et al., 1988) e obtida a partir das cartas de precipitação total anual (mm) (Figura 24), número de dias com precipitação superior a 1 (mm) (Figura 25) e precipitação (mm) dos meses mais quentes (Junho, Julho e Agosto) (Figura 26).

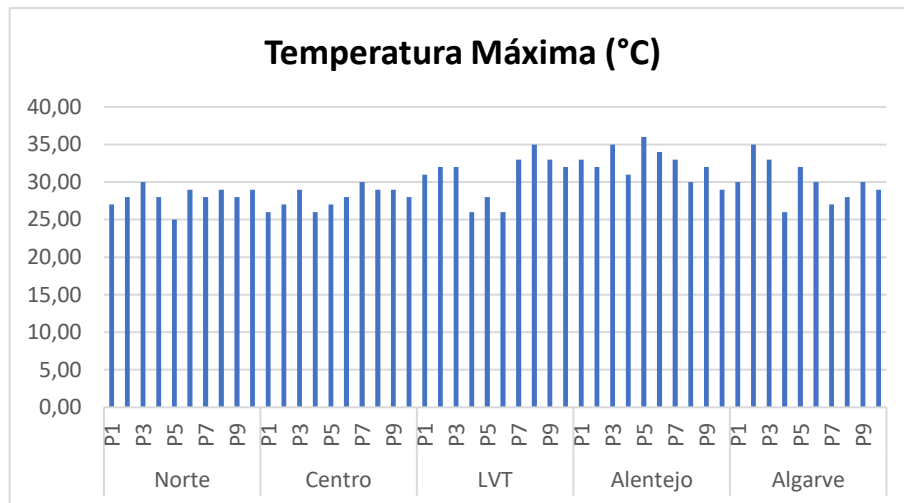


Figura 21: Temperatura máxima (°C) na área das Parcelas de Amostragem (Weatherspark, 2020)

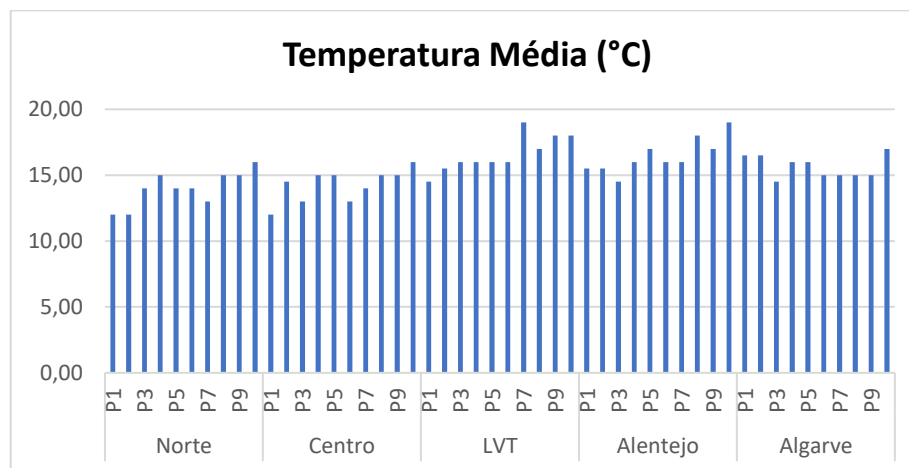


Figura 22: Temperatura média (°C) na área das Parcelas de Amostragem (Weatherspark, 2020)

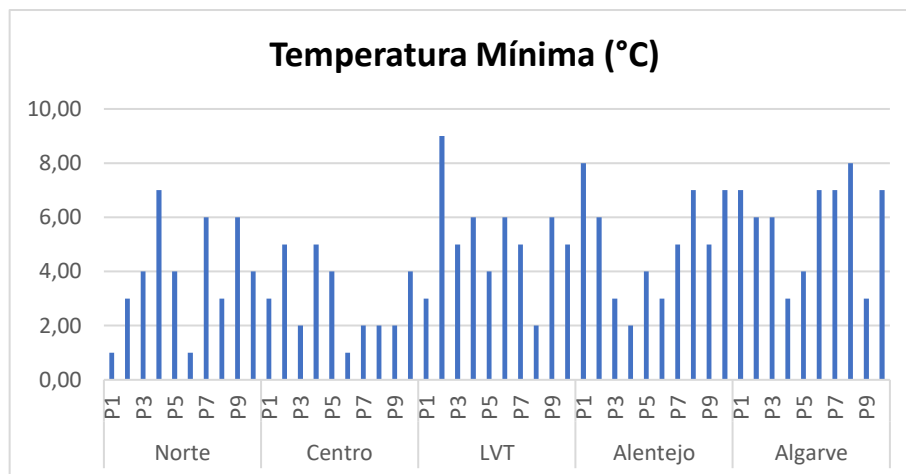


Figura 23: Temperatura mínima (°C) na área das Parcelas de Amostragem (Weatherspark, 2020)

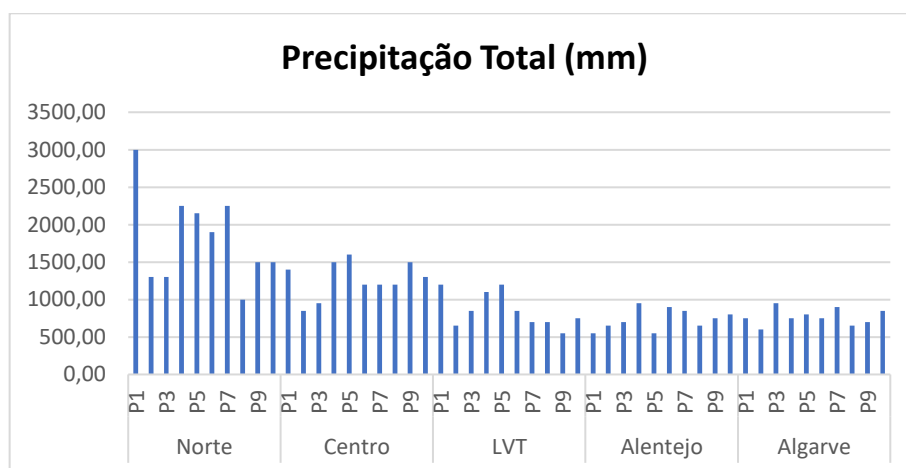


Figura 24: Precipitação Total anual (mm) na área das Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020)

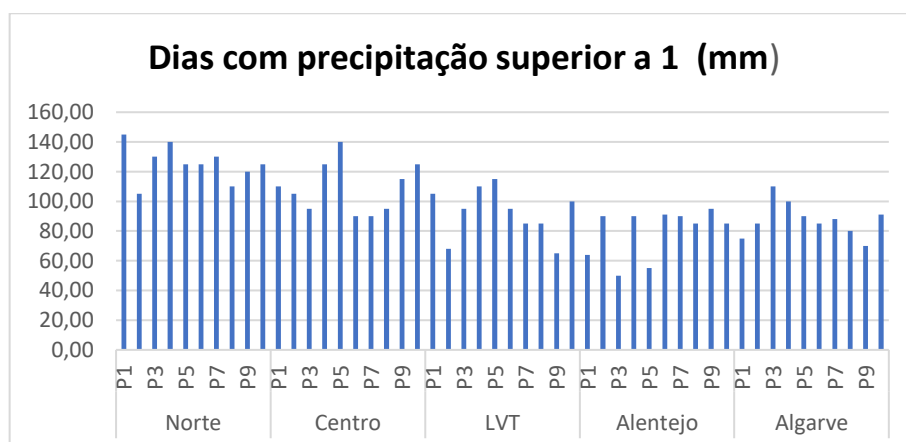


Figura 25: N° dias com precipitação superior a 1 (mm) na área das Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020)

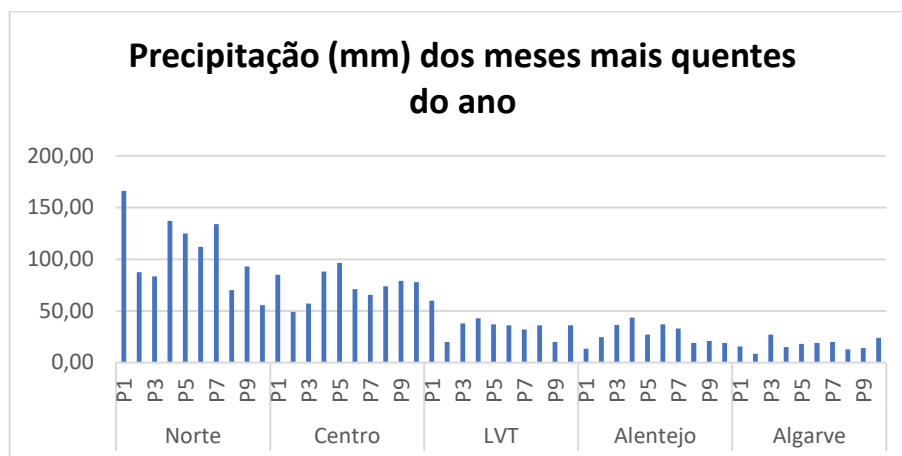


Figura 26: Precipitação (mm) dos meses mais quentes (Junho, Julho e Agosto) (Raiz, 2020)

3.1.4 Caracterização dos Solos das Parcelas de Amostragem

As informações da profundidade (Figura 27) e pedregosidade (porcentagem de pedregosidade) (Figura 28) dos solos de cada parcela de amostragem, são da base de dados do Instituto de Investigação da Floresta e Papel – Raiz.

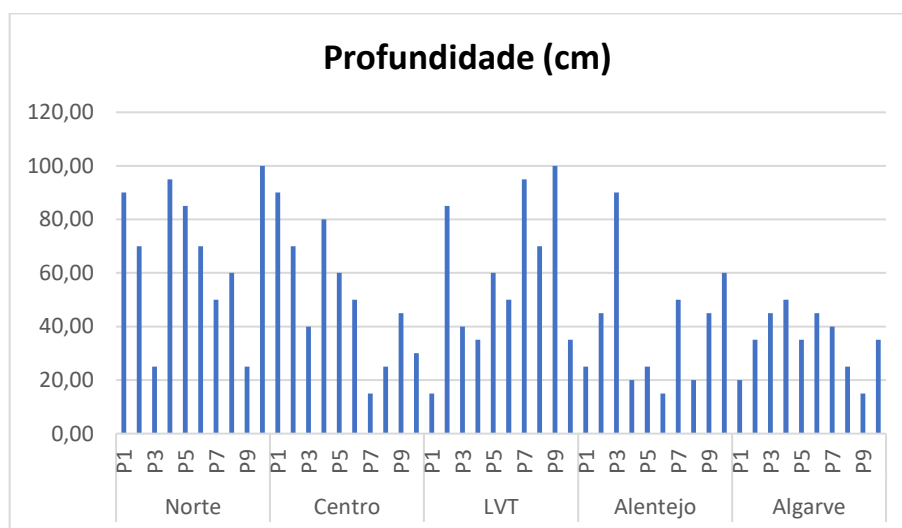


Figura 27: Profundidade (cm) dos solos na área das Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020)

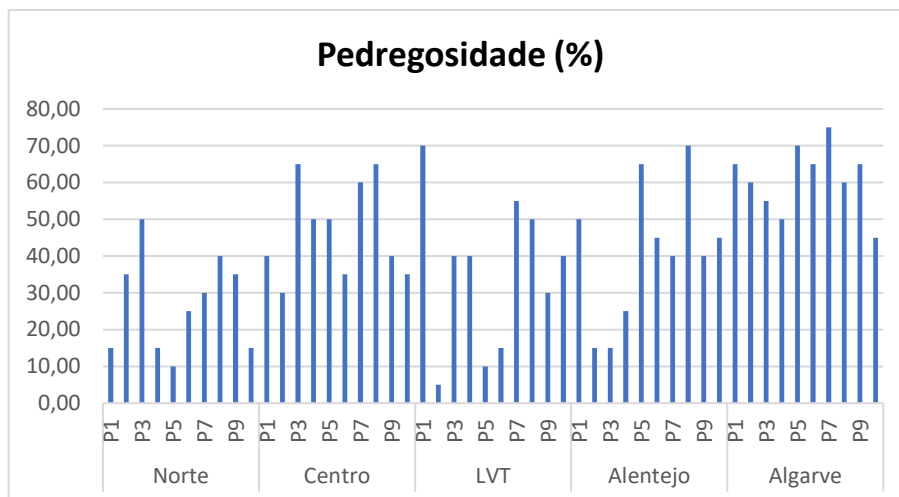


Figura 28: Pedregosidade (%) dos solos na área das Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020)

3.1.5 Inventário Florestal das Parcelas de Amostragem

As informações do inventário florestal das parcelas de amostragem (Figuras 29, 30, 32, 34, 35 e 36), foram obtidas através do banco de dados do Instituto de Investigação da Floresta e Papel – Raiz e através do Inventário Florestal Nacional – IFN (ICNF, 2020).

Por se tratar de informações internas do Instituto de Investigação da Floresta e Papel - Raiz, algumas informações não estão no presente estudo, como por exemplo: a equação e o fator de correção de forma utilizados no tratamento dos dados do inventário florestal.

De acordo com Husch et al. (2003), o inventário florestal é um procedimento para obter informações da quantidade e qualidade dos povoamentos florestais e de suas características das áreas sobre quais os povoamentos estão a crescer.

Através do inventário florestal, pode obter-se informações de:

- Idade dos Povoamentos florestais (anos);
- Nº de rotação dos Povoamento florestais;
- Altura (mínima, média e dominante) dos Povoamento florestais (m);
- DAP (cm ou m) – Diâmetro à Altura do Peito (1,30 m);
- Volume (m³ ha⁻¹) dos Povamentos florestais;
- AMA – Acréscimo Médio Anual (m³ ha⁻¹ ano⁻¹).

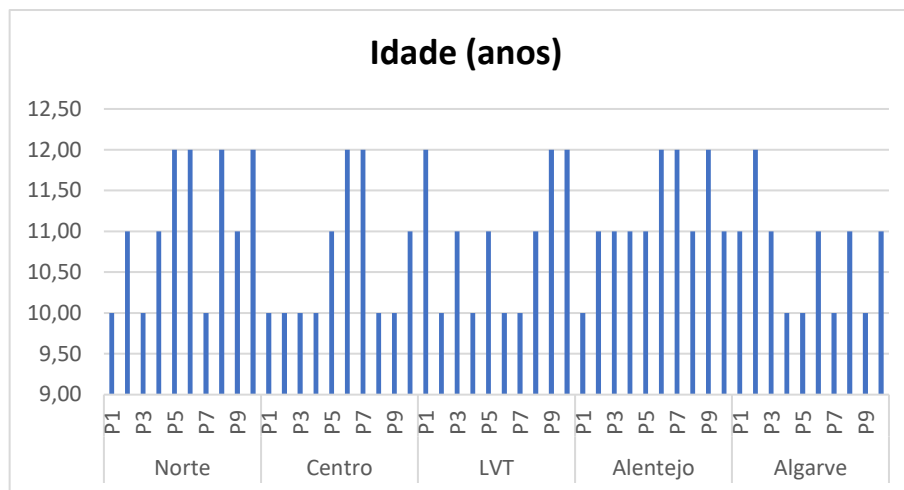


Figura 29: Idade (anos) dos Povoamentos de Eucalipto nas Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020; ICNF, 2020)

O número de rotação do povoamento serve para designar qual a idade os povoamentos da mesma idade são colhidos, ou seja, compreendendo que vai da plantação até o corte da floresta (Silva & Soares, 2006).

Devido aos aspectos edafoclimáticos em Portugal, a rotação dos povoamentos de eucaliptos é de 12 anos (os cortes são de 12 em 12 anos), ou seja, é o período que vai da plantação até o corte dos povoamentos.

A Figura 30, indica a rotação dos povoamentos nas parcelas de amostragem, ou seja, há povoamentos em 1ª rotação e há povoamentos em 2ª rotação.

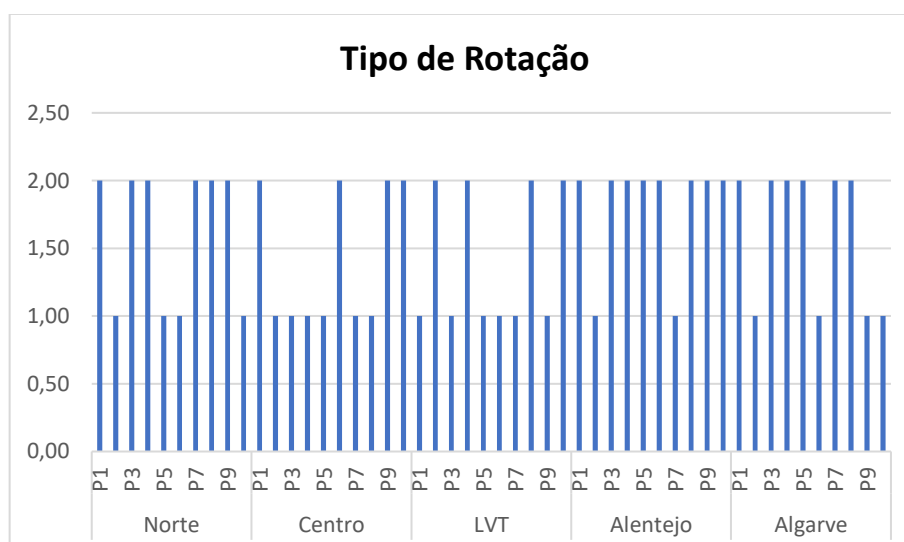


Figura 30: Tipo de Rotação dos Povoamentos de Eucalipto das Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020; ICNF, 2020)

A altura (m) é outra característica importante no inventário florestal, é obtida por medição ou estimação das árvores. Ela serve para calcular o volume de árvores individuais e, em conexão com a idade, determina a qualidade do local dos povoamentos, denominado como Site Index (Finger, 1992).

A Figura 31 representa as ilustrações dos tipos de altura que são obtidas no inventário florestal e posteriormente as definições de cada uma.

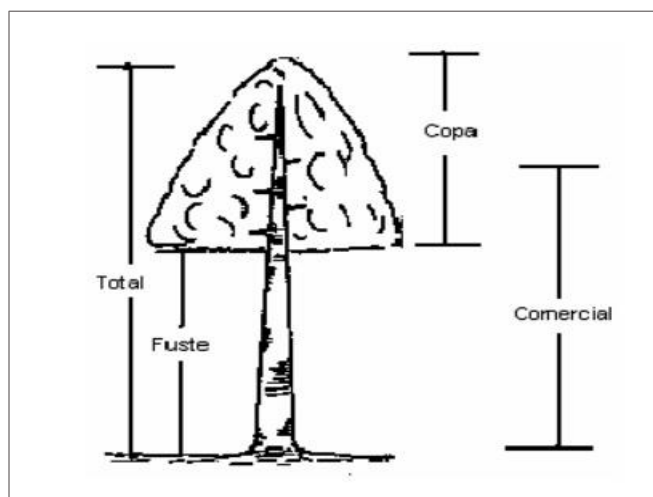


Figura 31: Ilustração de diferentes alturas (m) das árvores. Adaptado de Finger (1992)

- Altura total: é a distância entre o solo e o final da copa da árvore;
- Altura da copa: é a distância entre o início e o final da copa da árvore;
- Altura comercial: é a distância entre algum ponto na parte inferior do fuste e um diâmetro comercial, definido por determinado uso;
- Altura do fuste: é a distância entre o solo e o começo da copa da árvore.

Na Figura 32, mostram-se as alturas totais médias dos povoamentos existentes nas parcelas de amostragem utilizadas no presente estudo.

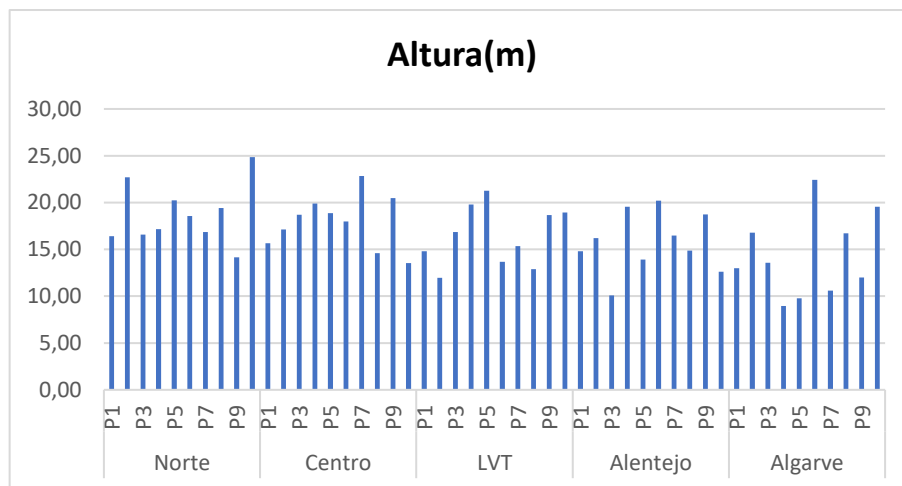


Figura 32: Altura (m) média dos Povoamentos de Eucalipto das Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020; ICNF, 2020)

De acordo com Husch et al., (2003), o DAP (diâmetro da altura do peito) é o elemento importantíssimo na medição de uma árvore, pois fornece a base para muitos outros cálculos no inventário dos povoamentos florestais.

Na Figura 33, mostram-se os valores utilizados dos DAP's (cm) médios dos povoamentos de eucalipto das parcelas de amostragem.

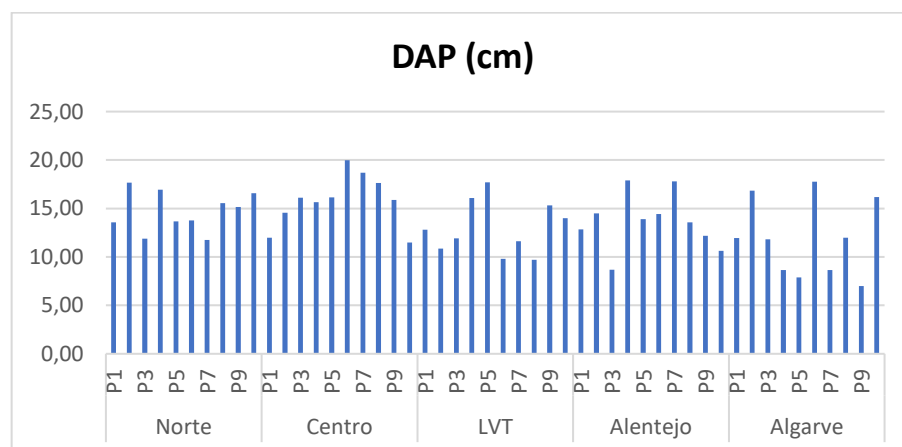


Figura 33: Diâmetro à altura do peito médio (DAP, cm) dos Povoamentos de Eucalipto das Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020; ICNF, 2020)

A Figura 34 mostra os volumes ($m^3 ha^{-1}$) dos povoamentos de eucalipto das parcelas de amostragem que foram utilizados no presente estudo.

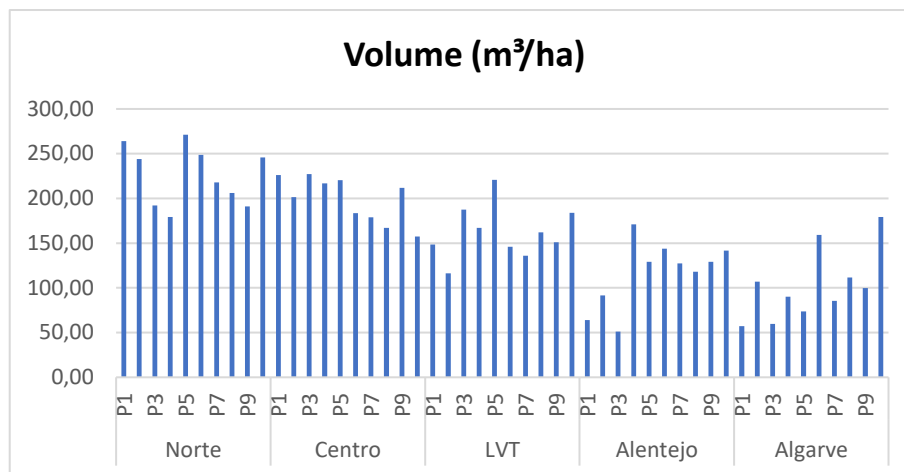


Figura 34: Volume (m³/ha) dos Povoamentos de Eucalipto das Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020; ICNF, 2020)

Segundo Soares et al. (2007), a produtividade dos povoamentos florestais é a produção de biomassa por unidade de área e por unidade de tempo ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ou $\text{kg m}^{-2} \text{ano}^{-1}$). A produtividade dos povoamentos também pode ser quantificada em unidades de volume de madeira, por exemplo em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, designando-se esta medida da produtividade por acréscimo médio anual (AMA).

Na Figura 35 mostram-se os valores utilizados do AMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) dos respectivos povoamentos de eucalipto localizados nas parcelas de amostragem de cada zona de Portugal Continental.

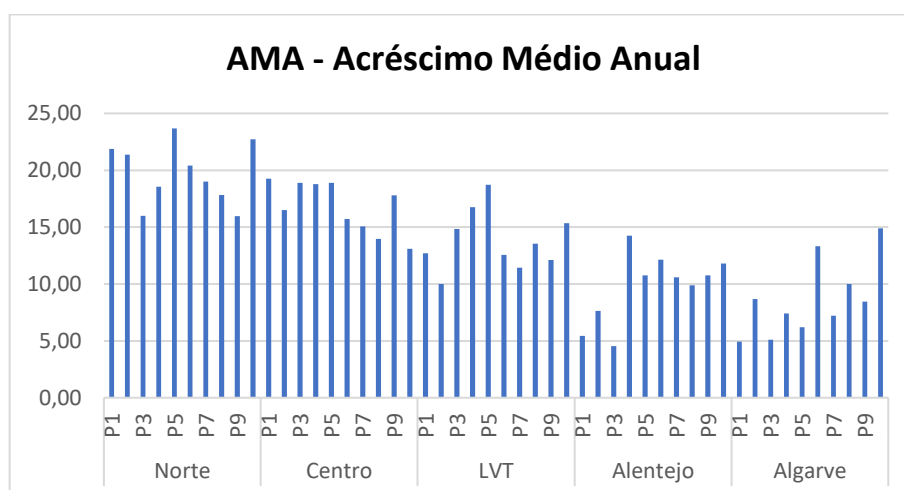


Figura 35: Acréscimo Médio Anual (AMA, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) dos Povoamentos de eucalipto das Parcelas de Amostragem (Raiz, 2020; ICNF, 2020)

3.2 Material Utilizado no Estudo

Para obtenção, organização e análise dos dados do presente estudo, foram utilizados os softwares Microsoft Excel e o Software QGIS 3.4.9.

O QGIS é um software livre e aberto, com multifuncionalidade de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição, análise de dados georreferenciados e elaboração e edição de mapas (QGIS, 2020).

Já em relação aos tratamentos e análises estatística dos dados, foram utilizados os softwares Sisvar e Software R.

De acordo com Ferreira (2014), O Sisvar é um programa de análise estatístico e planeamento de experimentos, com amplo uso pela comunidade científica.

O Software R, é um sistema de computação científica e estatístico, programável e que permite o tratamento de vários tipos de dados e que contém um conjunto de ferramentas que permitem o armazenamento, procedimento, cálculo, análise e visualização de dados (Rocha & Ferreira, 2017).

Foi ainda utilizado o simulador de crescimento e produção de povoamento de eucalipto denominado “WebGlobulus”, que será descrito posteriormente.

3.3 Simulador WebGlobulus

3.3.1 WebGlobulus

O simulador WebGlobulus é uma implementação na web do modelo Globulus (v 2.1 e v 3.0), um modelo de crescimento e produção empírico para eucalipto em Portugal ao nível do povoamento. De acordo com Tomé et al. (2006), o WebGlobulus pode parametrizar com informações edafoclimáticos em função da localização dos povoamentos.

Segundo Tomé et al. (2006), o WebGlobulus permite associar aos povoamentos um conjunto de variáveis climáticas que expressam as diferenças no seu crescimento a partir de coordenadas militares. As coordenadas permitem a localização num sistema de informação geográfica e associar uma série de variáveis:

- Altimetria
- Número de dias de geada
- Número de meses de geada no ano agrícola (Outubro e Setembro)
- Humidade do ar

- Insolação (horas)
- Radiação solar (Kcal cm^{-2})
- Temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$)
- Dias de precipitação superior a 0,1(mm)
- Escoamento (mm)
- Evapotranspiração (mm)
- Precipitação total (mm)
- Tipo de Verão
- Tipo de Inverno

3.3.2 Produtividade Florestal através do WebGlobulus

Como foi mencionado anteriormente, o WebGlobulus está associado com as variáveis edafoclimáticas e simultaneamente conectado com o sistema de informação geográfica. Sendo assim, é possível obter as informações de simulação de produtividade dos povoamentos de eucalipto, das mesmas parcelas de amostragem do presente estudo que estão localizadas em cada zona do território continental (Figura 39).

A Figura 36 traduz um exemplo de localização de uma das parcelas de amostragem do estudo (círculo vermelho) e no interior da parcela, estão 3 pontos vermelhos. Esses 3 pontos vermelhos, são parcelas de inventário florestal, ou seja, com informações de DAP (cm), altura (m), volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e principalmente do AMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) da respectiva parcela de amostragem. Para a manipulação e obtenção dessas informações foi utilizado o software QGIS.

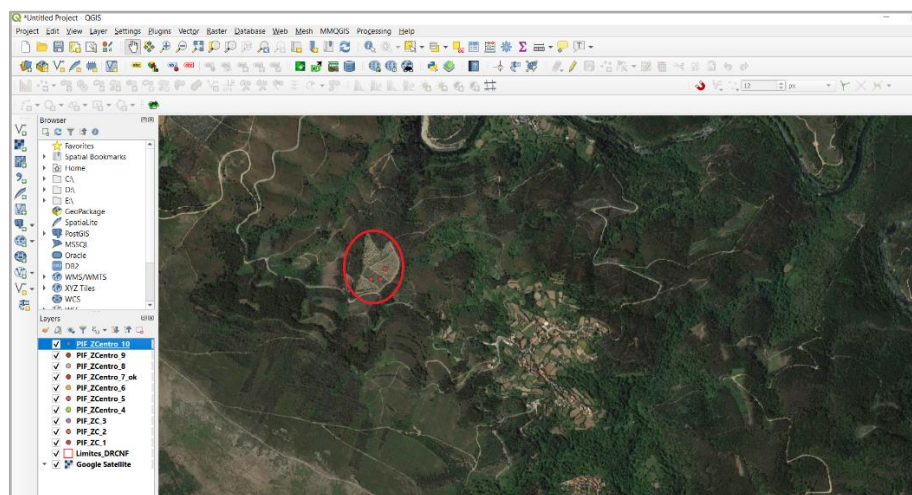


Figura 36: Localização e obtenção das informações das parcelas de Amostragem

Na Figura 37 é possível verificar a interface do WebGlobus e, consequentemente, através do mapa disponível dentro do simulador, há possibilidade de simular a produtividade da mesma parcela de amostragem mencionada anteriormente, ou seja, há viabilidade de obter a informação do AMA (Acréscimo Médio Anual) de cada parcela de amostragem utilizada no presente estudo.

Para obter a informação do AMA ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$), é preciso inserir algumas informações dentro do simulador, tais como:

- Escolher no mapa o local desejado para obter as informações de produtividade;
- Número de anos que deseja simular;
- Classificar o povoamento em plantação (plântio) ou talhadia (condução);
- Se for talhadia (condução), introduzir a taxa de sobrevivência do povoamento;
- A densidade do povoamento;
- Diâmetro de desponta > 5 cm;
- De acordo com a localização em que se pretende obter a produtividade, o simulador dá opção de escolher a qualidade do sítio (Site Index), ou seja, mínima, média (recomendável) e máxima.
- Após essas informações introduzidas, pode avançar para a simulação e obter a produtividade da localização desejada.

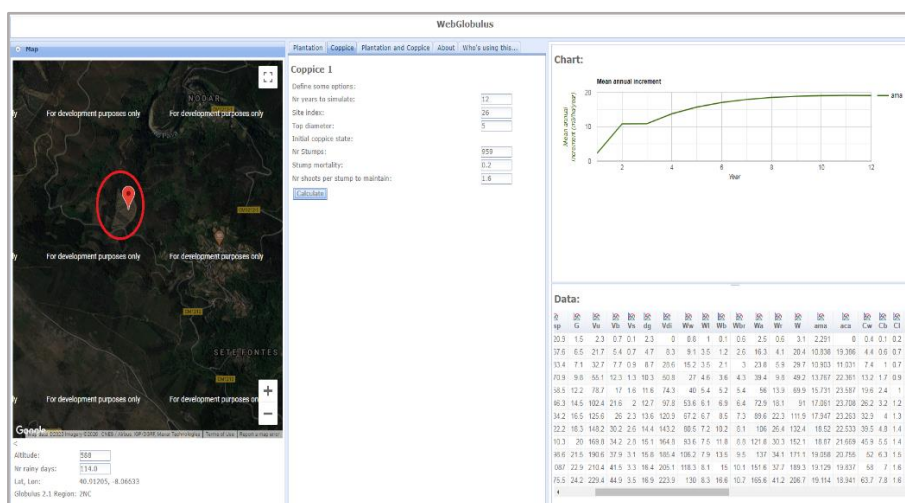


Figura 37: Interface do WebGlobus (Tomé et al., 2006)

Na Figura 38 encontra-se os valores do AMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) mínimo, do AMA Médio ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e do AMA Máximo ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), dos povoamentos de eucaliptos das parcelas de amostragem, através do simulador de crescimento e produção denominado WebGlobulus.

Esses valores estão diretamente conectados com os valores do Site Index, ou seja, o índice de qualidade das parcelas, sítio ou localização dos povoamentos.

Para determinar o Site Index, é considerado a altura (m) média das 100 árvores de maior diâmetro por hectare. É geralmente expresso como uma altura (m) a uma idade de referência.

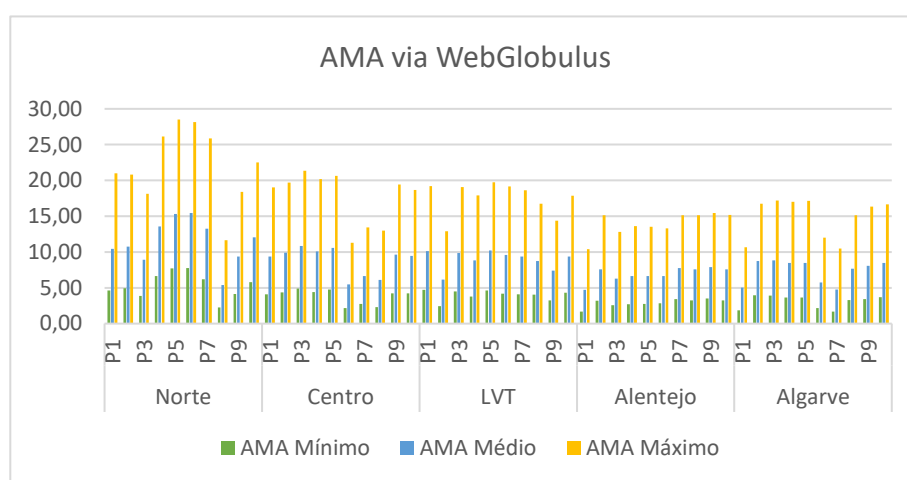


Figura 38: Simulação de Produtividade (Acréscimo médio anual, AMA) dos povoamentos das parcelas de amostragem através do WebGlobulus

Logo abaixo encontra-se o índice de qualidade (Site Index) das parcelas de amostragem de cada zona do território continental, através do simulador de crescimento e produção denominado WebGlobus (Figura 39).

De acordo com Skovsgaard & Vanclay (2008), o Site Index é a combinação de características particulares de clima, topografia e de solo, para qualificar o potencial de produtividade dos povoamentos florestais.

Com base na informação mencionado anteriormente, Site Index são os aspectos e ou efeitos edafoclimáticos que possam interferir diretamente na produtividade dos povoamentos florestais.

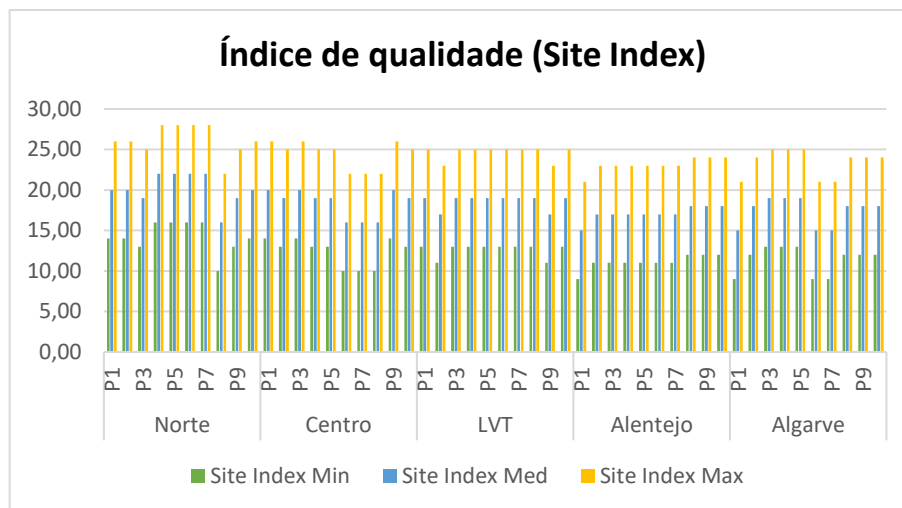


Figura 39: Site Index das parcelas de amostragem através do WebGlobulus

3.4 Análise Estatística

Segundo Montgomery & Runger (2003), na análise de qualquer experimento, a realização de testes de hipótese é fundamental para a tomada de decisão acerca de aceitação ou rejeição de alguma hipótese experimental. A maioria dos testes considera 5% de probabilidade para a região crítica, sendo esse valor conhecido como nível de significância do teste (α). Para esse nível de significância, valores de $p < 0,05$ conduzem à rejeição da hipótese nula H_0 , sendo p a probabilidade de encontrar um valor da estatística de teste tão ou mais extremo no sentido definido pela hipótese alternativa (H_1), numa determinada amostra representativa da população, sob validade de H_0 nessa população.

De acordo com a Tabela 2, segue a interpretação dos valores de p , ou seja, o valor de p .

Tabela 2: Interpretação de p-value (Montgomery & Runger, 2003)

Não significativo-ns	Significativo*	Muito significativo**	Altamente significativo***
$P > 0,05$	$p \leq 0,05$	$p \leq 0,01$	$p \leq 0,001$

Na análise estatística foram utilizados os testes de Kruskal – Wallis (KW) procedimento por vezes também referido como ANOVA não paramétrica e Scott-Knott para comparação de múltiplas médias.

O teste de Kruskal-Wallis (KW), é um teste não paramétrico utilizado para comparar três ou mais populações. Ele é usado para testar a hipótese nula de que todas as populações possuem funções de distribuição iguais contra a hipótese alternativa de que ao menos duas das populações possuem funções de distribuição diferentes (Souza et al., 2018).

Segundo Ramalho et al. (2000), o teste de Scott-Knott consiste em testar o quão significativo de que “n” tratamentos podem ser divididos em 2 grupos que, maximizem a soma de quadrados entre eles utilizando a razão de verossimilhança.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade Florestal Observada

Foram realizadas análises estatísticas para todas as variáveis que possam interferir na produtividade dos povoamentos de eucaliptos, em cada zona do território continental.

O objetivo dessa análise estatística é verificar se há diferenças nas variáveis entre as zonas do território continental, ou seja, analisar estatisticamente se todas as variáveis são semelhantes ou diferentes entre as zonas (Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo, Alentejo e Algarve) do País.

4.1.1 Caracterização das Parcelas de Amostragem

De acordo com a Tabela 3, a variável “Área (ha)” não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre as zonas do território continental ($p > 0.05$). Já a variável “Altitude (m)”, obteve um resultado estatisticamente significativo (Tabela 3).

Tabela 3: Teste de comparação não paramétrico para Área (ha) e Altitude (m)

Teste Kruskal - Wallis		
Comparação	p-value	Interpretação
Zona x Área (ha)	0,8752	$p > 0.05$
Zona x Altitude (m)	0,00189	***

4.1.1.1 Área dos Povoamentos

O teste de Scott Knott na Tabela 4 mostra o valor médio da variável “Área (ha)” nas várias regiões e que esse valor não apresenta diferenças estatísticas significativas.

Tabela 4: Teste Scott Knott para Área (ha)

Variável analisada: Área (ha)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Algarve	2.671000	a1
Centro	2.708000	a1
Alentejo	2.713000	a1
Norte	2.830000	a1
LVT	2.895000	a1

Na Figura 40, podemos ver que não há uma relação aparente entre a área (ha) das parcelas e os valores de AMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) do inventário florestal.

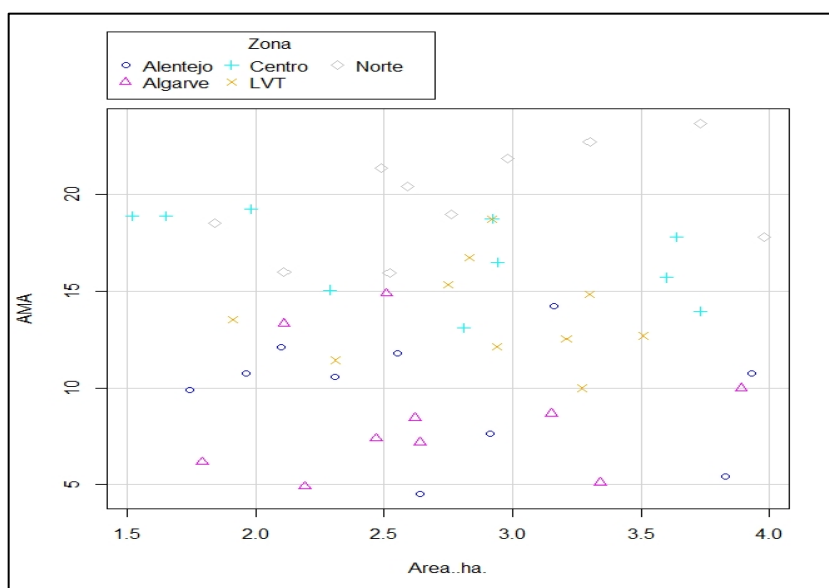


Figura 40: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) x Área (ha)

4.1.1.2 Altitude dos Povoamentos

Para a variável Altitude (m), após verificar uma diferença altamente significativa entre as zonas do território continental, foi realizado o teste de Scott Knott. De acordo com a Tabela 5, há 2 grupos distintos em relação à altitude (m) ao nível das parcelas selecionadas neste estudo. No primeiro grupo (a1) estão as zonas do Algarve e Lisboa e Vale do Tejo e no segundo grupo (a2) estão as zonas Norte, Centro e Alentejo.

Tabela 5: Teste Scott Knott para Altitude (m)

Variável analisada: Altitude (m)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
LVT	110.700000	a1
Algarve	180.100000	a1
Alentejo	253.600000	a2
Norte	283.700000	a2
Centro	382.100000	a2

De acordo com a Figura 41, podemos observar que a maioria dos valores do AMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) estão concentrados entre as altitudes de 50 até 300 metros. Por outro lado, podemos ver que entre as altitudes de 300 até 700 metros os valores de AMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) são maioritariamente médios a elevados.

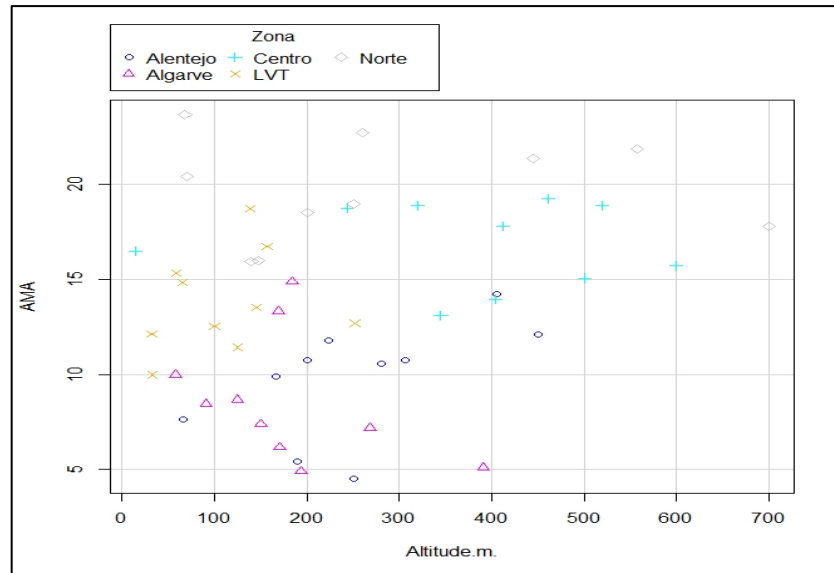


Figura 41: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) x Altitude (m)

A altitude (m) e a topografia do terreno são responsáveis pela concentração de massas de ar com baixas temperaturas, provocadas por correntes de ar frio nos vales e depressões, formando os “corredores” de geadas e ventos fortes. (Wrege et al., 2014).

É recomendável realizar plantação de eucalipto até os 700 metros de altitudes, ou seja, para que a produtividade dos povoamentos não seja prejudicada ou até mesmo ocorrer a mortalidade por geada e ventos fortes.

De acordo com Mantovani & Fritzsons (2010), áreas com incidência de ventos com forma efetiva e constante também constitui problemas para o sucesso nos povoamentos de eucalipto devido à possibilidade de quebra de galhos e ruptura dos ponteiros e consequentemente a proliferação de pragas e doenças.

Por outra vertente, o relevo regula os movimentos da água, tanto na superfície como no interior do solo, que age no regime hídrico e, consequentemente, sobre os fenômenos de percolação interna e outras ações (Flores et al., 2009).

Segundo Flores et al. (2009), quanto mais íngreme for o terreno, menor a possibilidade de infiltração da água no solo e solos situados em relevo íngreme geralmente são menos profundos e apresentam menor capacidade de retenção de água.

Por isso que nos povoamentos de eucaliptos que estão localizados em altitudes até 700 metros ou até mesmo acima dos 700 metros e com alta declividade, é realizado a intervenção do terreno denominado de Patamares. Os Patamares têm um grande objetivo de romper a declividade do terreno, e conseqüentemente, o solo ganha profundidade e capacidade de retenção de água.

4.1.2 Condições Climáticas das Parcelas de Amostragem

4.1.2.1 Temperatura

Conforme a Tabela 6, podemos observar que todas as variáveis das condições climáticas, obtiveram um p-value abaixo de 0,05.

As condições climáticas terão certamente um papel importante nas características dos povoamentos em todo o território continental.

De um modo geral, o clima do tipo mediterrânico caracteriza-se pela concentração da precipitação na estação fria, a que se segue um período quente com reduzida precipitação. A evapotranspiração potencial é mais elevada do que a precipitação anual levando à escassez sazonal da água. À medida que se caminha do Norte, mais pluvioso, para o Sul, mais seco e quente, ou do Litoral para o Interior, as árvores são sucessivamente mais resistentes à seca e apresentam raízes mais profundas (Pereira et al., 2009).

Tabela 6: Teste não paramétrico para as Condições Climáticas

Teste Kruskal - Wallis		
Comparação	p-value	Interpretação
Zona x Temperatura Máxima (°C)	0,0007948	***
Zona x Temperatura Média (°C)	0,00008488	***
Zona x Temperatura Mínima (°C)	0,01812	**
Zona x Precipitação Total (mm)	0,000001234	***
Zona x Nº de Dias com Precipitação > 1(mm)	0,00001094	***
Zona x Precipitação Meses 6,7e 8 (mm)	0,000000411	***

De acordo com o teste Scott-Knott, podemos verificar que existem 3 grupos distintos em relação a variável Temperatura Máxima (°C). O primeiro grupo (a1) é

constituído pelas Zonas Norte e Centro, o segundo grupo (a2) pelas Zonas LVT e Algarve e no terceiro grupo (a3) encontra-se a Zona do Alentejo (Tabela 7).

Tabela 7: Teste Scott Knott para Temperatura Máxima (°C)

Variável analisada: Temperatura Máxima (°C)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Centro	27.900000	a1
Norte	28.100000	a1
Algarve	30.000000	a2
LVT	30.800000	a2
Alentejo	32.500000	a3

As Zonas Norte e Centro têm, relativamente às restantes Zonas, em média, menores temperaturas máximas (25-30 °C), estando, como se pode ver na Figura 42 associadas a maiores valores de AMA (13-24 m³ ha⁻¹ ano⁻¹)

A Zona do Alentejo tem em média, as maiores temperaturas máximas (27-36 °C), associado aos menores valores de AMA (4-14 m³ ha⁻¹ ano⁻¹).

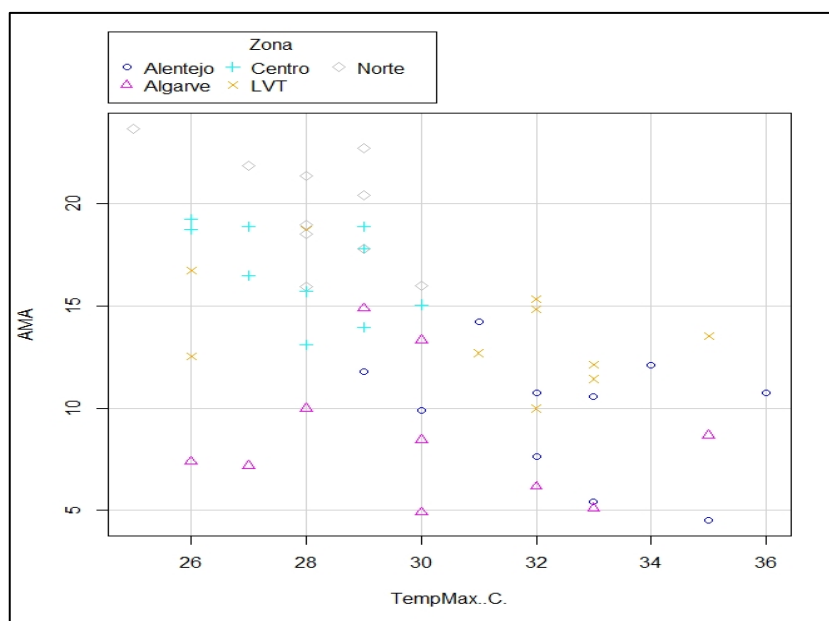


Figura 42: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, m³ ha⁻¹ ano⁻¹) x Temperatura Máxima (°C)

Já em relação à variável “Temperatura Média (°C)”, o teste Scott Knott apresentou 2 grupos distintos entre as zonas do território continental, as zonas Norte e Centro por um lado, e as Zonas LVT, Alentejo e Algarve, por outro (Tabela 8).

Tabela 8: Teste Scott Knott para Temperatura Média (°C)

Variável analisada: Temperatura Média (°C)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Norte	14.000000	a1
Centro	14.250000	a1
Algarve	15.650000	a2
Alentejo	16.450000	a2
LVT	16.600000	a2

Podemos observar que as maiores produtividades (AMA) dos povoamentos estão localizadas nas zonas com temperaturas médias no intervalo 12-16 °C, conforme a Figura 43.

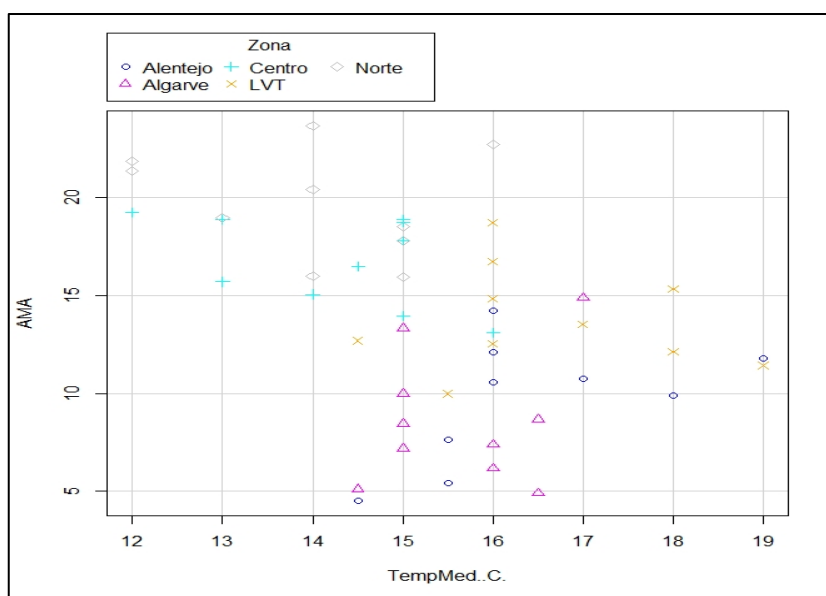


Figura 43: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) x Temperatura Média (°C)

A variável “Temperatura Mínima (°C)” obteve 2 grupos distintos, conforme o teste Scott Knott. O primeiro grupo é constituído pelas Zonas Norte e Centro e o segundo grupo é constituído pelas Zonas LVT, Alentejo e Algarve (Tabela 9).

Tabela 9: Teste Scott Knott para Temperatura Mínima (°C)

Variável analisada: Temperatura Mínima (°C)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Centro	3.000000	a1
Norte	3.900000	a1
Alentejo	5.000000	a2
LVT	5.100000	a2
Algarve	5.800000	a2

As Zonas Norte e Centro, apresentam os maiores valores de AMA (14-24 m³ ha⁻¹ ano⁻¹). Estas zonas apresentam em média os menores valores de temperatura mínima (1-7 °C) (Figura 44).

Essa associação de valores de AMA (m³ ha⁻¹ ano⁻¹) altos com valores de temperatura (°C) baixas, está diretamente ligada à altitude (m) das parcelas de amostragem de cada zona do território continental.

As parcelas das Zonas Norte e Centro, estão localizadas em altitudes (282-283 metros) maiores em relação às outras Zonas do País (110-253 metros). Dessa forma, as temperaturas (°C) (mínima, média e máxima) das Zonas Norte e Centro, em média são menores do que as Zonas LVT, Alentejo e Algarve.

As Zonas do Norte Litoral e Centro Litoral apresentam Invernos relativamente amenos e Verões frescos, características que são preferênciais por parte do eucalipto em Portugal.

Tabela 10: Teste Scott Knott para Precipitação Total (mm)

Variável analisada: Precipitação Total (mm)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Alentejo	735.000000	a1
Algarve	770.000000	a1
LVT	855.000000	a1
Centro	1270.000000	a2
Norte	1815.000000	a3

Na Figura 45, podemos observar uma notável associação entre AMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) e precipitação (mm) com uma tendência global de aumento do AMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) com os quantitativos de precipitação total anual (mm). A tendência é relativamente linear até aos 1500 mm com algum comportamento assintótico a partir de valores dessa ordem.

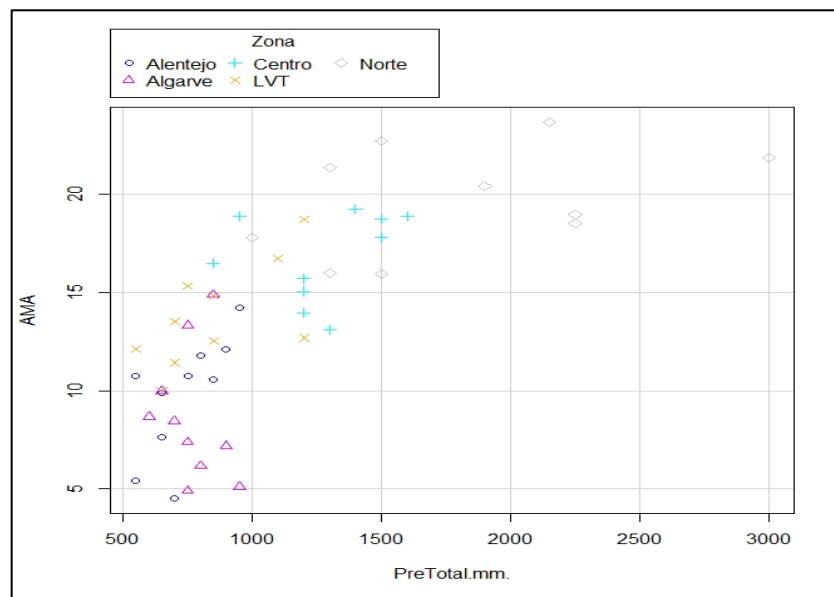


Figura 45: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) x Precipitação Total (mm)

Para a variável climática “Nº de Dias com Precipitação $> 1 \text{ mm}$ ”, podemos verificar que há diferença entre as zonas do território continental. De acordo com o teste de Scott Knott, há a existência de 3 grupos diferentes, ou seja, a Zona Norte está em um grupo completamente distintos das outras zonas. Por um lado, a Zona Centro também está num grupo diferente das outras zonas e as Zonas LVT, Alentejo e Algarve estão no

mesmo grupo, mas completamente diferente dos grupos da Zona Norte e Zona Centro (Tabela 11).

Tabela 11: Teste Scott Knott para N° de Dias com Precipitação > 1 (mm)

Variável analisada: N° de Dias com Precipitação > 1(mm)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Alentejo	79.500000	a1
Algarve	87.400000	a1
LVT	92.300000	a1
Centro	109.000000	a2
Norte	125.500000	a3

De acordo com o diagrama de dispersão, a Zona Norte tem em média, o maior número de dias (108-145) com precipitação acima de 1 mm e obtém os maiores valores de AMA (16-24 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) (Figura 46).

A Zona Centro é a segunda zona com o maior número de dias (90-140) com precipitação acima de 1 mm e é a segunda zona que obtém os maiores valores de AMA (13-19 m³ ha⁻¹ ano⁻¹).

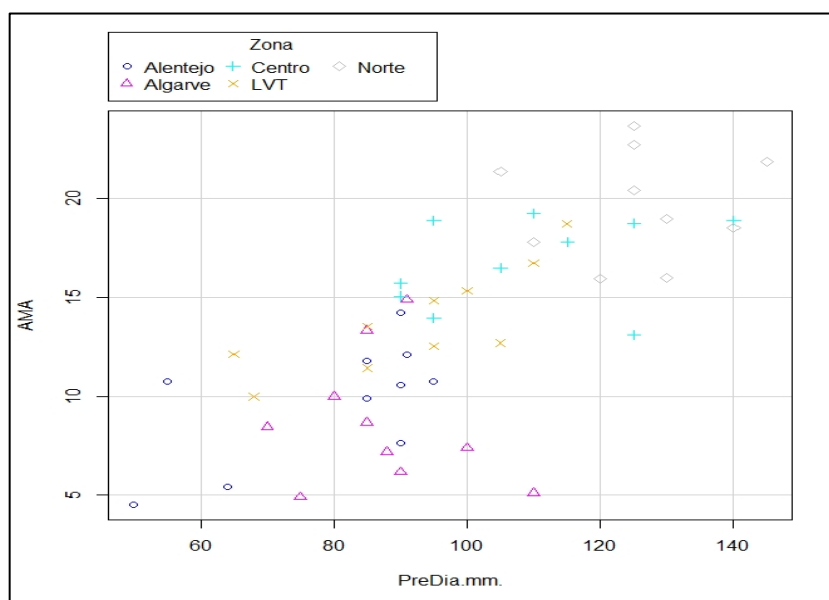


Figura 46: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, m³ ha⁻¹ ano⁻¹) x N° de Dias com Precipitação > 1 (mm)

A variável Precipitação (mm) dos Meses mais quentes do ano, encontra-se na mesma situação das variáveis Precipitação Anual (mm) e N° de Dias com Precipitação

acima de 1 mm. Conforme o teste de Scott Knott, há existência de 3 grupos distintos entre as zonas do País (Tabela 12).

Tabela 12: Teste Scott Knott para Precipitação (mm) para os meses mais quentes do ano

Variável analisada: Precipitação (mm) dos Meses mais quentes do ano		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Algarve	17.400000	a1
Alentejo	27.400000	a1
LVT	34.700000	a1
Centro	74.300000	a2
Norte	106.350000	a3

Por um lado, a Zona Norte apresenta os maiores valores de precipitação (60-180 mm) nos meses mais quentes do ano (junho, julho e agosto). Por outro lado, também é a zona que obtém os maiores valores de AMA (16-24 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) (Figura 47). As precipitações mais abundantes e frequentes na Zona Norte Litoral, juntamente com os regimes de temperatura atrás mencionados, proporcionam condições que potenciam a produtividade do eucalipto no território continental português.

Já na Zona Centro, corresponde com os valores de AMA (13-19 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) e com valores de precipitação de 49-99 mm, em relação aos meses mais quentes do ano. Dessa forma, é a segunda maior zona produtiva do território continental.

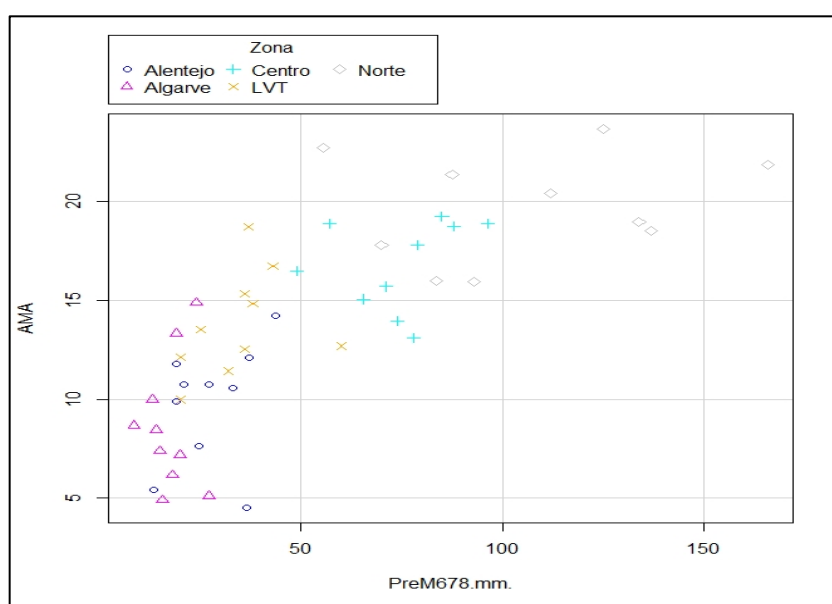


Figura 47: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, m³ ha⁻¹ ano⁻¹) x Precipitação dos meses mais quentes do ano

Segundo Souza et al. (2006), a relação entre a disponibilidade hídrica e a produtividade florestal estão diretamente ligados aos efeitos diretos e indiretos da deficiência de água no crescimento das árvores. A disponibilidade hídrica dos solos é influenciada pelas condições de temperatura e pela distribuição espaço-temporal das precipitações.

A precipitação é de facto importantíssima em todas as fases dos povoamentos de eucalipto, ou seja, do preparo do terreno até à exploração florestal. Entretanto, as condições de umidade relativa, evapotranspiração, número de dias sem chuva e ou até mesmo o excesso de água exercem forte influência sobre o crescimento das plantas, e consequentemente na produtividade florestal (Mantovani & Fritzsos, 2010).

4.1.3 Caracterização dos Solos das Parcelas de Amostragem

4.1.3.1 Pedregosidade do Solo

De acordo com o teste de Kruskal – Wallis, as duas variáveis de caracterização dos solos obtiveram p-value abaixo de 0,05 (Tabela 13).

A variável “Pedregosidade (%)” e a variável “Profundidade (cm)”, apresentam diferenças significativas entre as zonas do território continental.

Tabela 13: Teste não paramétrico para Caracterização dos Solos

Teste Kruskal - Wallis		
Comparação	p-value	Interpretação
Zona x Pedregosidade	0,0008	***
Zona x Profundidade	0,03	*

Após o teste não paramétrico (Kruskal – Wallis), foi realizado o teste de Scott Knott para a duas variáveis, ou seja, para pedregosidade e profundidade do solo (Tabela 14 e 15).

De acordo com a Tabela 14, pode-se identificar 3 grupos distintos em relação à pedregosidade entre as 5 zonas do território continental. Dessa forma, a zona Centro, LVT e a zona do Alentejo estão no mesmo grupo (a2). Por um lado, a zona Norte encontra-se em um grupo distinto (a1) e a zona do Algarve encontra-se em outro grupo diferente (a3) das demias zonas, conforme o teste de Scott Knott.

Tabela 14: Teste Scott Knott para Pedregosidade (%)

Variável analisada: Pedregosidade (%)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Norte	27.000000	a1
LVT	35.500000	a2
Alentejo	41.000000	a2
Centro	47.000000	a2
Algarve	61.000000	a3

No diagrama de dispersão, pode-se observar que a produtividade (AMA) dos povoamentos está diretamente ligada com a porcentagem de pedregosidade no solo.

Os povoamentos mais produtivos (16-24 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), tem uma porcentagem de pedregosidade menor (10-40%) (Figura 48).

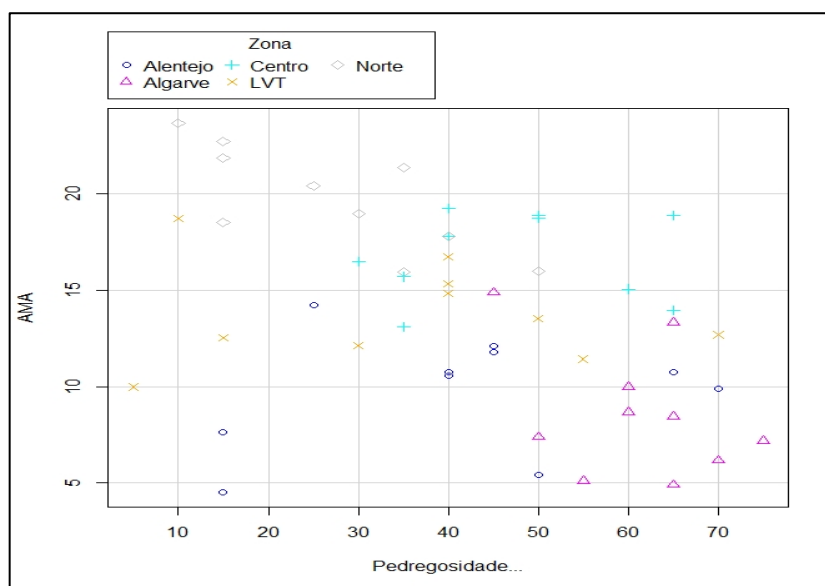


Figura 48: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, m³ ha⁻¹ ano⁻¹) x Pedregosidade (%)

4.1.3.2 Profundidade do Solo

Pode-se observar na Tabela 15, que há existência de 2 grupos distintos em relação à profundidade do solo (cm), conforme o teste de Scott Knott.

Portanto, as zonas Norte, Centro e LVT pertencem ao mesmo grupo, por outro lado, as zonas Algarve e Alentejo estão em outro grupo diferente.

Tabela 15: Teste Scott Knott para Profundidade (cm)

Variável analisada: Profundidade (cm)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Algarve	34.500000	a1
Alentejo	39.500000	a1
Centro	50.500000	a2
LVT	58.500000	a2
Norte	67.000000	a2

Observando o diagrama de dispersão, pode-se verificar que as maiores produtividades (AMA) dos povoamentos estão diretamente em conexão com as maiores profundidades dos solos (Figura 49).

Portanto, pode-se observar que as maiores produtividades ($17-27 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) dos povoamentos estão enquadradas entre 60 até 100 cm de profundidade, conforme o diagrama de dispersão.

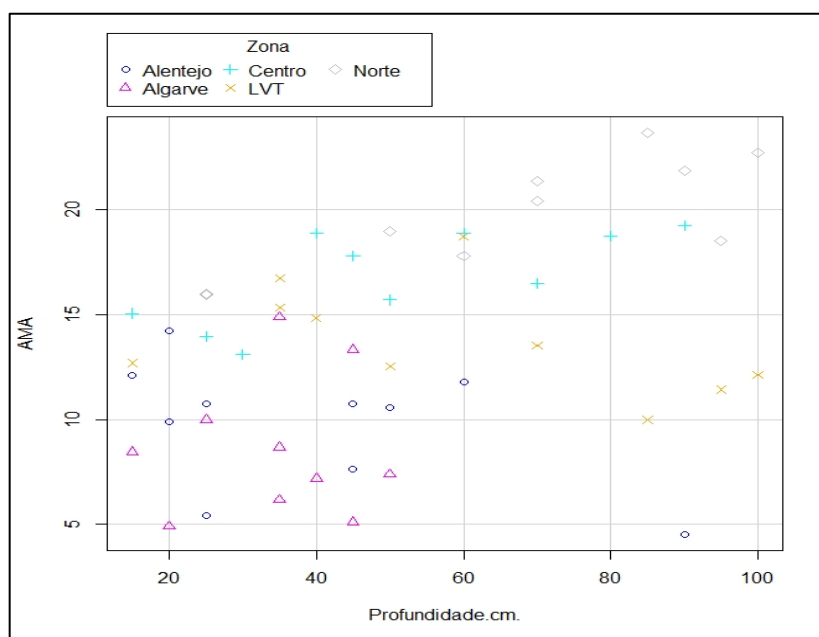


Figura 49: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) x Profundidade (cm)

Conforme Wrege et al. (2014), é do senso comum que os povoamentos de eucalipto não desenvolvem e ou a sua produtividade é bem abaixo do esperado em solos rasos, com formação de camadas superficiais compactadas, em solos com alta porcentagem de pedregosidade ou com afloramentos rochosos e naqueles solos sujeitos

a encharcamentos. Segundo os mesmos autores, os fatores como características físico-químicas do solo também exercem grande influência na produtividade dos povoamentos de eucalipto.

A distribuição da precipitação em Portugal está também consideravelmente relacionada com os teores de matéria orgânica nos solos. Solos com mais matéria orgânica são mais férteis e isso reflete-se na produtividade dos povoamentos. A matéria orgânica é a principal fonte de ozoto, é importante na agregação do solo, na fertilidade do solo e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Portanto, as maiores produtividades dos povoamentos de eucalipto estão relacionadas nas zonas com os solos mais profundos (de 40 cm até 100 cm) e com menor percentagem de pedregosidade (10% até 40%) e geralmente com maiores teores de matéria orgânica.

4.1.4 Inventário Florestal das Parcelas de Amostragem

O inventário florestal é uma das principais informações e ferramentas para a gestão florestal, sendo um procedimento de coleta, tratamento e análise dos dados que procura fornecer as características volumétricas dos povoamentos de eucalipto (RAIZ, 2020).

Na Tabela 16, podemos observar os resultados do teste de Kruskal – Wallis para todas as variáveis do inventário florestal, referente aos povoamentos nas parcelas de amostragem.

Por um lado, as variáveis DAP (cm), Idade (anos) e Rotação não apresentaram diferenças significativas entre as zonas do território continental ($p > 0,05$), por outro lado, as variáveis Altura média (m), Volume (m^3/ha) e AMA ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$), apresentaram diferenças significativas entre as zonas.

Tabela 16: Teste não paramétrico para Inventário Florestal

Teste Kruskal - Wallis		
Comparação	p-value	Interpretação
Zona x Altura (m)	0,0011819	***
Zona x DAP (cm)	0,1027	$p > 0.05$
Zona x Volume (m^3)	0,000000551	***
Zona x AMA ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$)	0,000003133	***
Zona x Idade (anos)	0,3639	$p > 0.05$
Zona x Rotação	0,348	$p > 0.05$

4.1.4.1 Altura dos Povoamentos

Para o presente estudo, foram utilizadas as alturas médias (m) dos povoamentos de eucalipto localizados nas parcelas de amostragem.

De acordo com o teste Scott Knott, há existência de 2 grupos distintos para variável Altura médias (m) dos povoamentos (Tabela 17).

As Zonas Norte e Centro estão em um grupo (a2), já referente às Zonas LVT, Alentejo e Algarve estão no mesmo grupo (a1), mas completamente diferente das Zonas Norte e Centro.

Tabela 17: Teste Scott Knott para Altura média (m)

Variável analisada: Altura média (m)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Algarve	14.329000	a1
Alentejo	15.747000	a1
LVT	16.420000	a1
Centro	17.966000	a2
Norte	18.688000	a2

Na Figura 50, podemos observar que os povoamentos com os valores entre 15-24 ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), são respectivamente os povoamentos com as maiores produtividades (AMA). Por outro lado, são os povoamentos que obtêm os maiores valores de altura médias (15-25 metros).

Portanto, as zonas com as maiores produtividades estão associadas a povoamentos com alturas médias (m) mais elevadas, o Norte e o Centro, respectivamente. De resto, o crescimento em altura das árvores de maior diâmetro é amplamente usado como indicador da qualidade da estação florestal.

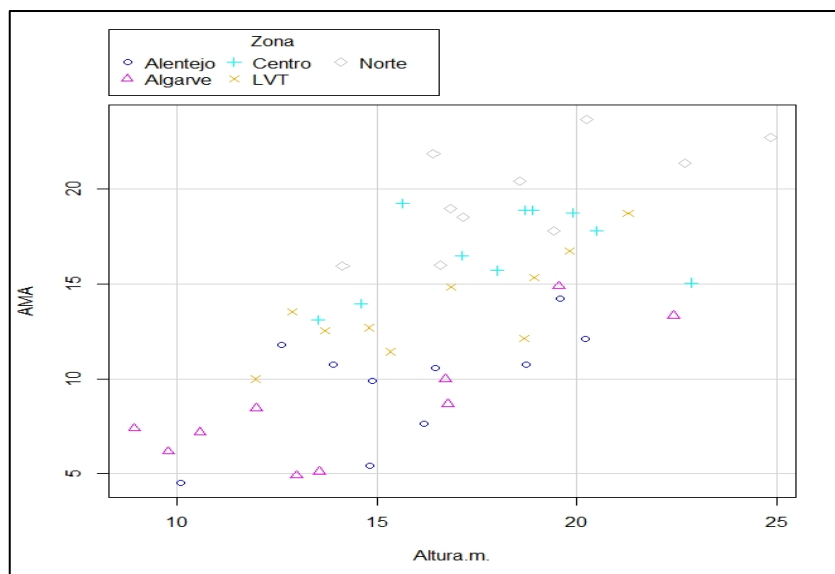


Figura 50: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) x Altura médias das árvores (m)

4.1.4.2 Diâmetro da altura do peito dos Povoamentos

Foram utilizados os DAP's (Diâmetro da Altura do Peito) médios (cm) dos povoamentos nas parcelas de amostragem do presente estudo.

Na Tabela 18, podemos observar que não há grupos diferentes entre as 5 zonas do território continental, conforme o teste de Scott Knott.

Tabela 18: Teste Scott Knott para Diâmetro da Altura do Peito (Dap)

Variável analisada: DAP médio (cm)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Algarve	11.867000	a1
LVT	12.981000	a1
Alentejo	13.645000	a1
Norte	14.656000	a1
Centro	15.815000	a1

4.1.4.3 Volume dos Povoamentos ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)

Conforme a Tabela 19, podemos observar que há existência de 3 grupos diferentes entre as zonas de Portugal Continental, conforme o teste Scott Knott.

Portanto, em média, as zonas Norte e Centro estão em um grupo diferente (a3). As zonas Alentejo e Algarve estão em outro grupo distinto (a1) e a zona LVT encontra-se em outro grupo completamente diferente (a2).

Tabela 19: Teste Scott Knott para Volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)

Variável analisada: Volume (m^3/ha)		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Algarve	102.212000	a1
Alentejo	116.643000	a1
LVT	161.905000	a2
Centro	199.017000	a3
Norte	225.997000	a3

De acordo com a Figura 51, podemos observar no diagrama de dispersão, que os povoamentos com maiores valores em volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), estão naturalmente associados a maiores produtividades em volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

Podemos constatar que, as zonas Norte e Centro apresentam maiores valores em volume ($160\text{-}270 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e são as zonas com as maiores produtividades ($13\text{-}24 \text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$). Entretanto, a zona Norte tem os maiores valores em volume ($180\text{-}270 \text{m}^3/\text{ha}$) e os maiores valores de AMA ($16\text{-}24 \text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), em relação aos valores da zona Centro, ($160\text{-}230 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e ($13\text{-}19 \text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), respectivamente.

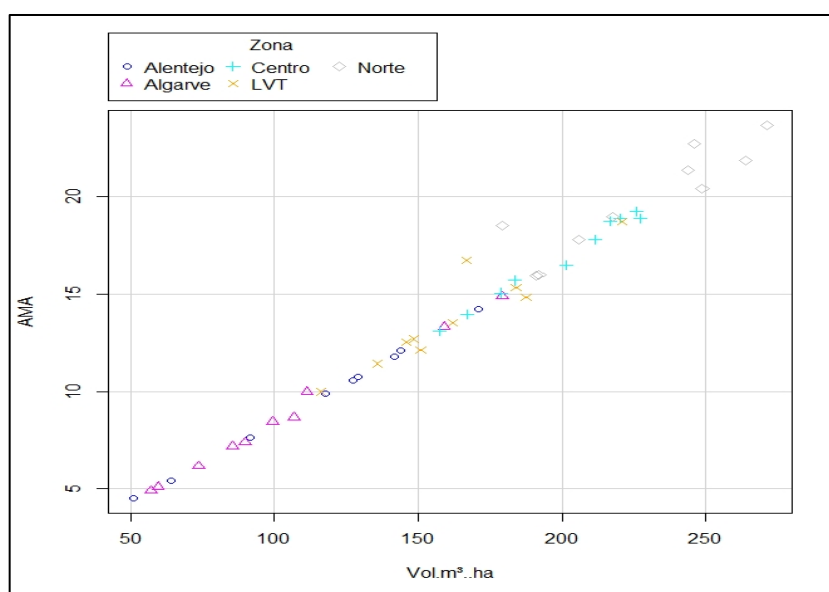


Figura 51: Diagrama de dispersão para AMA (Acréscimo Médio Anual, $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) x Volume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)

4.1.4.4 Acréscimo Médio Anual (AMA)

A variável apresentou diferenças significativas entre todas as zonas, de acordo com o teste Scott Knott.

Portanto, a zona do Algarve e do Alentejo estão no mesmo grupo (a1) e a zona do LVT encontra-se em outro grupo diferente (a2). Por um lado, a zona Centro está em outro grupo (a3) e por outro lado, a zona Norte encontra-se em outro grupo distinto (a4) das demais zonas do País (Tabela 20).

Tabela 20: Teste Scott Knott para AMA

Variável analisada: AMA		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Algarve	8.618000	a1
Alentejo	9.779000	a1
LVT	13.803000	a2
Centro	16.796000	a3
Norte	19.733000	a4

4.1.4.5 Tipo de Rotação e Idade dos Povoamentos

As variáveis Idade e Rotação, não apresentaram diferenças significativas entre as zonas do território continental (Tabelas 21 e 22).

Tabela 21: Teste Scott Knott para Idade

Variável analisada: Idade		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Centro	10.600000	a1
Algarve	10.700000	a1
LVT	10.900000	a1
Norte	11.100000	a1
Alentejo	11.200000	a1

Tabela: 22: Teste Scott Knott para Rotação

Variável analisada: Rotação		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Centro	1.400000	a1
LVT	1.400000	a1
Norte	1.600000	a1
Algarve	1.600000	a1
Alentejo	1.800000	a1

4.2 Produtividade Florestal Estimada via WebGlobulus

4.2.1 Site Index das Parcelas de Amostragem através do WebGlobulus

De acordo com Oliveira (2020), a produtividade dos povoamentos florestais é afetada pelas características do local ou do sítio. Portanto, o Site Index é o potencial da produtividade do local, ou seja, é a capacidade de uma estação florestal para o crescimento dos povoamentos florestais.

A produtividade dos povoamentos está relacionada diretamente com as características de qualidade do sítio. As características de sítio incluem o clima, a topografia e as características do solo (Caterina, 2017).

4.2.2 Cálculo do Site Index das Parcelas de Amostragem

Na interface do WebGlobulus não há possibilidade de calcular o valor do Site Index de cada parcela de amostragem ou até mesmo outras parcelas em qualquer zona do território continental, ou seja, a interface do programa não possibilita calcular o Site Index primeiro, para depois simular as produtividades ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

Antes de simular a produtividade dos povoamentos de eucalipto através do WebGlobulus, primeiramente é necessário introduzir um valor do Site Index de determinado local para o qual se deseja saber a sua produtividade ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$).

Quando é selecionado o local, o programa abre uma “janela” com um campo para que em seguida introduzir o valor do Site Index. Através do SIG (Sistema de Informação Geográfica) implementado dentro do WebGlobulus, juntamente com as informações edafoclimáticas, o programa sugere valores do Site Index, ou seja, valor mínimo, valor médio e valor máximo do local desejado.

De acordo com Tomé et al. (2006), é recomendado a utilização do valor médio do Site Index, que também é indicado pelo programa.

Posteriormente foram introduzidos os valores do Site Index Médio e, conseqüentemente, foi calculado as produtividades de cada parcela de amostragem, conforme a recomendação do programa. Usando este procedimento, observou-se que os valores do Acréscimo Médio Anual ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) apresentavam discrepâncias consideráveis em relação ao Acréscimo Médio Anual ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) do Inventário Florestal. Por isso, foi preciso obter uma melhor aproximação ao Site Index de cada parcela de amostragem do presente estudo.

Como foi mencionado anteriormente, o WebGlogulus ainda não tem uma opção de calcular os valores do Site Index, para em seguida calcular o AMA (Acréscimo Médio Anual).

A opção foi basear-se nos valores do Acréscimo Médio Anual ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) do Inventário Florestal e testar valores no “campo” do Site Index até que o valor do AMA através do WebGlogulus chegasse o mais próximo dos valores do AMA do Inventário Florestal. Portanto, foi a forma usada para calcular o Site Index e, conseqüentemente, foram calculados os valores de produtividades mais próximas dos valores do Inventário Florestal.

Esses valores do Site Index e do AMA, foram nomeados com Site Index Calculado e AMA Calculado, respectivamente. Na Figura 52 podemos observar os valores e as diferenças entre os tipos de Site Index das parcelas de amostragem.

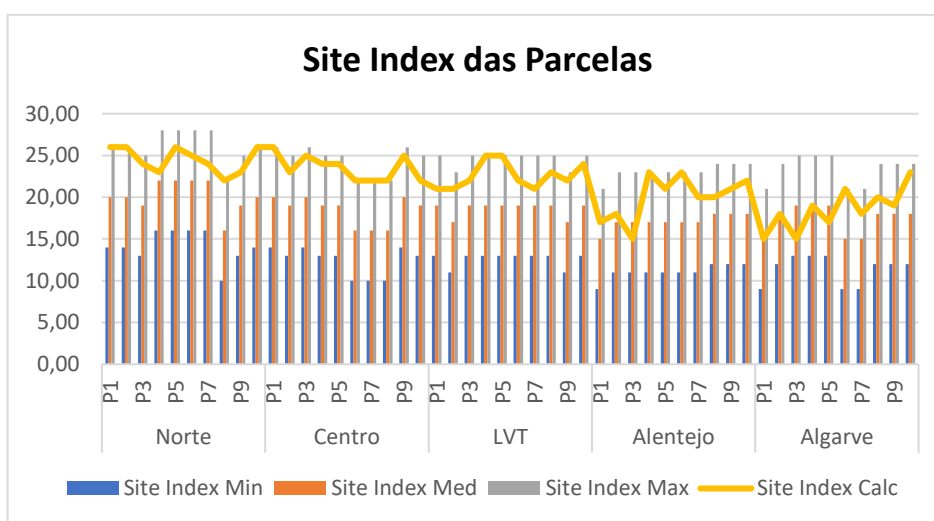


Figura 52: Site Index das Parcelas de Amostragem

Foi realizado o teste não paramétrico (Kruskal – Wallis) das respectivas informações dos Site Index.

Na Tabela 23, podemos observar que todas as variáveis de Site Index, apresentam diferenças significativas entre as zonas do território continental.

Tabela 23: Teste não Paramétrico para Site Index das parcelas de amostragem

Teste Kruskal - Wallis		
Comparação	p-value	Interpretação
Zona x Site Index Mínimo	0,0005	***
Zona x Site Index Médio	0,0006	***
Zona x Site Index Máximo	0,00058	***
Zona x Side Index Calculado	0,000007	***

O intuito do teste anterior, foi verificar que o programa WebGlobulus consegue diferenciar os efeitos edafoclimáticos entre as zonas do território continental. Independente de qual seja o tipo do Site Index, ou seja, Site Index Mínimo, Site Index Médio e Site Index Máximo ou até mesmo o Site Index Calculado.

Posteriormente, foi realizado o teste de Scott Knott para todos os tipos de Site Index, com o objetivo de verificar se há grupos entre as zonas de Portugal Continental.

Na Tabela 24 podemos observar que há existência de 3 grupos entre as zonas, de acordo com o Site Index Mínimo.

Por um lado, as zonas do Alentejo e do Algarve estão no mesmo grupo (a1), por outro lado, as zonas LVT e Centro estão em outro grupo (a2). Por fim, a zona Norte (a3) encontra-se em um grupo distinto dos demais grupos.

Essa mesma situação que ocorreu anteriormente, podemos encontrar no Site Index Médio e Máxima (Tabelas 25 e 26).

Tabela 24: Teste Scott Knott para Site Index Mínimo

```

-----
                Variável analisada: Site Index Mínimo
-----
                Teste Scott-Knott
-----
Tratamentos           Médias           Resultados do teste
-----
Alentejo              11.100000           a1
Algarve               11.400000           a1
Centro                12.400000           a2
LVT                   12.600000           a2
Norte                 14.200000           a3
-----

```

Tabela 25: Teste Scott Knott para Site Index Médio

Variável analisada: Site Index Médio		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Alentejo	17.100000	a1
Algarve	17.400000	a1
Centro	18.400000	a2
LVT	18.600000	a2
Norte	20.200000	a3

Tabela 26: Teste Scott Knott para Site Index Máximo

Variável analisada: Site Index Máximo		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Alentejo	23.100000	a1
Algarve	23.400000	a1
Centro	24.400000	a2
LVT	24.600000	a2
Norte	26.200000	a3

Na Tabela 27 podemos verificar que há existência de 2 grupos distintos, em relação ao Site Index Calculado.

Neste sentido, as zonas do Alentejo e do Algarve estão no mesmo grupo (a1), mas, as zonas Norte, Centro e LVT estão em outro grupo (a2).

Tabela 27: Teste Scott Knott para Site Index Calculado

Variável analisada: Site Index Calculado		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Algarve	18.500000	a1
Alentejo	20.000000	a1
LVT	22.600000	a2
Centro	23.500000	a2
Norte	24.500000	a2

4.2.3 Produtividade através do WebGlobulus

A Figura 53 mostra os valores do AMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) estimados, conforme os valores dos diferentes Site Index mencionados anteriormente. Portanto, foram estimados os valores do AMA Mínimo, AMA Médio, AMA Máximo e AMA Calculado.

Podemos observar os valores ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) de cada parcela de amostragem e em sua respectiva zona do território continental. No entanto, podemos verificar o comportamento de cada AMA e até mesmo compará-los (Figura 54).

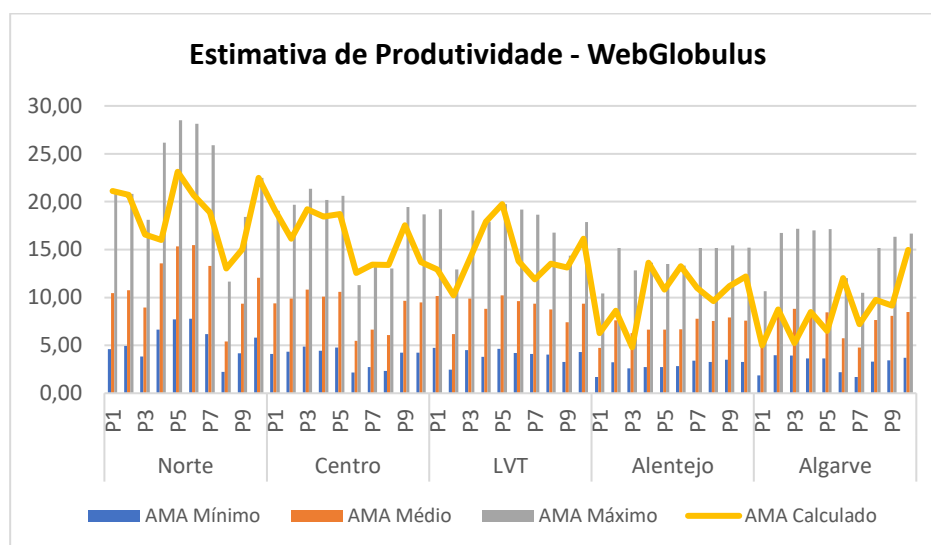


Figura 53: Estimativa de Produtividade ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) (AMA Mínimo, Médio, Máximo e Calculado)

Na Tabela 28 encontra-se o resultado do teste Kruskal – Wallis, para os valores dos diferentes tipos de AMA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) existentes no presente estudo.

Conforme o resultado do teste, podemos verificar que há diferença significativa dos valores de AMA entre zonas.

Tabela 28: Teste não paramétrico para Produtividade Florestal Estimada

Teste Kruskal - Wallis		
Comparação	p-value	Interpretação
Zona x AMA Mínimo	0,00047	***
Zona x AMA Médio	0,00043	***
Zona x AMA Máximo	0,00037	***
Zona x AMA Calculado	0,000002	***

4.3 Produtividade Florestal Observada x Estimada

Para comparar os 2 métodos (Inventário Florestal e WebGlobulus) de avaliação de produtividade ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) dos povoamentos nas parcelas de amostragem, foi utilizado o teste de Estimação de Parâmetros.

De acordo com Ferreira (2000), a estimação de parâmetros é uma das principais metodologias usadas para comparar os parâmetros amostrais dos experimentos científicos e que contêm os principais mecanismos de obtenção dos intervalos de confiança por meio do Sisvar.

Foram realizadas duas comparações de estimação de parâmetros, ou seja, a primeira comparação foi executada entre os valores médios do AMA do inventário florestal e os valores médios do AMA Médio (WebGlobulus) e a segunda comparação foi feita entre os valores médios do AMA do inventário florestal e os valores médios do AMA Calculado (WebGlobulus) (Tabelas 29 e 30, respectivamente).

Na Tabela 29 podemos observar que o teste detetou diferenças significativas entre os valores médios obtidos pelo inventário florestal, quando adota os valores médios de AMA do programa Webglobulus.

Tabela 29: Teste de Estimação de Parâmetros entre o Inventário Florestal x WebGlobulus (AMA Médio)

```
-----
População 1 :INVENTÁRIO FLORESTAL
População 2 :WEBGLOBULUS (MÉDIO)
Variável classificatória: METODO
Variável: AMA
-----
Estatísticas amostrais
-----
Pop.          Média          Variância          Tamanho da amostra
-----
1             13.745800         25.058466          50
2             8.720800          5.986954           50
-----
Teste da hipótese de igualdade das variâncias populacionais (1 e 2)
-----
Fc= 4.186 V1= 49 V2= 49
P(F* > 4.186)= 0.0000
Ao nível de 5% de significância as variâncias não podem ser consideradas iguais
-----
```

Na Tabela 30 podemos constatar que o teste não detetou diferenças significativas entre os valores médio obtidos pelo inventário florestal, quando é utilizado os valores de AMA denominado AMA Calculado.

Tabela 30: Teste de Estimação de Parâmetros entre Inventário Florestal x WebGlobulus (AMA Calculado)

```

-----
População 1 :INVENTÁRIO FLORESTAL
População 2 :WEBGLOBULUS (AMA Calculado)
Variável classificatória: METODO
Variável: AMA
-----
Estatísticas amostrais
-----
Pop.          Média          Variância          Tamanho da amostra
-----
1             13.745800         25.058466          50
2             13.634000         22.498257          50
-----
Teste da hipótese de igualdade das variâncias populacionais (1 e 2)
-----
Fc= 1.114 V1= 49 V2= 49
P(F* > 1.114)= 0.3538
Ao nível de 5% de significância as variâncias podem ser consideradas iguais
-----

```

A partir da Figura 54 podemos analisar e verificar a diferença dos valores do AMA (mínimo, médio, máximo e calculado) em relação aos valores do AMA do Inventário Florestal.

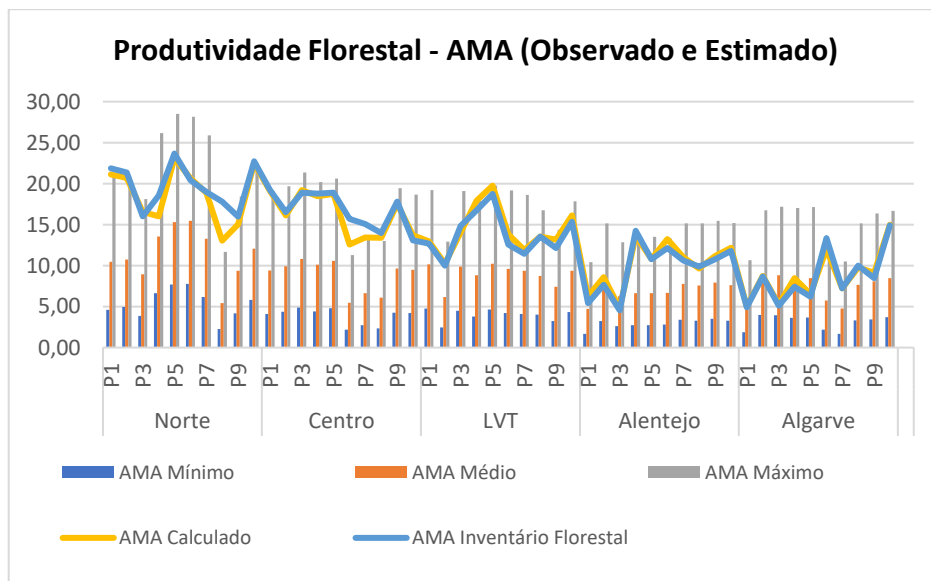


Figura 54: Produtividade Observada x Produtividade Estimada

Na Tabela 31 podemos observar o resultado do teste Scott Knott e, conseqüentemente, podemos constatar que há existência de 4 grupos distintos. Dessa forma, somente o AMA Calculado encontra-se no mesmo grupo (a3) do AMA do Inventário Florestal e os demais AMA estão em grupos diferentes um dos outros.

Portanto, o valor médio (13.6340) do AMA Calculado é estatisticamente semelhante ao valor médio (13.7458) AMA do Inventário Florestal.

Tabela 31: Teste Scott Knott entre o método Observado x Estimado

Variável analisada: AMA		
Teste Scott-Knott		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
AMA MINIMO	3.853800	a1
AMA MEDIO	8.720800	a2
AMA CALCULADO	13.634000	a3
INVENTARIO FLORESTAL	13.745800	a3
AMA MAXIMO	17.255600	a4

Na Tabela 32 podemos verificar a diferença (subestimado e superestimado) em porcentagem entre os valores médios do AMA (Mínimo, Médio, Máximo e Calculado) estimado pelo programa WebGlobulus em relação ao valor médio do AMA do Inventário Florestal.

Tabela 32: Porcentagem de diferença entre o AMA do Inventário Florestal

Tipo de AMA	Subestimado (%)	Superestimado (%)
AMA Mínimo	71,96	25,53
AMA Médio	36,55	
AMA Máximo		
AMA Calculado	0,81	

Os valores do AMA Mínimo e Médio, estão subestimados em relação aos valores médios do AMA do Inventário Florestal, ou seja, uma subestimação de 71,96% e 36,55%, respectivamente.

Lembrando que, o programa WebGlobulus indica e ou recomenda a utilização dos valores médios do Site Index para calcular os valores médios de AMA. No entanto, o AMA Médio está 36,55% subestimados em relação ao AMA do Inventário Florestal.

Por um lado, o valor médio do AMA Máximo está 25,53% superestimado, mas por outro lado, os valores médios do AMA Calculado está apenas 0,81% subestimado em relação aos valores do AMA do Inventário Florestal.

Essa pouca diferença entre os valores médios do AMA Calculado em relação aos valores médios do AMA do Inventário Florestal, está relacionado com os valores do Site Index Calculado, ou seja, é o Site Index que mais representa realidade da qualidade ou os aspectos edafoclimáticos das parcelas de amostragem.

O problema que ocorre com os utilizadores do programa WebGlobulus é que eles precisam definir uma classe de Site Index para depois conseguirem os valores de AMA. Quando o utilizador vai ao programa, não há uma opção para cálculo direto do Site Index dado pela equação às diferenças de projeção da altura dominante que faz parte do modelo e que necessitaria de entrar com a idade, a altura dominante do povoamento e número de dias com precipitação superior a 0.1 mm.

A única opção que o utilizador pode fazer é seleccionar um valor de Site Index entre um mínimo e um máximo, sugeridos pelo programa para o local indicado através do SIG.

Claro que isso pode levar a simulações com valores subestimados ou superestimados. Mesmo assim, há uma ajuda na escolha do Site Index para obter simulações de referência em termos de produtividades mínimas, máximas e médias esperadas, dependendo da região do país em que os povoamentos se insiram. Por outro lado, nem todos os utilizadores têm facilidade de obter a altura dominante do povoamento.

Para que as simulações fiquem mais precisas, a sugestão de melhoria seria inserir na interface do programa as informações dos valores das variáveis explicativas da equação de crescimento em altura dominante, usada para projetar as alturas dominantes e, conseqüentemente, definir os valores do Site Index.

Entretanto, o programa WebGlobulus é uma excelente ferramenta para o setor florestal, mas precisa de ajuste de melhoria na sua interface para o cálculo do Site Index.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES

Produtividade observada dos povoamentos

Os aspectos e os efeitos edafoclimáticos estão diretamente relacionados com a produtividade dos povoamentos de eucalipto em Portugal Continental. Por outro lado, há diferenças edafoclimáticas em cada zona do território continental.

As variáveis edafoclimáticas verificadas no presente estudo, apresentam valores contrastantes (um exemplo é a diferença da média da precipitação total da zona Norte (1815 mm) em relação à média da precipitação total da zona do Algarve (770 mm)).

Essa grande diferença entre as médias de precipitação total (mm) das duas zonas mencionadas anteriormente, têm um impacto significativo na qualidade dos solos dos povoamentos. Pois, a precipitação está diretamente relacionada com o teor de matéria orgânica, que consequentemente possibilita o melhor desenvolvimento e maior produtividade dos povoamentos de eucalipto.

Na zona Norte, nomeadamente no Norte Litoral os efeitos edafoclimáticos favorecem o crescimento/produtividade dos povoamentos de eucalipto. Por se tratar da zona do País que tem em média solos com maiores profundidades (67 cm), com a menor média de pedregosidade (27%) do solo. Já em relação ao clima, com as maiores médias de precipitação total (1815 mm), precipitação dos meses mais quentes (junho, julho e agosto) (106,35 mm) e maior nº de dias (125) com precipitação acima de 1 mm e com médias de temperatura mínima, média e máxima de 3.9 °C, 14 °C e 28 °C, respetivamente.

Com isso se reflete em solos com melhor estrutura e horizonte, menor densidade (nível de compactação do solo) e com maior teor de matéria orgânica, que possibilita o melhor desenvolvimento do sistema radicular, fixação das raízes e nutrientes para desenvolvimento das plantas.

Já na zona do Algarve, os efeitos edafoclimáticos são completamente diferentes em relação aos efeitos edafoclimáticos da zona Norte. A zona do Algarve tem em média solos com menores profundidades (34,50 cm), com a maior média de pedregosidade (61%) do solo. Já em relação ao clima, com as menores médias de precipitação total (770 mm), precipitação dos meses 6, 7 e 8 (17,40 mm) e menor nº de dias (77) com

precipitação acima de 1 mm) e com as maiores médias de temperatura mínima (5,8 °C), média (15,65 °C) e máxima (30 °C).

De acordo com os efeitos edafoclimáticos em Portugal Continental, podemos classificar a zona Norte, com um acréscimo médio anual (AMA) em volume na ordem dos 19,73 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ apresenta-se como a mais produtiva. Logo em seguida é a zona Centro (16,79 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), depois é a zona de Lisboa e Vale do Tejo (LVT) (13,80 m³ ha⁻¹ ano⁻¹), em penúltimo lugar a zona do Alentejo (9,77 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) e por último encontra-se a zona do Algarve (8,61 m³ ha⁻¹ ano⁻¹).

Concluimos que os aspectos e os efeitos edafoclimáticos são extremamente relevantes no desenvolvimento e na produtividade dos povoamentos de eucalipto em Portugal Continental e que os efeitos edafoclimáticos atuam de forma diferente em cada zona do País.

Produtividade estimada dos povoamentos

O programa WebGlobulus, é uma ferramenta importantíssima na área florestal portuguesa, tanto na área académica, como também na área profissional e pode trazer informações relevantes para os usuários.

O programa tem a capacidade de sincronizar as informações de SIG com as informações edafoclimáticas de cada zona do território continental.

Por um lado, algumas informações obtidas pelo simulador WebGlobulus ainda não são 100% compatíveis ou semelhantes com as informações do Inventário Florestal, por outro lado, o problema que os usuários precisam definir uma classe de Site Index para depois conseguirem os valores de AMA.

Os valores subestimados podem chegar até 71,96% e os valores superestimados podem chegar até 25,53% em relação aos valores do Inventário Florestal. As informações de AMA através do WebGlobulus, só chegaram próxima dos valores do Inventário Florestal, quando os valores do Site Index foram calculados.

Concluimos que o programa WebGlobulus pode fornecer informações muito úteis acerca do crescimento e produção dos povoamentos de eucalipto, mas apresentando-se como possível sugestão de melhoria, poderia ter uma interface para calcular valores do Site Index.

REREFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIFF. (2013). Estudo Prospetivo para o Setor Florestal. *Associação Para a Competitividade Da Indústria Da Fileira Florestal*, 300.
- Alves, A., Pereira, J., & Silva, J. (2007). A Introdução e a Expansão do Eucalipto em Portugal. *O Eucalipal Em Portugal - Impactes Ambientais e Investigação Científica*, 14–23.
- Borrvalho, N., Almeida, M. H., & Potts, B. (2007). O melhoramento do eucalipto em Portugal. In *O Eucalipal em Portugal - Impactes Ambientais e Investigação Científica* (pp. 62–110).
- Bouman, M., Van Keulen, H., Van Laar, H., & Rabbinge, R. (1996). The “School of de Wit” crop growth simulation models: a pedigree and historical overview. *Agricultural Systems*, 171–198.
- Branco, M. (2007). Agentes bióticos do eucalipto em Portugal. In *O Eucalipal em Portugal - Impactes Ambientais e Investigação Científica* (pp. 256–282).
- Cabral, P. S. (2019). A entrada na Europa e a expansão inicial do eucalipto em Portugal Continental. *História Da Ciência e Ensino*, 18–27.
- Caterina, G. L. (2017). *CURVAS DE CRESCIMENTO DE Eucalyptus spp EM PLANTIOS DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS*. Unesp.
- Celpe. (2017). Boletim Estatístico - Indústria Papeleira Portuguesa. *Associação Da Indústria Papeleira*, 93.
- De Souza, M., Ribeiro, A., Leite, H., Leite, F., & Minuzzi, R. (2006). Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. *Revista Arvore*, 30(3), 399–410. Consultado em 20 de Abril de 2020. Disponível em <https://doi.org/10.1590/s0100-67622006000300010>
- Farina, A. (2006). *Principles and Methods in Landscape Ecology* (p. 391). Consultado em 12 de Maio de 2020. Disponível em https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5535-5_4
- Ferreira, D. F. (2000). *Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas* (UFLA (ed.)).
- Ferreira, D. F. (2014). Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(2), 109–112.

Consultado em 04 de Março de 2020. Disponível em <https://doi.org/10.1590/s1413-70542014000200001>

- Finger, C. A. . (1992). *Fundamentos de biometria florestal* (UFSM/CEPEF/FATEC (ed.)).
- Flores, C., Alba, J., & Wrege, M. (2009). Zoneamento Agroclimático Do Eucalipto Para O Estado Do Rio Grande Do Sul E Edafoclimático Na Região Corede Sul - Rs. *Embrapa Florestas*, 53.
- Fritsons, E., Aguiar, A., Grabias, J., Freitas, M., Wrege, M., & Mantovani, L. (2012). Zoneamento climático para plantio experimental de Pinus maximinoi no Estado de São Paulo. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 32(69), 79–92. Consultado em 28 de Agosto de 2020. Disponível em <https://doi.org/10.4336/2012.pfb.32.69.79>
- Fritsons, E., Mantovani, L., Bognola, I., Aguiar, A., & Wrege, M. (2011). *Um exemplo de aplicação da carta de Zoneamento Edafoclimático para o Estado do Paraná para plantios florestais : P . tecunumanii*. 1, 6.
- Gonçalves, J., Alvares, C., Behling, M., Alves, J., Pizzi, G., & Angeli, A. (2014). Produtividade de plantações de eucalipto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, 40(103), 411–419.
- Hakamada, R., Bazani, J., Arthur Junior, J., & Rocha, J. (2015). Programa Cooperativo sobre Silvicultura e Manejo “ Adaptação genotípica e silvicultural aos estresses abióticos e bióticos .” *IPEF*, 20, 6.
- Higa, R. C. V., Zanatta, J. A., & Rachwal, M. F. G. (2017). Plantações florestais comerciais e a mitigação na mudança do clima. *Plantações Florestais: Geração de Benefícios Com Baixo Impacto Ambiental*, 67–112.
- Husch, B., Miller, C. ., & Kershaw, J. (2003). *Forest mensuration* (4th ed.).
- ICNF. (2019). 6.º Inventário Florestal Nacional. *Instituto Da Conservação Da Natureza e Das Florestas*, 0–34. Consultado em 23 de Abril de 2020. Disponível em <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/ifn/ifn6>
- ICNF. (2020). *Gestão Florestal*. Instituto Da Conservação Da Natureza e Das Florestas. Consultado em 18 de Maio de 2020. Disponível em <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/gf>
- Iede, E., Penteadó, C., & Filho, W. R. (2014). Manutenção de Florestas e

- Manejo Integrado de Pragas. 3º Encontro Brasileiro de Silvicultura, 195–212.
- Igeo. (2020). *Centro de Informação Geoespacial do Exército*.
- Lemos, C. (2012). *Aprimoramentos , Teste e Uso do Modelo 3-PG em Plantios Clonais de Eucalyptus no Nordeste do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado em Silvicultura e Manejo Florestal. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 172 pp.*
- Mantovani, L., & Fritzsos, E. (2010). Uso e meteorológicas e climáticas no setor agroflorestal e ambiental. *Embrapa Florestas, Documentos, 31*.
- Moço, V. (2019). *Impactes da intensidade de mobilização do solo em plantações de eucalipto*.
- Montgomery, D., & Runger, G. (2003). *Inferência estatística para uma única amostra. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros (LCT (ed.))*.
- Moreira, F., Catry, F. X., Silva, J. S., & Rego, F. (2010). Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9). Consultado em 11 de Junho de 2020. Disponível em <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Naturlink. (2020). Consultado em 29 de Março. Disponível em <http://naturlink.pt/article.aspx?menuid=55&cid=40596&bl=1>.
- Oliveira, A., Pinho, J., Alves, R., Tavares, A., & Gomes, J. (2018). *Coletânea de Legislação Florestal (Portugal Continental)*.
- Oliveira, E. B. de. (2020). *Prognose de produção*. Embrapa Florestas. Consultado em 11 de Julho de 2020. Disponível em <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/arvore/CONT00h018teyx02wx7ha07d3364i7qs4y9.html>
- Pereira, J. S., Correia, A., & Correia, A. (2009). *Ecossistemas e Bem Estar Humano em Portugal*. 183–211.
- Pereira, M., Anjos, L., Pinheiro Junior, C., & Pinto, L. (2019). Formação e Caracterização de Solos. In *Formação, Classificação e Cartografia dos Solos* (pp. 1–20).
- QGIS. (2020). *Sistema de Informação Geografica*. Consultado em 14 de Maio de 2020. Disponível em https://www.qgis.org/pt_BR/site/index.html

- Raiz. (2020). *Instituto de Investigação da Florestal e Papel*. Consultado em 04 de Março de 2020. Disponível em <http://raiz-iifp.pt>
- RAIZ. (2020). *Instituto de Investigação da Florestal e Papel*.
- Ramalho, M., Ferreira, D., & Oliveira, A. (2000). *Experimento em genética e melhoramento de plantas* (UFLA (ed.)).
- Rocha, M., & Ferreira, P. (2017). *Análise e Exploração de Dados com R*.
- Sandim, A. (2017). *Brotação Inicial Pós-Colheita de Híbridos de Eucalyptus grandis W. HILL ex MAIDEN X Eucalyptus urophylla L.C BLAKE no Planalto do Rio Grajaú - Maranhão. Tese de Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 60 pp.*
- Santana, R. C., De Barros, N. F., Leite, H. G., Comerforde, N. B., & De Novais, R. F. (2008). Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. *Revista Arvore*, 32(4), 697–706. Consultado em 16 de Março de 2020. Disponível em <https://doi.org/10.1590/s0100-67622008000400011>
- Schroeder, D. (1984). *Solos - Fatores e Conceitos*.
- Silva, J., Feith, H., & Pereira, J. (2007). Exploração e silvicultura pós-fogo em eucaliptais. In *O Eucalipal em Portugal - Impactes Ambientais e Investigação Científica* (pp. 286–312).
- Silva, M., & Soares, C. (2006). Estabelecimento de rotação econômica para uma floresta regulada. *Revista Árvore*, 30(1), 65–73.
- Skovsgaard, J. P., & Vanclay, J. K. (2008). Forest site productivity: A review of the evolution of dendrometric concepts for even-aged stands. *Forestry*, 81(1), 13–31. Consultado em 28 de Junho de 2020. Disponível em <https://doi.org/10.1093/forestry/cpm041>
- Soares, P., Tomé, M., & Santos, J. (2007). A Produtividade do Eucalipal. *O Eucalipal Em Portugal - Impactes Ambientais e Investigação Científica*, 404.
- Souza, D., Paiva, L., Santos, J., Sanquetta, C., & Corte, A. (2018). *Introdução ao R: Aplicações florestais*.
- Tomé, M., Oliveira, T., & Soares, P. (2006). O modelo GLOBULUS 3.0 - dados e equações. *Publicações GIMREF - RC2/2006*, 23.
- Turner, M., Gardner, R., & O'Neill, R. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice* (p. 332). Consultado em 08 de Maio de 2020. Disponível

em https://doi.org/10.1007/0-387-21694-4_4

Weatherspark. (2020). *Clima*. Consultado em 22 de Maio de 2020.
Disponível em <https://pt.weatherspark.com>

Wrege, M. S., Garrastazu, M., Santos, A., Andrade, G., Oliveira, E., & Queiroz, D. (2014). *Espécies de eucalipto potenciais para reflorestamento no Estado do Paraná* (E. Florestas (ed.); 1ª).